



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI
Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN
Ispettorato federale della sicurezza nucleare IFSN
Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate ENSI



Stellungnahme zum Entsorgungsprogramm 2016 der Entsorgungspflichtigen



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI

ENSI 33/592

Stellungnahme zum Entsorgungsprogramm 2016 der Entsorgungspflichtigen

Brugg, 24. April 2018

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat
Industriestrasse 19, 5200 Brugg
Tel. +4156 460 8400, Fax +4156 460 8499
www.ensi.ch



Inhaltsverzeichnis

1	Vorgaben und Zweck des Entsorgungsprogramms	3
2	Herkunft, Art und Menge der radioaktiven Abfälle	7
3	Die geologischen Tiefenlager	10
4	Zuteilung der Abfälle zu den geologischen Tiefenlagern	24
5	Realisierungsplan der geologischen Tiefenlager	25
6	Zwischenlagerung	37
7	RD&D-Plan	40
8	Zusammenfassende Bewertung und Empfehlungen	43
9	Referenzen	50
10	Glossar und Abkürzungsverzeichnis	55

1 Vorgaben und Zweck des Entsorgungsprogramms

Einleitung

Die Kernenergiegesetzgebung (Kernenergiegesetz vom 21. März 2003, KEG; SR 732.1 und Kernenergieverordnung vom 10. Dezember 2014, KEV; SR 732.11) verlangt von den Entsorgungspflichtigen die Einreichung eines Entsorgungsprogramms. Gemäss Auflage 6.1 aus der Verfügung des Bundesrats zum Entsorgungsprogramm 2008 vom 22. August 2013 (Schweizerischer Bundesrat 2013) hat die Nagra zusammen mit dem Entsorgungsprogramm (EP) einen Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrations-Plan (RD&D-Plan) einzureichen. Nach Artikel 52 KEV sind das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) und das Bundesamt für Energie (BFE) für die Überprüfung des Entsorgungsprogramms zuständig.

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

Gesetzliche Grundlagen

Die Artikel 32 KEG und Artikel 52 KEV enthalten die Vorgaben für die Erstellung des Entsorgungsprogramms:

- 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 dezentralen Zwischenlagerung;
 - f. den Finanzplan für die Entsorgungsarbeiten bis zur Ausserbetriebnahme der Kernanlagen, mit Angaben über:
 1. die zu tätigen Arbeiten,
 2. die Höhe der Kosten,
 3. 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 BFE.
- Art. 31 Abs. 1 KEG: Wer eine Kernanlage betreibt oder stilllegt, ist verpflichtet, die aus der Anlage stammenden radioaktiven Abfälle auf eigene Kosten sicher zu entsorgen. Zur Entsorgungspflicht gehören auch die notwendigen Vorbereitungsarbeiten wie Forschung und erdwissenschaftliche Untersuchungen sowie die rechtzeitige Bereitstellung eines geologischen Tiefenlagers.

Die Bestimmungen f) und g) von Art. 52 Abs. 1 KEV werden durch das BFE geprüft. Der im Entsorgungsprogramm dokumentierte Realisierungsplan soll auch als Basis für die periodische Aktualisierung der Kostenstudie zur Entsorgung und für die Festlegung der entsprechenden Rückstellungen gemäss Art. 4 der Verordnung vom 7. Dezember 2007 über den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds für Kernanlagen (Stilllegungs- und Entsorgungsfondsverordnung, SEFV; SR 732.17) dienen.

Wesentliche Unterschiede zwischen dem Entsorgungsprogramm 2008 (EP08) und dem Entsorgungsprogramm 2016 (EP16)

Das ENSI begrüsst, dass die Nagra in den einzelnen Kapiteln des Entsorgungsprogramms 2016 (NTB 16-01) einleitend die wesentlichen Unterschiede zwischen dem Entsorgungsprogramm 2008 und 2016 darlegt. Hinsichtlich der Herkunft, Art und Menge der radioaktiven Abfälle (NTB 16-01, Kapitel 2) ergaben sich Abweichungen bei den anfallenden Abfallmengen. Diese resultieren u. a. aus der Berücksichtigung der Einstellung des Leistungsbetriebs des Kernkraftwerk Mühlebergs (KKM) im Jahr 2019, der absehbaren Revision der Strahlenschutzverordnung (StSV; SR 814.501) sowie einer längeren Sammelperiode der Abfälle der radioaktiven Materialien in Medizin, Industrie und Forschung (MIF) bis zum Jahr 2065.

Der Schwerpunkt von Kapitel 3 liegt auf der Darlegung verschiedener Aspekte von Entsorgungs- und Lagerkonzepten. Im EP16 wurde die Übersicht hinsichtlich der Entsorgungskonzepte für hochaktive Abfälle (HAA) wie auch schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA) in verschiedenen Ländern aktualisiert. Hinsichtlich der Aussagen zur Geologie wird im EP16 auf den gegenüber dem EP08 erhöhten Kenntnisstand eingegangen; dieser spiegelt sich in der Darlegung des Fortschritts im SGT seit 2008 und der im Hinblick auf Etappe 3 SGT geplanten Felduntersuchungen wider. Hinsichtlich Raumnutzung und Umweltverträglichkeit wird als wesentliche Änderung auf die Planungsstudien hingewiesen; diese dokumentieren im Rahmen einer intensiven Zusammenarbeit mit den Standortregionen gemäss SGT Standortareale für die Oberflächenanlage. Die im EP08 dargelegten Auslegungskonzepte für das HAA-, SMA-Lager und Kombilager sind weiterhin gültig. Neu kommt die Darlegung von Varianten ausgeprägter zum Tragen.

Kapitel 4 behandelt die Zuteilung der Abfälle zu den geologischen Tiefenlagern. Wie im EP08 werden hinsichtlich der Angaben zu den Abfallmengen die auf die geologische Tiefenlagerung bezogenen Kategorien SMA, LMA (langlebige mittelaktive Abfälle) und HAA verwendet. Die Einlagerung von LMA sowohl in das HAA- als auch in das SMA-Lager wird im EP16 als Varianten ausgewiesen.

In Kapitel 5 wird der Realisierungsplan für die geologischen Tiefenlager dargelegt. Der grundsätzliche Ablauf bei der Realisierung der geologischen Tiefenlager und der hierzu notwendigen Arbeiten hat sich gegenüber dem EP08 wenig geändert. Stark geändert hat sich hingegen die terminliche Situation. Das EP08 basierte auf den Angaben der Kostenstudie 2006 (KS06), wo von einer Inbetriebnahme des SMA-Lagers 2035 resp. des HAA-Lagers 2050 ausgegangen wurde. Der aktuelle Realisierungsplan sieht die Inbetriebnahme des SMA-Lagers 2050 resp. des HAA-Lagers 2060 vor. Die Gründe dafür sind, dass einerseits der Konzeptteil SGT und damit die Vorgaben für das Standortauswahlverfahren in der KS06 noch nicht vorlagen. Zudem hat sich das Verfahren als wesentlich zeitaufwändiger erwiesen, als im SGT-Konzeptteil (BFE 2011) ursprünglich vorgesehen. Insgesamt wird heute mit einer rund 10 Jahre längeren Dauer für die Standortwahl gerechnet. Andererseits hat das ENSI in seiner Beurteilung des EP08 den vorgesehenen Zeithorizont für die erdwissenschaftlichen Untersuchungen untertag (EUU) als eine zu optimistische Annahme beurteilt, um für die Einreichung des Baubewilligungsgesuchs¹ notwendigen geologischen, sicherheitstechnischen und bautechnischen Datengrundlagen zu erheben. Für das EP16 liegen nunmehr vertiefte Planungsgrundlagen hinsichtlich des Programms SMA für EUU vor. Daraus resultiert für den SMA-Realisierungsplan auch nach Abschluss der Phase Standortwahl/Rahmenbewilligung eine zusätzliche Verzögerung von fünf Jahren gegenüber den Angaben im EP08.

¹ Im Folgenden ist, wenn Begriffe wie «Bau- oder Rahmenbewilligung», «Standort» oder «geologisches Tiefenlager» zur besseren Lesbarkeit im Singular verwendet werden (zutreffend, falls ein Kombi-Lager vorgesehen wird), die Mehrzahl (falls je ein HAA- und ein SMA-Lager vorgesehen werden) mit eingeschlossen.

In Kapitel 6 wird die Zwischenlagerung der radioaktiven Abfälle beschrieben. Aufgrund der Anpassung des Realisierungsplans und den dem EP16 zugrunde liegenden Szenarien wurden die Angaben zur Dauer und Kapazität der Zwischenlagerung geprüft und wo notwendig angepasst. Dazu wird im EP16 die Zwischenlagerlogistik (Einbringung von Gebinden in Lagercontainer, Randbedingungen für die Stapelhöhen, maximale Bodenbelastungen) berücksichtigt.

Angaben der Nagra

Zur Erfüllung der gesetzlichen Vorgabe in Art. 32 KEG und Art. 52 KEV hat die Nagra am 13. Dezember 2016 die Berichte NTB 16-01 (Entsorgungsprogramm) und NTB 16-02 (RD&D-Plan) veröffentlicht. 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,
- was in welchem Zeitraum im Rahmen welcher gesetzlichen bzw. behördlichen Verfahren entschieden bzw. realisiert werden soll (der sogenannte Realisierungsplan), wie bei der Realisierung der noch ausstehenden Teile der Entsorgung (insbesondere der geologischen Tiefenlager) vorgegangen werden soll (zugehöriges Arbeitsprogramm) 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 und
- welche übergeordneten Aktivitäten für die Realisierung der geologischen Tiefenlager und zur Erstellung der dazu benötigten Unterlagen notwendig sind und welche Ressourcen (Zeit, Kosten) dazu benötigt werden.

Zur Darstellung des technisch-wissenschaftlichen Kenntnisstands bei der Entsorgung verweist die Nagra im Entsorgungsprogramm auf die umfangreiche Dokumentation ihrer Arbeiten im Rahmen des Entsorgungsnachweises und des laufenden Sachplanverfahrens. 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 gemäss BFE (2011);
- die Festlegung der Auslegung der geologischen Tiefenlager für SMA bzw. HAA in ihren Grundzügen (Standort, Anlagenkonzept, zugeteilte Kategorien des Lagerguts, maximale Lagerkapazität) durch die Rahmenbewilligung gemäss KEG;
- die detaillierte Festlegung der Auslegung der geologischen Tiefenlager für SMA bzw. HAA durch die verschiedenen nuklearen Bewilligungen gemäss KEG;
- die Definition der in den verschiedenen Phasen notwendigen Feldarbeiten durch die Gesuche bzw. die 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.

Zwischen dem Entsorgungsprogramm 2016 und dem Entsorgungsprogramm 2008 besteht eine grosse strukturelle und inhaltliche Übereinstimmung. Gründe dafür sind:

- die geforderten Angaben für das Entsorgungsprogramm sind in KEV Art. 52 Abs. 1 vorgegeben;
- das Entsorgungsprogramm wird als langfristiges Arbeitsprogramm verstanden, welches eine gesamtheitliche übergeordnete Darstellung der für die Entsorgung aller radioaktiven Abfälle der Schweiz notwendigen Arbeiten wiedergibt;
- die konzeptuellen Vorgaben und grundsätzlichen Annahmen für die Auslegung der Anlagen und deren schrittweise Realisierung sind seit dem letzten Entsorgungsprogramm weitgehend unverändert.

Umfang der Beurteilung des ENSI

Das ENSI hat geprüft, ob im Entsorgungsprogramm der Entsorgungspflichtigen die in den rechtlichen Vorgaben aufgeführten Inhalte dargelegt und stufengerecht umgesetzt worden sind.

Zusätzlich beurteilt das ENSI das EP 2016, wie bereits im Jahr 2008, unter Berücksichtigung des nun zeitgleich eingereichten, aktualisierten RD&D-Plans, hinsichtlich folgender Fragen:

- Sind das Vorgehen und der Zeitplan für die Realisierung der Tiefenlager plausibel?
- Geben das Entsorgungsprogramm und der RD&D-Plan Aufschluss über die zurzeit wichtigen offenen Fragen für die Realisierung von geologischen Tiefenlagern?
- Geben das Entsorgungsprogramm und der RD&D-Plan 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 konform mit den rechtlichen Vorgaben und vollständig, ist das Lagerkonzept technisch machbar und wird der Stand von Wissenschaft und Technik berücksichtigt?
- Wurden Empfehlungen und Auflagen berücksichtigt und stufengerecht umgesetzt?

Die Struktur des EP 2016 folgt den Vorgaben der KEV. Die vorliegende Stellungnahme folgt dieser Gliederung und beinhaltet ein zusätzliches Kapitel, welches die Resultate aus der Beurteilung des RD&D-Plans zusammenfassend wiedergibt.

Das ENSI hat einzelne Aspekte, die im Entsorgungsprogramm behandelt werden, bereits im Rahmen seines Gutachtens zur Etappe 2 SGT des Sachplanverfahrens (ENSI 33/540) beurteilt. Die folgenden Ausführungen stützen sich auf die entsprechenden Beurteilungen ab bzw. verweisen auf diese.

Zu einzelnen Teilaspekten, insbesondere bei der Überprüfung des RD&D-Plans der Nagra, hat das ENSI Einschätzungen von Experten der EGT berücksichtigt.

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. Herkunft, Art und Menge der in der Schweiz zu entsorgenden radioaktiven Abfälle sind bekannt. Im EP16 wird von vier Szenarien ausgegangen. Von diesen führt das Szenario 2b zum grössten in die geologischen Tiefenlager einzubringenden radiologischen Inventar und umfasst die grössten Abfallmengen. Es geht von einer Betriebszeit der Kernkraftwerke von 47 Jahren für das Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) und 60 Jahren für die Kernkraftwerke Beznau (KKB), Gösgen (KKG) und Leibstadt (KKL) aus und berücksichtigt die absehbare Revision der Strahlenschutzverordnung und die Abklinglagerung von sehr schwachaktiven Materialien. Im EP16 wird hinsichtlich der radioaktiven Abfälle und Materialien aus dem MIF-Bereich von einer Sammelperiode bis 2065 ausgegangen.

Der zeitliche Anfall der radioaktiven Abfälle ist in Abbildung 1 als Summenkurve dargestellt, gegliedert nach Herkunft der Abfälle. Die Angaben beziehen sich auf die Volumen der konditionierten, in Endlagerbehältern verpackten Abfälle für das Szenario 2b.

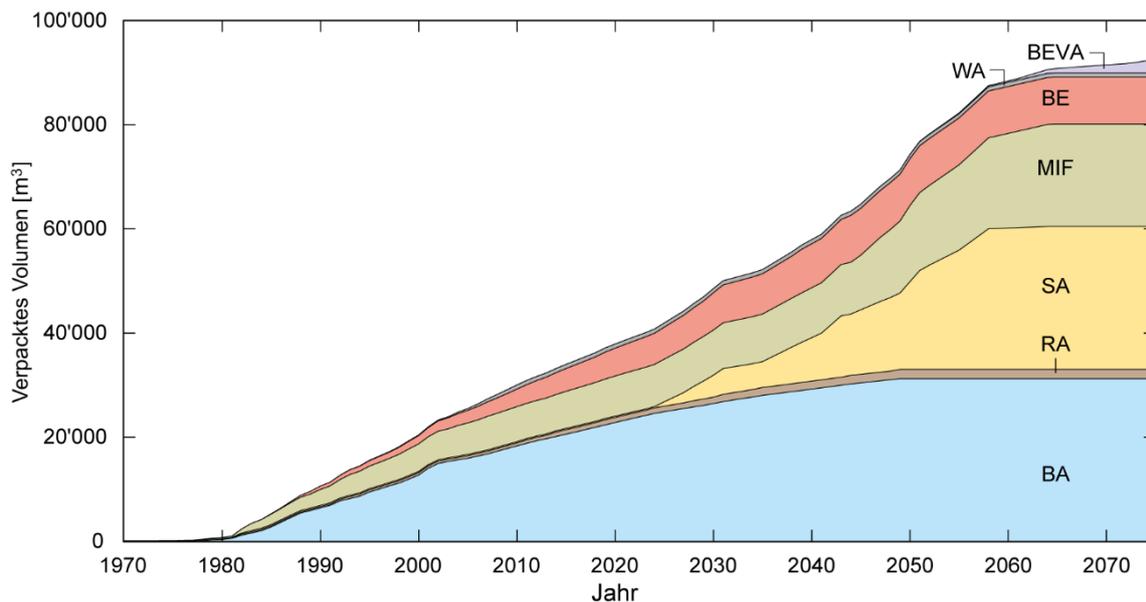


Abbildung 1: Zeitlicher Anfall der radioaktiven Abfälle in der Schweiz (in Kubikmeter) für die bestehenden Kernkraftwerke und aus dem MIF-Bereich für eine Sammelperiode bis 2065 für das Szenario 2b (NTB 16-01, Fig. 2-1). Die Abfälle sind gegliedert nach ihrer Herkunft (BA: Betriebsabfälle der KKW und der Anlagen der Zwiilag, RA: Reaktorabfälle der KKW; SA: Stilllegungsabfälle der KKW und ZZL inkl. Lucens-Abfälle, MIF: Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung inklusive CERN-Abfälle, BE: abgebrannte Brennelemente; WA: Abfälle aus der Wiederaufarbeitung, BEVA: Abfälle aus dem Betrieb und der Stilllegung der Verpackungsanlagen).

Das Informationssystem für Radioaktive Materialien (ISRAM) wird für die Dokumentation der Informationen zu den vorhandenen Abfällen verwendet. Eine Gesamtübersicht sowohl über die vorhandenen als auch über die zukünftig zu erwartenden Abfälle ist im periodisch aktualisierten «Modellhaften Inventar der radioaktiven Abfälle und Materialien» (MIRAM 14, NTB 14-04) enthalten. Damit steht eine zuverlässige Basis für die Planung und Realisierung der geologischen Tiefenlager und für die Bewirtschaftung der vorhandenen Zwischenlager zur Verfügung.

Die entstehenden Abfälle werden laufend konditioniert, charakterisiert und inventarisiert. Vor Beginn der Konditionierung eines Abfallstroms wird das vorgeschlagene Konditionierverfahren durch die Nagra bezüglich der Endlagerfähigkeit der fertigen Abfallgebände beurteilt. Dies ist Voraussetzung für die behördliche Genehmigung der routinemässigen Konditionierung.

Auch im Rahmen der für die verschiedenen Entscheidungspunkte zu erstellenden Sicherheitsberichte werden die konditionierten Abfälle evaluiert, und es ist grundsätzlich möglich, dass gewisse Konditionierverfahren bei wichtigen neuen Erkenntnissen modifiziert werden. Im Zusammenhang mit der Abfallminimierung liegt ein Fokus der Arbeiten seit vielen Jahren auf der Beurteilung der Gasbildung; dabei wurde die relative Bedeutung der Option «Einschmelzen von Metallen» sowie «Reduktion des Gehalts an organischen Materialien durch z. B. die Plasmaanlage am Zwiilag» bewertet.

Hinsichtlich der Empfehlungen des ENSI aus dem Projekt «Abfallbewirtschaftung im Vergleich» (ENSI 33/188) wurden verschiedene Optionen zur Behandlung organischer Abfälle betrachtet, begleitet von inzwischen abgeschlossenen und noch laufenden experimentellen Programmen. Die dominierenden Ströme organischer Abfälle sind Ionenaustauscherharze aus den Druck- und Siedewasserreaktoren. Weitere Organika bestehen aus den für Harze bzw. für Konzentrate verwendeten Matrixmaterialien Polystyrol und Bitumen.

Zunächst wurde für die Behandlung organischer Abfälle der Einsatz der Plasma-Anlage der Zwiilag evaluiert. Für die oben genannten Borkonzentrate wurden eigens Versuche durchgeführt mit dem Resultat, dass diese in der Plasma-Anlage nicht behandelt werden können.

Für die Behandlung bereits konditionierter Abfälle in einer Pyrolyse- oder sonstigen «Mineralisierungsanlage» müsste von den betroffenen konditionierten Abfallgebänden die metallische Gebindehülle entfernt werden. Da die Gebindehüllen kontaminiert sind, müssten sie entweder dekontaminiert oder als metallischer radioaktiver Abfall entsorgt werden. In Anbetracht des Aktivitätsinhalts würden diese Tätigkeiten zu einer nicht gerechtfertigten Dosisbelastung des Personals führen. Zur Behandlung unkonditionierter Abfälle ist zu beachten, dass der dominierende Abfallstrom organischer Ionenaustauscherharze eine hohe Aktivitätsbelastung aufweist. Der hohe Reduktionsfaktor bei der Pyrolyse verbunden mit der vervielfachten Aktivitätskonzentration würde bei einer Konditionierung in 200-l-Gebänden zu inakzeptabel hohen Aktivitätseinträgen resp. Dosisleistungen führen. Dadurch wäre deren strahlenschutzbezogene sichere Handhabung sowie Transportfähigkeit in Frage gestellt. Als Alternative käme die Verpackung von pyrolysierten Abfallprodukten in dickwandige Gussbehälter. Rechnungen haben gezeigt, dass dieser zusätzliche Metalleintrag den «Gewinn» aufgrund der reduzierten Organika weitgehend wieder aufheben könnte.

Die Nagra sieht in der Pyrolyse zwar eine grundsätzlich machbare Option, die aber aufgrund der geringen Relevanz von organischen Stoffen in einem geologischen Tiefenlager und einer Gesamtbetrachtung auf Basis des aktuellen Kenntnisstands nicht angemessen ist.

Die Minimierung von metallischen Abfällen wird bereits im Betrieb von Kernanlagen durch Dekontamination gewährleistet. Auch in den Stilllegungsplanungen der Werke liegt ein Schwerpunkt auf Dekontaminationsarbeiten mit dem Ziel der Freimessung oder zumindest der Abklinglagerung.

Eine weitere Option für die Reduktion metallischer Abfälle oder zumindest der für die potenzielle Gasproduktion im geologischen Tiefenlager relevanten Parameter ist das Einschmelzen primär kontaminierter Metallkomponenten. Für kontaminierte Metalle besteht durch den Schmelzprozess Dekontaminationspotenzial, in jedem Fall wird das für eine korrosive Gasbildung relevante Oberflächen/Massen-Verhältnis des Abfallprodukts minimiert. Im Rahmen von Untersuchungen wurde gezeigt, dass das Einschmelzen von Metallen eine deutliche Verringerung der Gasbildungsrate zur Folge hat, weil die Gasbildung im Tiefenlager massgeblich von den Mengen und den geometrischen Eigenschaften der eingelagerten Metalle (insbesondere Stahl) bestimmt wird. Das Verfahren kann bei Bedarf zu jedem Zeitpunkt bis zur nuklearen Betriebsbewilligung der geologischen Tiefenlager zur Anwendung kommen.

Beurteilung des ENSI

Das ENSI beurteilt die Annahme im Szenario 2b als richtig und nachvollziehbar. Die unterstellten KKW-Laufzeiten von 47 Jahren für das KKM bzw. 60 Jahren für die übrigen schweizerischen KKW und die Sammelperiode für MIF-Abfälle bis 2065 entsprechen gemäss aktueller Beurteilung einer plausiblen Annahme bzw. einer in Bezug auf das erwartete Abfallmengengerüst realistischen Abschätzung.

Die Angaben der Nagra zum Abfallinventar wurden letztmals vom ENSI im Rahmen des sicherheitstechnischen Gutachtens zum Vorschlag der in Etappe 3 SGT weiter zu untersuchenden geologischen Standortgebiete (ENSI 33/540) geprüft. Aufgrund von neuen Abschätzungen hinsichtlich der anfallenden Abfallmengen und von neuen Annahmen hinsichtlich der Verpackung in Endlagerbehältern resultieren im EP16 leichte Unterschiede in Bezug auf das Abfallinventar. Das ENSI hat das Inventar im EP16 geprüft und kann die von der Nagra erwähnten wesentlichen Gründe für prozentual relevante Abweichungen bei den Abfallmengen nachvollziehen. Damit berücksichtigt die Nagra im vorliegenden EP16 die Auflage 6.3 aus der Verfügung des Bundesrats zum Entsorgungsprogramm 2008 (Schweizerischer Bundesrat 2013) bezüglich der Abfallmengen.

Die Art und Menge der Stilllegungsabfälle des PSI und derjenigen CERN-Abfälle, deren Entsorgung in der Schweiz vorgesehen ist, wurden im EP16 aufdatiert und konkretisiert. Damit wurde eine Empfehlung des ENSI aus der Stellungnahme zum EP08 umgesetzt. Auch zukünftig sind vor jeder Revision des Entsorgungsprogramms die Anlagenplanungen der nennenswerten MIF-Abfallproduzenten dahingehend abzufragen, ob sich Änderungen in den Abfallprognosen ergeben haben.

Die Empfehlungen des auf Anregung der KNS initiierten Projekts «Abfallbewirtschaftung im Vergleich» beziehen sich schwerpunktmässig auf das Thema Gasbildung in einem geologischen Tiefenlager nach dessen Verschluss. Das ENSI hat die Arbeiten der Entsorgungspflichtigen im Hinblick auf eine vertiefte Auswertung und sicherheitstechnische Beurteilung von heute verfügbaren technischen Verfahren zur Vermeidung bzw. Reduktion von organischen Stoffen und der Gasbildung aus der Korrosion von metallischen Materialien in schwach- und mittelaktiven Abfällen zur Kenntnis genommen. Aus Sicht des ENSI wurden die Empfehlungen aus dem Projekt «Abfallbewirtschaftung im Vergleich» für das EP 2016 berücksichtigt.

Basierend auf der aktuellen Kenntnislage bezüglich der Gasbildung im geologischen Tiefenlager stimmt das ENSI der Nagra zu, dass die Reduktion und das Einschmelzen der metallischen Abfälle ein höheres sicherheitstechnisches Optimierungspotenzial bietet als die Reduktion der Organika. Jedoch stellt die Reduktion der organischen Abfälle nicht nur aufgrund der Gasproduktion, sondern auch in Hinblick auf die Verringerung anderer Aspekte, wie die Radionuklid-Komplexierung, eine sinnvolle Option dar. Daher sollten aus Sicht des ENSI, die laufenden Projekte der Betreiber zum Thema Reduktion der organischen Abfälle (z. B. der bituminierten Abfälle) weitergeführt werden.

Das ENSI anerkennt, dass das Einschmelzverfahren zur Reduktion der metallischen Abfälle bei Bedarf zu jedem Zeitpunkt bis zur Einlagerung der Abfälle im geologischen Tiefenlager zur Anwendung kommen kann. Allerdings dürfen die metallischen Abfälle nicht bereits anderweitig irreversibel konditioniert sein.

Sind weitere Reduktionen potenzieller Gasbildung aus metallischen Abfällen in der weiteren Planung und Detaillierung der Tiefenlagerprojekte notwendig, ist das ENSI zeitnah über die geänderten Anforderungen an die endlagerspezifischen Abfalleigenschaften zu informieren (A.1, Kapitel 8.2).

3 Die geologischen Tiefenlager

Angaben der Nagra

Entsorgungskonzept

In Übereinstimmung mit der internationalen Praxis geht das schweizerische Entsorgungskonzept von zwei Lagern aus: eines für SMA und eines für HAA (Informationen zur Abfallzuteilung zu den Lagertypen SMA und HAA vgl. Kap. 4). Die Auslegung der Lager (inkl. Festlegung des Standorts) hat die spezifischen Eigenschaften der einzulagernden Abfälle zu berücksichtigen. Wegen der Verschiedenartigkeit der Abfälle ergibt dies zwei Lager, die sich in ihrer Auslegung und in ihren sicherheitstechnischen Anforderungen an die Geologie unterscheiden. Es ist möglich, dass sowohl das HAA-Lager als auch das SMA-Lager am gleichen Standort zu liegen kommen. Diese Möglichkeit wird in der Schweiz unter dem Begriff «Kombilager» evaluiert (NTB 16-01).

Grundsätzlich existieren unterschiedliche Konzepte für die Auslegung technischer Barrieren und für die grundsätzliche Anordnung von Lagerkammern (vgl. NAB 16-42). Im Rahmen des Agneb-Forschungsprojekts «Lagerauslegung» wurden Fragen zur Lagerauslegung beider Lagertypen breit diskutiert und die Ergebnisse in einem Synthesebericht zusammengefasst (ENSI 33/503, Revision 1). Die von der Nagra vorgeschlagenen Lagerkonzepte werden darin generell als sinnvoll und sicherheitsgerichtet angesehen. Weiter wird auch die breite Erfahrung im Ausland genutzt; dies betrifft insbesondere Frankreich mit einem Wirtgestein für sein geplantes HAA-Lager, das dem Opalinuston – dem für beide Lager in der Schweiz vorgesehenen Wirtgestein – sehr ähnlich ist (z. B. ANDRA 2005; ANDRA 2012). Bezüglich der technischen Barrieren für das HAA-Lager sind die Erfahrungen in Schweden und Finnland sehr relevant (z. B. SKB 2011; Posiva 2012), da diese Programme in ihrer Realisierung schon weit fortgeschritten sind. Schliesslich werden auch die breiten Erfahrungen aus dem Untertagbau genutzt (NTB 16-01).

Aspekte der Lagerkonzepte

Das Lagerkonzept wird durch die gewählten Sicherheitskonzepte und die daraus resultierenden Anforderungen definiert. Diese sind Anforderungen an die Geologie für mögliche Tiefenlager-Standorte sowie an die Auslegung des Lagers (Auslegungskonzepte). Auslegungskonzepte umfassen Anlagenkonzepte sowie Konzepte für den Bau, den Betrieb und den Verschluss. Sie enthalten Angaben hinsichtlich der für diese Realisierungsschritte notwendigen Technologie, der Massnahmen für die Überwachung des geologischen Tiefenlagers sowie der Technologie, welche eine allfällige Rückholung der radioaktiven Abfälle mit vertretbarem Aufwand ermöglicht. Die Elemente des Lagerkonzepts (Sicherheitskonzept, Lagerauslegung, die Technologie für den Bau, Betrieb und Verschluss der Lager, Überwachung und Rückholbarkeit) werden nachfolgend kurz beschrieben. Hinweise auf den erforderlichen Handlungsspielraum für eine optimierte zukünftige Lagergestaltung werden gegeben.

Das Sicherheitskonzept muss den dauernden Schutz von Mensch und Umwelt durch passive Barrieren sicherstellen (Art. 3 Bst. c KEG). Dementsprechend wird ein Sicherheitskonzept mit mehreren verschiedenartigen, passiven und zeitlich sich ergänzenden Sicherheitsfunktionen verfolgt. Das schweizerische Multibarrierenkonzept enthält die Elemente Abfallmatrix, Abfallbehälter und Endlagerbehälter, Verfüllung/Versiegelung und geologische Barrieren. Der Geologie kommt eine wichtige Bedeutung zu; neben der Isolation der Abfälle vom menschlichen Lebensraum und der Gewährleistung der langfristigen Stabilität muss sie auch einen erheblichen Beitrag zur Barrierenwirkung (Radionuklidrückhaltung) erbringen (vgl. NTB 16-01, Fig. 3.1a-d).

Mit fortschreitender Konkretisierung der Projekte für die geologischen Tiefenlager im Rahmen des Sachplanverfahrens und der weiteren Bewilligungsverfahren gemäss KEG muss die Auslegung stufengerecht verfeinert und an die lokalen Bedingungen angepasst und die Eignung der verschiedenen Varianten geprüft werden. Die abschliessende Auslegung der Lager (detaillierte Anordnung der untertägigen Lagerkammern, detaillierte Ausgestaltung der technischen Barrieren) ist auf die detaillierten Befunde der erdwissenschaftlichen Untersuchungen untertag abzustimmen (vgl. NTB 16-01, Kapitel 5.1 sowie Tab. A.4-3 und A.4-4). Dabei sind auch die in

Zukunft anfallenden Resultate aus dem RD&D-Plan (vgl. NTB 16-01, Kapitel 5.7) und die Erfahrungen in ausländischen Programmen zu berücksichtigen. Für eine Optimierung der vorhandenen Projekte zur Lagerauslegung ist deshalb bis zum nuklearen Baugesuch ein genügend grosser Handlungsspielraum zur Berücksichtigung neuer Informationen und Erkenntnisse aufrecht zu erhalten.

Die Konzepte für den Bau, den Betrieb und den Verschluss der geologischen Tiefenlager (z. B. zur Handhabung der Abfälle und zum Einbau der technischen Barrieren sowie für den Verschluss der Anlage) basieren auf der heute vorhandenen Technik (NTB 02-02; NTB 08-05). Auf dem Gebiet der Technik allgemein (Robotik, Steuerungen etc.) werden bis Baubeginn noch erhebliche Entwicklungen stattfinden, welche in die definitive Auslegung der Lagertechnologie einfliessen können. Endlagerspezifische Entwicklungsprogramme sind im Gange, an welchen die Nagra beteiligt ist (z. B. ESRED 2009) resp. welche die Nagra initiiert hat (NTB 16-02). Weiter sind die in ausländischen Programmen anfallenden Erfahrungen zu berücksichtigen. Deshalb ist auch für die definitiv zu verwendende Technologie bis zum nuklearen Baugesuch ein ausreichender Handlungsspielraum zur Berücksichtigung der Entwicklungen beizubehalten.

Im schweizerischen Programm, aber auch in verschiedenen ausländischen Programmen, sind die Überwachung und Rückholbarkeit integraler Bestandteil der Tiefenlagerkonzepte. Die Möglichkeit, allfällige Entscheide rückgängig zu machen und insbesondere Abfälle aus dem Tiefenlager zurückzuholen, wurde im Rahmen des Projekts «Reversibility and Retrievability» (R&R) der OECD/NEA gründlich untersucht (NEA 2011). Im Hinblick auf eine allfällige Rückholung wurden von der Nagra Konzepte auf Grundlage bestehender Technik entwickelt. Auch hier wird bis zum nuklearen Baugesuch noch eine erhebliche Entwicklung der Technik (z. B. im Untertagbau) erwartet und auch in den ausländischen Programmen wird weitere Erfahrung anfallen. Der technologische Fortschritt wird bei der Auslegung des geologischen Tiefenlagers im Rahmen der nuklearen Baubewilligung zum Tragen kommen.

Bezüglich Überwachung kann vor allem auf die Resultate und Erfahrungen in entsprechenden Felslaborexperimenten zurückgegriffen werden (z. B. EU-Forschungsprogramme «MoDeRn» und «Modern2020»). Die detaillierte Ausgestaltung des Überwachungsprogramms erfolgt unter Berücksichtigung des Stands der Technik nach Abschluss der untertägigen Standorterkundungen und bei Vorliegen der Resultate aus den EUU.

Geologie

In Etappe 2 SGT wurden die geologischen Kenntnisse der in Etappe 1 SGT vorgeschlagenen SMA- und HAA-Standortgebiete durch zusätzliche Untersuchungen weiter vertieft und die Standortgebiete auf Basis des vertieften Kenntnisstands nach den Kriterien des Sachplanverfahrens systematisch weiter eingeeengt (NTB 14-02-I; NTB 14-02-II; NTB 14-02-III; NTB 14-02-IV; NTB 14-02-V; NTB 14-02-VI; NTB 14-02-VII; NTB 14-02-VIII). Die Einengung umfasste eine schrittweise Evaluation im Hinblick auf den Vorschlag von mindestens zwei Standortgebieten pro Lagertyp. Dazu wurden optimierte geologische Konfigurationen für das HAA- resp. SMA-Lager in den einzelnen Standortgebieten (Bestimmung des prioritären Wirtgesteins, Abgrenzung von optimierten untertägigen Lagerperimetern) ausgewählt. Es folgten eine Prüfung der sicherheitstechnischen Eignung bzw. Gleichwertigkeit anhand von Dosisberechnungen und eine qualitative Bewertung anhand der Kriterien des SGT sowie eine vergleichende Gesamtbewertung anhand der behördlich festgelegten entscheidungsrelevanten Merkmale und die Identifikation allfälliger eindeutiger Nachteile der Standortgebiete. Die resultierenden Vorschläge für Etappe 3 SGT sind das Ergebnis dieser vergleichenden Gesamtbewertung.

Die beiden von der Nagra vorgeschlagenen Standortgebiete Jura Ost und Zürich Nordost sehen den Opalinuston als Wirtgestein vor und sind sowohl für die Lagerung von HAA als auch von SMA geeignet (NTB 14-01). In beiden Gebieten besteht somit auch das Potenzial, das SMA- und das HAA-Lager am selben Standort anzuordnen und dort ein sogenanntes «Kombilager» zu erstellen (vgl. NTB 16-01, Kapitel 3.4). Im Vergleich zu den Standortgebieten Jura Ost und Zürich Nordost weisen die vier übrigen Standortgebiete Jura-Südfuss, Nördlich Lägern, Südranden und Wellenberg aus Sicht der Nagra eindeutige Nachteile auf (NTB 14-01). Die Nagra schlägt deshalb die beiden Gebiete Jura Ost und Zürich Nordost mit dem Wirtgestein Opalinuston für vertiefte Untersuchungen in Etappe 3 SGT vor. (Im Rahmen der Beurteilung der entsprechenden Unterlagen wird diskutiert, ob auch das Standortgebiet Nördlich Lägern in Etappe 3 weiter untersucht werden soll).

Das Arbeitsprogramm für die nächsten Jahre ist klar definiert. So werden in Etappe 3 SGT vertiefte erdwissenschaftliche Untersuchungen (u. a. 3D-Seismik, Sondierbohrungen und Quartäruntersuchungen) in den verbleibenden Standortgebieten durchgeführt; wichtige Hinweise hierzu liefern die mit der Berichterstattung zu Etappe 2 SGT eingereichten Explorationskonzepte (NAB 14-83). Um weitere Verzögerungen zu vermeiden, wurden ebenfalls ein Explorationskonzept für das Standortgebiet Nördlich Lägern eingereicht (NAB 16-28), die entsprechenden Planungsarbeiten aufgenommen sowie mit ersten erdwissenschaftlichen Untersuchungen (3D-Seismik) begonnen (NTB 16-01).

Sicherheitsnachweise

Die Kernenergieverordnung (KEV) sowie die Richtlinie ENSI-G03 fordern für alle Bewilligungsschritte im Zuge der Realisierung eines geologischen Tiefenlagers jeweils Sicherheitsnachweise für die Betriebsphase sowie für die Nachverschlussphase des Tiefenlagers (Langzeitsicherheitsnachweis). Für den definitiven Verschluss eines Tiefenlagers ist ebenfalls der Nachweis der Langzeitsicherheit erforderlich.

Im Rahmen der Etappe 2 SGT hat die Nagra sogenannte provisorische Sicherheitsanalysen erarbeitet und einen sicherheitstechnischen Vergleich der geologischen Standortgebiete gemäss den behördlichen Vorgaben (BFE 2011; ENSI 33/075; ENSI 33/154) durchgeführt (NTB 14-01; NTB 14-03).

Im Rahmen von Etappe 2 SGT wurde die Sicherheit für die Betriebsphase beurteilt (NTB 13-01; NAB 14-51). Zudem besteht hinsichtlich des sicheren Betriebs und der Analyse von potenziellen Störfällen eine sehr breite Kenntnis- und Erfahrungsbasis aus in- und ausländischen Kernanlagen. Für die Sicherheitsnachweise zu den Rahmenbewilligungsgesuchen kann somit auf eine etablierte Methodik gemäss vorhandenem Stand der Technik abgestützt werden.

Auslegungskonzepte der einzelnen Lager

Das HAA-Lager umfasst ein Hauptlager für BE/HAA, ein Hauptlager für langlebige mittelaktive Abfälle (LMA), ein Pilotlager und Testbereiche. Es basiert auf dem Konzept des kontrollierten geologischen Langzeitlagers gemäss EKRA (2000), wie es auch in KEG und KEV eingeflossen ist.

Das Auslegungskonzept für das HAA-Lager ist in Abbildung 2 dargestellt.

Es basiert auf dem im NTB 16-01, Kapitel 3.1.2, beschriebenen Sicherheitskonzept (Multibarrierenkonzept) und berücksichtigt die gesetzlichen und behördlichen Vorgaben (vgl. NTB 16-01, Tab. A.1-1). Bei diesem Konzept werden die im NTB 16-01, Kapitel 3.2.1, beschriebenen Annahmen zugrunde gelegt. Diese betreffen die EUU, die Bauwerke auf Lagerebene, den Zugang nach Untertag, die Oberflächeninfrastruktur und das Betriebs- und Verschlusskonzept (NTB 16-01).

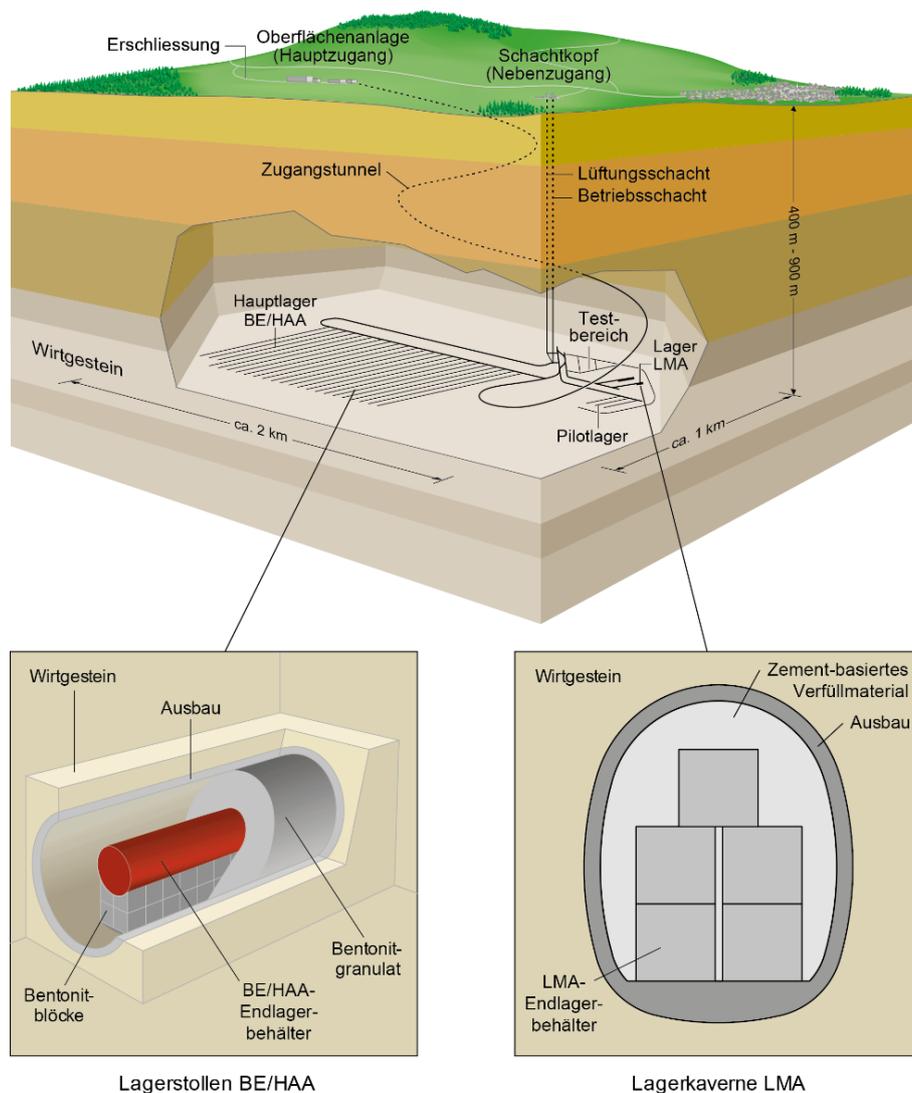


Abbildung 2: Konzeptuelle Darstellung des HAA-Lagers für abgebrannte Brennelemente (BE) und verglaste hochaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung (HAA) sowie für langlebige mittelaktive Abfälle (LMA) (NTB 16-01, Fig. 3-3).

Das SMA-Lager umfasst ein Hauptlager, ein Pilotlager und Testbereiche. Es basiert auf dem Konzept des kontrollierten geologischen Langzeitlagers gemäss EKRA (2000), wie es auch in KEG und KEV eingeflossen ist.

Das Auslegungskonzept für das SMA-Lager ist in Abbildung 3 dargestellt. Es basiert auf dem im NTB 16-01, Kapitel 3.1.2, beschriebenen Sicherheitskonzept (Multibarrierenkonzept) und berücksichtigt die gesetzlichen und behördlichen Vorgaben (vgl. NTB 16-01, Tab. A.1-1). Bei diesem Konzept werden die im NTB 16-01, Kapitel 3.3.1, beschriebenen Annahmen zugrunde gelegt. Diese betreffen die EUU, die Bauwerke auf Lager-ebene, den Zugang nach Untertag, die Oberflächeninfrastruktur und das Betriebs- und Verschlusskonzept.

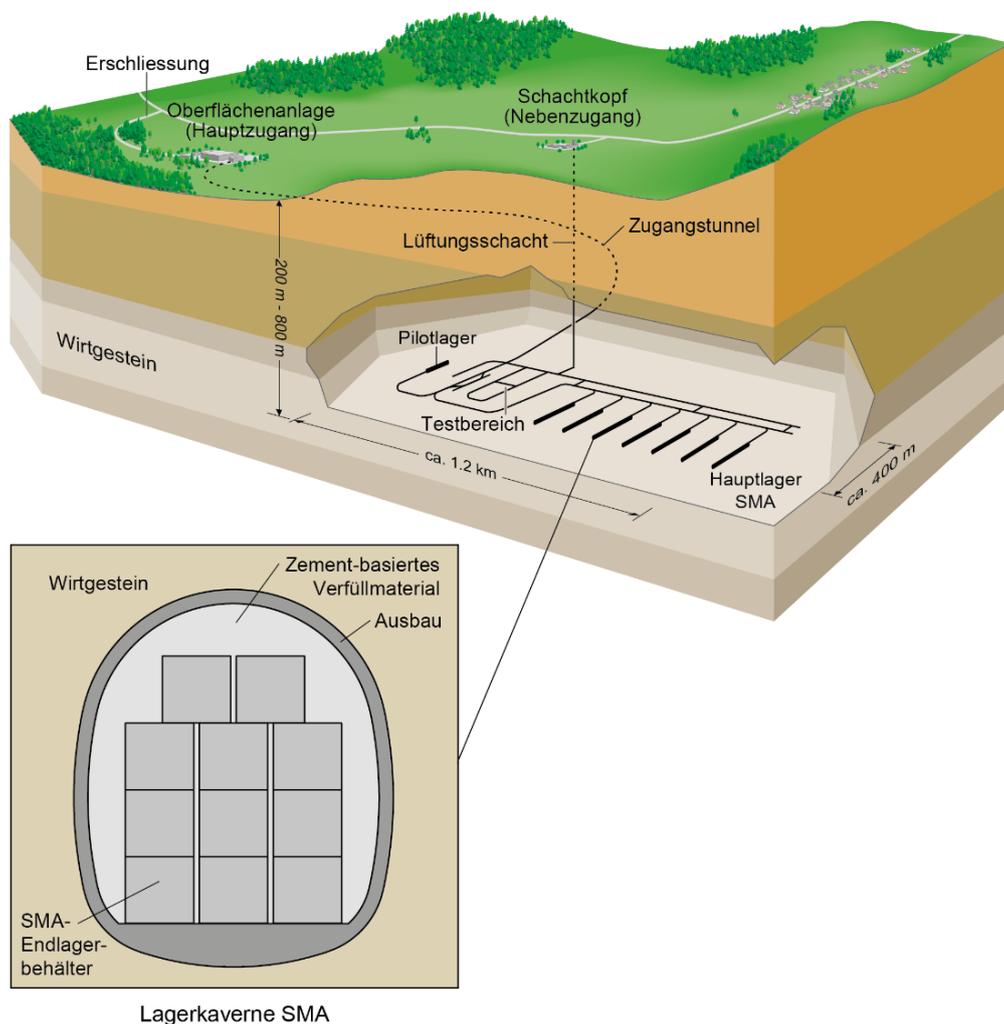


Abbildung 3: Konzeptuelle Darstellung des Lagers für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA-Lager) (NTB 16-01, Fig. 3.7).

Möglichkeiten, wie die konzeptionellen Vorgaben und Annahmen umgesetzt werden können, zeigen die Systemskizzen für die untertägigen Anlagen in Abbildung 4 und 5.

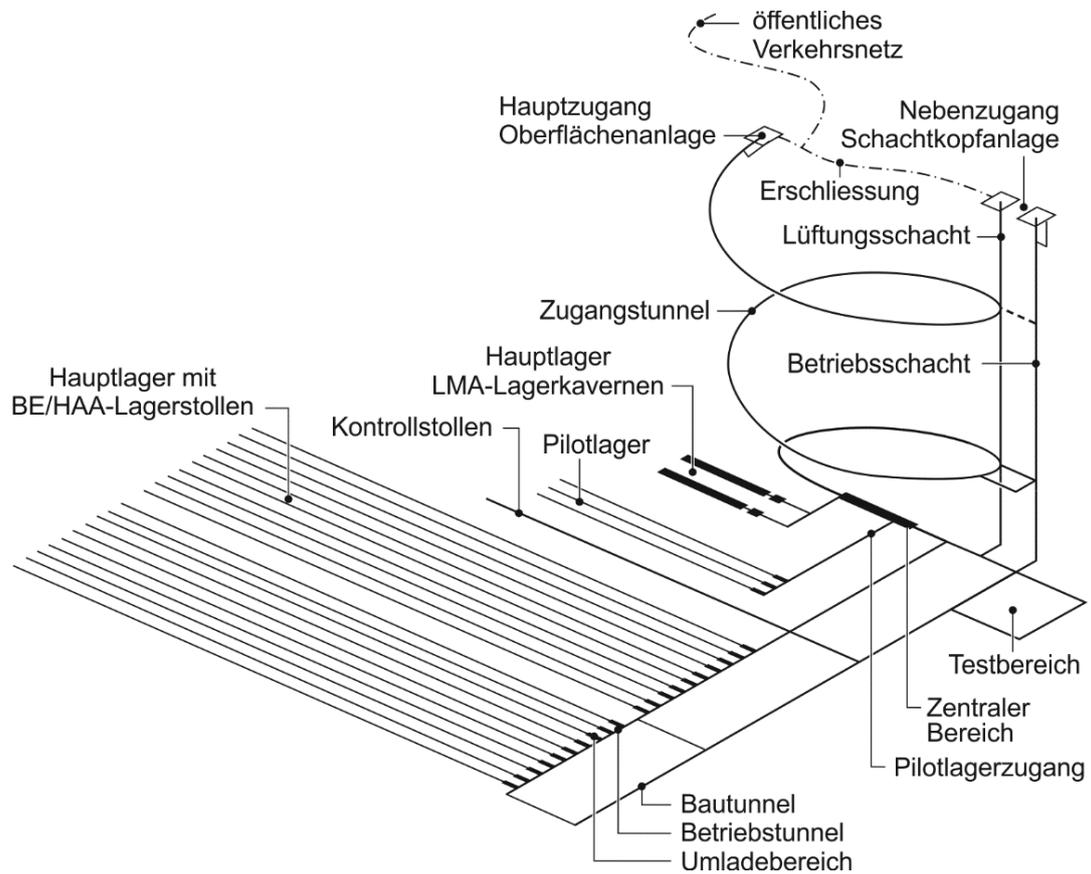


Abbildung 4: Systemskizze für die untertägigen Anlagen des HAA-Lagers (NTB 16-01, Fig. 3-4).

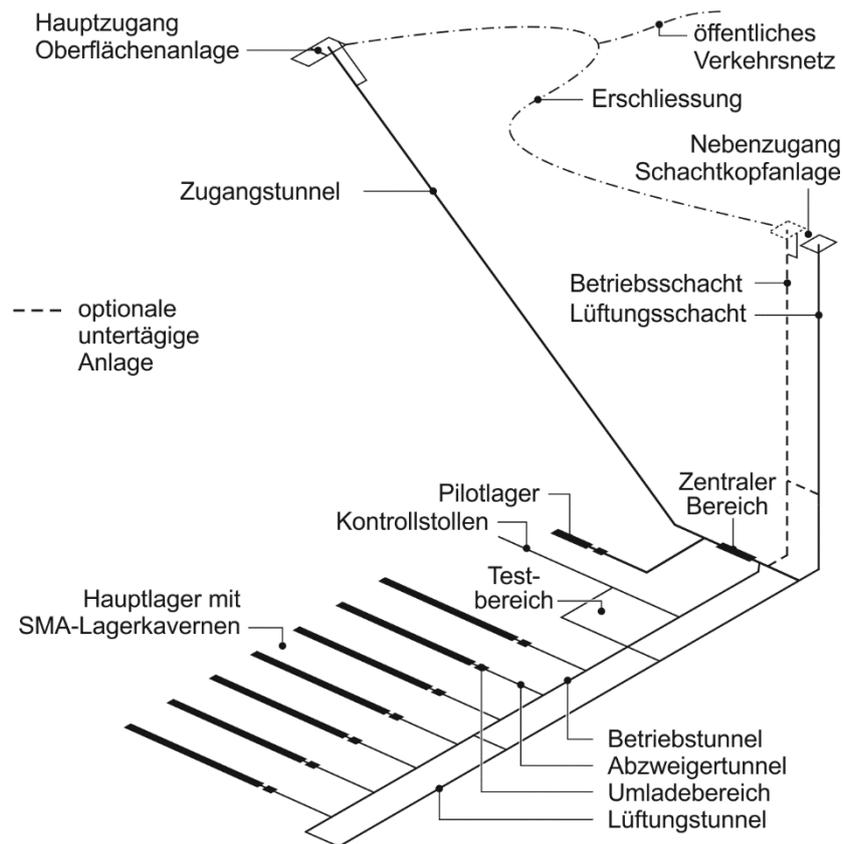


Abbildung 5: Systemskizze für die untertägigen Anlagen des SMA-Lagers (NTB 16-01, Fig. 3-8).

Für Planungszwecke wird von der folgenden modellhaften Umsetzung ausgegangen:

- Die modellhafte Auslegung des HAA-Lagers gemäss Abbildung 4 umfasst einen Zugangstunnel sowie einen Betriebs- und Lüftungsschacht. Grundsätzlich existieren mehrere Zugangskonfigurationen nach Untertag (vgl. NTB 16-01, Kapitel 3.2.3; siehe auch NTB 16-08); je nach Standortsituation sind diese aber als Zugang nach Untertag unterschiedlich gut geeignet.
- Die modellhafte Auslegung des SMA-Lagers gemäss Abbildung 5 umfasst einen Zugangstunnel sowie einen Lüftungsschacht. Grundsätzlich existieren mehrere Zugangskonfigurationen nach Untertag (vgl. NTB 16-01, Kapitel 3.3.3; siehe auch NTB 16-08); je nach Standortsituation sind diese aber als Zugang nach Untertag unterschiedlich gut geeignet.
- Die für die Oberflächeninfrastruktur benötigten Elemente sind für das HAA-Lager im NTB 16-01, Kapitel 3.2.1, und für das SMA-Lager im NTB 16-01, Kapitel 3.3.1, beschrieben. Beispielhaft sind sie für das HAA-Lager in Abbildung 6 dargestellt.
- Die Errichtung und der Verschluss untertägiger Bauwerke erfolgen jeweils von Hauptangriffspunkten und zugehörigen Bauinstallationen am Ort der Oberflächenanlage und der Nebenzugänge aus.
- Länge und Anordnung der BE/HAA-Lagerstollen bzw. SMA-Lagerkavernen und der jeweiligen Lagerfelder sowie Orientierung der Stollenachse und Abstände zwischen den Lagerstollen bzw. Lagerkavernen können so angepasst werden, dass das Platzangebot in der Lagerzone optimal genutzt wird (NTB 08-05; NAB 14-99).

- Hinsichtlich der Querschnittsgrößen, -formen, Längen und Ausbau der BE/HAA-Lagerstollen, LMA- und SMA-Lagerkavernen und der übrigen untertägigen Bauwerke sowie hinsichtlich des Verfüllmaterials wird für Planungszwecke von den Angaben in technischen Berichten der Nagra (NTB 10-01; NAB 14-81; NTB 02-02) ausgegangen. Als Ausbau der BE/HAA-Lagerstollen ist die Ausbruchsicherung mit einer Spritzbetonschale (Einlagerungsabschnitte) oder mit Stahlbögen und Netzen (Zwischensiegelabschnitte) vorgesehen (NTB 10-01; NAB 14-81; NAB 16-41; NAB 16-45; NAB 16-46). Als Ausbau der SMA-Lagerkavernen ist eine einschalige Spritzbetonschale vorgesehen (NTB 10-01; NAB 14-81; NAB 16-45; NAB 16-46). Es existieren jedoch auch anderweitige Möglichkeiten (vgl. NTB 16-01, Kapitel 3.2.3 bzw. 3.3.3)

Um die erforderliche Flexibilität zur Berücksichtigung möglicher zukünftiger Entwicklungen im Rahmen des Realisierungsplans für die Optimierung der Anlagen und Betriebsabläufe zu erhalten, werden verschiedene Varianten betrachtet; diese sind konsistent mit dem im NTB 16-01, Anhang A.2, dargelegten Handlungsspielraum (vgl. NTB 16-01, Kapitel 3.2.3 bzw. 3.3.3).

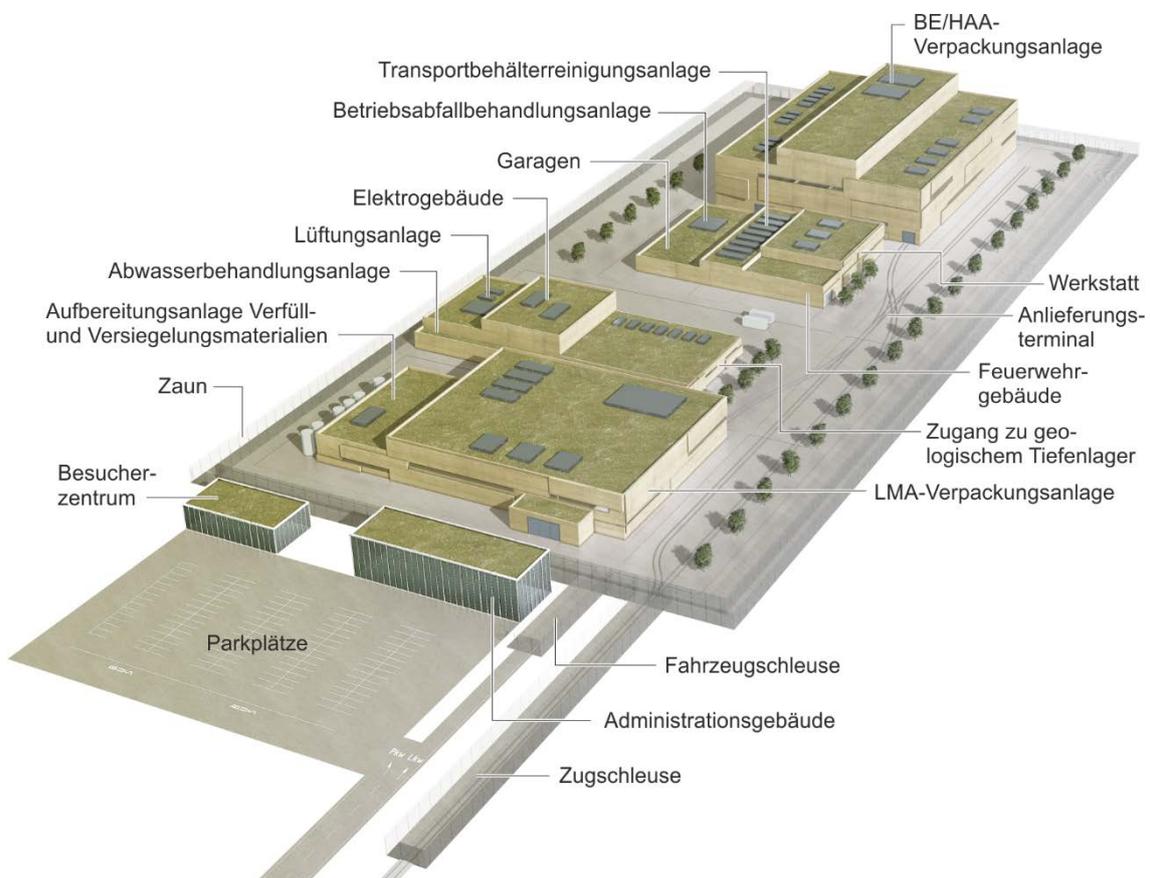


Abbildung 6: Mögliche, nicht standortspezifische, funktionale Anordnung und Ausgestaltung der verschiedenen Bauwerke (Module) der Oberflächenanlage für das HAA-Lager (NTB 16-01, Fig. 3-5).

Auslegungskonzept des Kombilagers

Unter dem Begriff «Kombilager» wird ein Konzept beschrieben, bei dem sowohl das HAA-Lager wie auch das SMA-Lager am gleichen Standort angeordnet werden. Das Auslegungskonzept für das Kombilager ist in Abbildung 7 dargestellt.

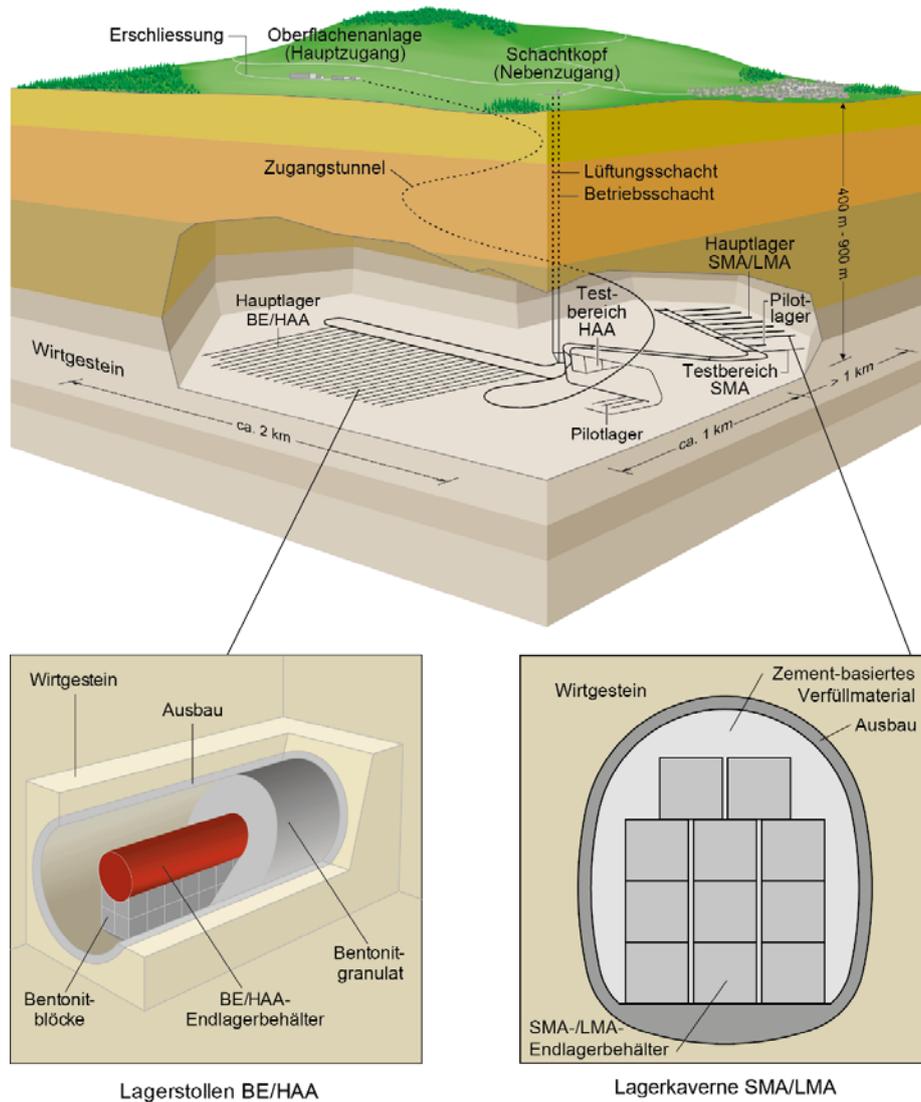


Abbildung 7: Konzeptuelle Darstellung des Kombilagers (NTB 16-01, Fig. 3-11).

Beim Kombilager wird von einem BE/HAA- und SMA/LMA-Lagerteil gesprochen. Die beiden Lagerteile sind räumlich getrennt und befinden sich entweder im gleichen oder aber in unterschiedlichen Wirtgesteinen. Beim Kombilager können gewisse Elemente der Oberflächeninfrastruktur und zumindest ein Teil der Zugangsbauwerke nach Untertag gemeinsam genutzt werden. Grundsätzlich gelten für das Kombilager jeweils die gleichen konzeptuellen Vorgaben und Annahmen wie für das HAA- und das SMA-Lager.

Die wesentlichen Merkmale des Auslegungskonzepts für das Kombilager in Ergänzung zu denjenigen des HAA- und SMA-Lagers sind nachfolgend zusammengefasst:

- Das Kombilager besteht aus zwei Lagerteilen: Der Lagerteil BE/HAA umfasst das Hauptlager BE/HAA mit den entsprechenden Lagerfeldern resp. Lagerstollen BE/HAA zur Einlagerung der BE/HAA-Endlagerbehälter sowie die zugehörigen Lagerfeldzugangsbauwerke, den Testbereich HAA inkl. Kontrollstollen und ein Pilotlager für BE/HAA. Der Lagerteil SMA/LMA umfasst das Hauptlager SMA/LMA mit den entsprechenden Lagerkavernen zur Einlagerung der SMA- und LMA-Endlagerbehälter sowie die zugehörigen Lagerfeldzugangsbauwerke (siehe unten), den Testbereich SMA inkl. Kontrollstollen und ein Pilotlager für SMA/LMA.
- Die Haupt- und Pilotlager werden auf Lagerebene vom Fuss der Zugangsbauwerke aus über getrennte Lagerfeldzugangsbauwerke (Betriebs- und Bautunnel für den Lagerteil BE/HAA, Betriebs- und Lüftungstunnel für den Lagerteil SMA/LMA) erschlossen.
- Die untertägigen Lagerbereiche werden im Einlagerungsbetrieb gleich wie diejenigen des HAA-Lagers in der Regel über drei Zugänge (Hauptzugang und zwei Nebenzugänge) erschlossen.
- Die Oberflächeninfrastruktur enthält grundsätzlich die gleichen Elemente, wie sie für das HAA-Lager im NTB 16-01, Kapitel 3.2.1, und das SMA-Lager im NTB 16-01, Kapitel 3.3.1, beschrieben sind. Weitere Hinweise zur Oberflächeninfrastruktur eines Kombilagere finden sich in den entsprechenden Planungsstudien für die Standortgebiete Jura Ost, Zürich Nordost und Nördlich Lägern (NAB 13-66; NAB 14-29; NAB 14-05; NAB 14-08). Ein Kombilager ermöglicht bei geeigneter Anordnung eine gemeinsame Nutzung von Elementen der Oberflächeninfrastruktur. Aufgrund der übergeordneten Realisierungspläne dauert die Einlagerungsbetriebsphase deutlich länger als bei den Einzellagern. Zudem erfolgt der Bau des Lagerteils BE/HAA und des dazugehörenden Pilotlagers BE/HAA teilweise gleichzeitig mit der Einlagerung der SMA/LMA-Endlagerbehälter. Das Kombilager ist daher so auszulegen, dass der Bau des Lagerteils- und Pilotlagers BE/HAA räumlich getrennt zur Einlagerung im SMA/LMA-Lagerteil erfolgen kann. Für diesen Fall sind der Betriebszugang (z. B. Betriebsschacht) und der Bau- und Betriebstunnel des BE/HAA-Lagerteils als Bauzugang vorgesehen.
- Da im Einlagerungsbetrieb und im Beobachtungsbetrieb deutlich mehr untertägige Bauwerke auf Lagerebene belüftet werden müssen, ist mehr Frischluft auf die Lagerebene zu fördern. Daher muss die Auslegung gegebenenfalls einen grösseren Durchmesser für den Lüftungsschacht vorsehen als dies bei Einzellagern der Fall wäre.

Die Möglichkeiten zur Auslegung der Lagerbereiche (BE/HAA, SMA und LMA) entsprechen grundsätzlich den Angaben im NTB 16-01, Kapitel 3.2 bzw. 3.3. Eine Möglichkeit, wie die konzeptuellen Vorgaben und Annahmen für das Kombilager umgesetzt werden können, zeigt die Systemskizze für die untertägigen Anlagen in Abbildung 8. Der Transport der radioaktiven Abfälle zu den untertägigen Lagerstollen und -kavernen erfolgt über den Zugangstunnel (Hauptzugang). Die modellhafte Auslegung des Kombilagere umfasst zudem als Nebenzugänge einen Betriebsschacht für zeitgleiche Bautätigkeiten und einen Lüftungsschacht für die Frischluftversorgung.

Auch die Oberflächenanlagen können grundsätzlich gleich ausgestaltet werden, wobei für SMA und LMA gewisse Anlagenteile gemeinsam genutzt werden können.

Der Handlungsspielraum zur Optimierung des Kombilagere entspricht grundsätzlich denjenigen für das SMA- und HAA-Lager (vgl. NTB 16-01, Kapitel 3.2.3 und 3.3.3).

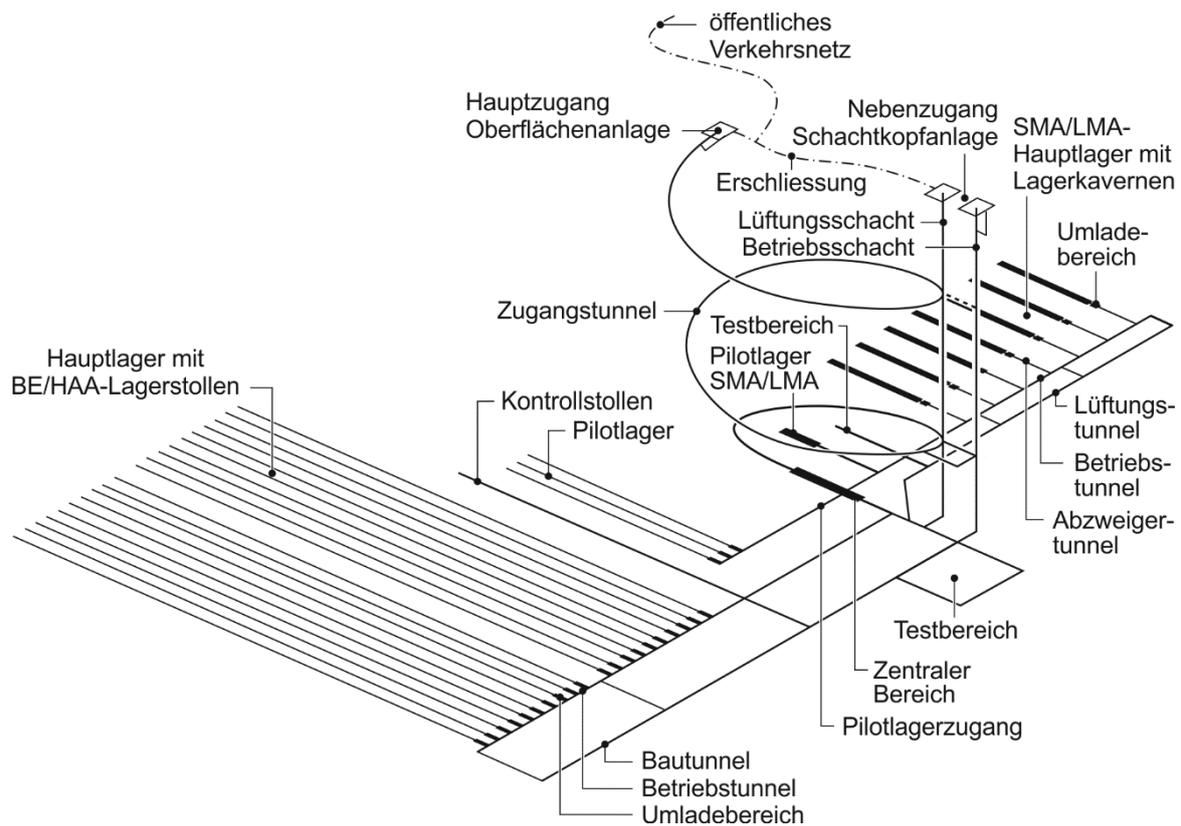


Abbildung 8: Systemskizze für die untertägigen Anlagen des Kombilagers (NTB 16-01, Fig. 3-12).

Beurteilung des ENSI

Entsorgungskonzept

Das von der Nagra vorgestellte Entsorgungskonzept entspricht den Vorgaben des KEG und den Angaben im Sachplan geologische Tiefenlager (BFE 2011). In diesem ist festgehalten, dass für die Lagerung der verschiedenen Abfallkategorien unterschiedliche Anforderungen an die technischen und natürlichen Barrieren gelten. Gemäss dem heutigen Entsorgungskonzept sind zwei Lager vorgesehen, ein Lager für HAA und ein Lager für SMA. Erfüllt ein Standort sowohl die Anforderungen für ein HAA- als auch für ein SMA-Lager, kann das Auswahlverfahren zu einem gemeinsamen Standort für alle radioaktiven Abfälle führen.

Aspekte der Lagerkonzepte

Das ENSI beurteilt das von der Nagra im Lagerkonzept vorgesehene Mehrfachbarrierensystem als geeignet, um den gesetzlich 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 behördlichen Vorgaben (Art. 11 KEV, ENSI-G03). Beide Lager setzen zur Gewährleistung der Langzeitsicherheit ein System gestaffelter, passiv wirkender technischer und natürlicher Barrieren ein.

Das ENSI und seine Experten (ENSI 33/530; EGT 2016) haben im Rahmen der Detailprüfung in Etappe 2 SGT die Aussagen der Nagra zum Lagerkonzept geprüft und kommen zum Schluss, dass die Ausführungen der Nagra nachvollziehbar und mehrheitlich plausibel sind (ENSI 33/540, Kapitel 2.2). Bezüglich HAA-Endlagerbehälter diskutiert die Nagra im NAB 16-42 ein breites Spektrum an möglichen Behältermaterialien, von denen jedoch nur die reinen Stahl- oder Gusseisenbehälter und die beschichteten bzw. ummantelten Eisenbehälter tatsächlich in Erwägung gezogen werden. Das ENSI beurteilt aus heutiger Sicht die Darstellung der technischen Möglichkeiten als korrekt. Ein definitiver Entscheid bezüglich der HAA-Endlagerbehälter wird jedoch erst im Rahmen der weiteren Schritte der Lagerrealisierung gefällt. Bei der Frage der Beschich-

tung/Ummantelung stimmt das ENSI der Nagra zu, dass der Entscheid im Zusammenhang mit den zu erwartenden Gasbildungs- bzw. -migrationsraten und damit auch der gewählten Stollenverfüllung geklärt werden muss (ENSI 33/540, Kapitel 2.2).

Das ENSI ist mit den Aussagen der Nagra im NTB 16-01 bezüglich Lagerauslegung einverstanden. Mit fortschreitender Konkretisierung der Projekte für die geologischen Tiefenlager im Rahmen des Sachplanverfahrens und des weiteren Bewilligungsverfahrens gemäss KEG muss die Lagerauslegung stufengerecht verfeinert und an die lokalen Bedingungen angepasst werden sowie die Eignung der verschiedenen Varianten geprüft werden. Die abschliessende Auslegung der Lager (detaillierte Anordnung der untertägigen Lagerkammern, detaillierte Ausgestaltung der technischen Barrieren) ist auf die detaillierten Befunde der EUU, die Resultate aus dem künftigen RD&D-Plan und die Erfahrungen aus ausländischen Programmen abzustimmen. Bis Baubeginn sind auf dem Gebiet der Technik allgemein (Robotik, Steuerungen etc.) noch weitere Entwicklungen zu erwarten, die unter Berücksichtigung von Erfahrungen aus ausländischen Programmen in die definitive Auslegung der Lagertechnologie einfliessen können.

Die Nagra betrachtet, wie gesetzlich vorgegeben, die Überwachung und Rückholbarkeit als integralen Bestandteil der Tiefenlagerkonzepte. Die bestehenden technischen Konzepte sollen periodisch an die neuen Erkenntnisse angepasst und weiterentwickelt werden. Dabei sollen die daraus resultierenden Anforderungen an den Ausbau der HAA-Lagerstollen und SMA-Kavernen (Nutzungsdauer, Tragsicherheit des Ausbaus etc.) berücksichtigt und festgelegt werden.

Das ENSI stimmt der grundsätzlichen Vorgehensweise der Nagra zu, einen genügend grossen Handlungsspielraum für eine Optimierung der vorhandenen Lagerauslegungsprojekte und der Technologie für Bau, Betrieb und Verschluss der geologischen Tiefenlager sowie für die Entwicklung der Technik für die Rückholbarkeit der Abfälle bis zum nuklearen Baugesuch aufrecht zu erhalten. Damit können neue Informationen, zukünftige Erkenntnisse und technologische Entwicklungen zur Erhöhung der Sicherheit berücksichtigt werden.

Geologie

Bezüglich der geologischen Standortgebiete hat das ENSI den von der Nagra eingereichten Vorschlag für die in Etappe 3 SGT vertieft zu untersuchenden Standortgebiete geprüft und beurteilt (vgl. ENSI 33/540). Aus Sicht des ENSI sind die drei geologischen Standortgebiete Zürich Nordost, Jura Ost und Nördlich Lägern jeweils für ein SMA-Lager und ein HAA-Lager in Etappe 3 SGT vertieft weiter zu untersuchen (ENSI 33/540).

Gemäss Sachplanverfahren (BFE 2011) sind die für Etappe 3 SGT vorgeschlagenen Standortgebiete mit Hilfe von erdwissenschaftlichen Methoden vertieft weiter zu untersuchen. Ziel dieser Untersuchungen ist die Erhebung einer hinreichenden Datenbasis für den Vorschlag jeweils eines Standortgebiets pro Lagertyp (SMA und HAA) für ein Rahmenbewilligungsgesuch (RBG). Diese Daten müssen eine verlässliche Basis für die Wahl des Standorts sowie für die Beurteilung der Sicherheit und technischen Machbarkeit in Etappe 3 SGT bilden. Die Nagra hat dazu die Berichte NAB 14-83 und NAB 16-28 eingereicht. Das ENSI hat die Angaben der Nagra im NAB 14-83 und NAB 16-28 in Zusammenarbeit mit seinen Experten (ENSI 33/455) überprüft und in ENSI 33/540 beurteilt.

Sicherheitsnachweise

Die Nagra hat in Etappe 2 SGT für alle geologischen Standortgebiete provisorische Sicherheitsanalysen für die Nachverschlussphase durchgeführt. Der quantitative Teil der provisorischen Sicherheitsanalysen besteht aus Dosisberechnungen für jedes Standortgebiet. Die Nagra hat bei der Dosisberechnung das standardisierte Parametervariationsverfahren zur Ermittlung der charakteristischen Dosisintervalle gemäss den behördlichen Vorgaben durchgeführt. Das ENSI hat im Rahmen der Beurteilung der quantitativen Sicherheitsanalyse in Etappe 2 SGT die Ergebnisse der Nagra durch eigene Berechnungen überprüft und die Prüfergebnisse in ENSI 33/540 dokumentiert (vgl. ENSI 33/540, Kapitel 5.2, Abb. 31). Generell kann das ENSI die Resultate der Nagra nachvollziehen, vereinzelt beurteilt das ENSI die von der Nagra verwendeten Bandbreiten der Parameterwerte als nicht abdeckend und verwendet in den eigenen Berechnungen ungünstigere Werte (ENSI 33/540, Kapitel 5.2.14).

Im NAB 14-51 hat die Nagra entsprechend den in ENSI 33/170 festgelegten Anforderungen den sicheren Normalbetrieb der Zugangsbauwerke (beispielsweise Förderungen von Lasten und Personen) und die Beherrschbarkeit der Auswirkungen von Störfällen aufgezeigt sowie bestehende standortspezifische Risiken für die Zugangsbauwerke ausgewiesen. Insbesondere wurde aufgezeigt, dass durch geeignete Massnahmen die Schutzziele der nuklearen Sicherheit inklusive dem Strahlenschutz, d. h. die Unterkritikalität, die Kühlung, der Einschluss radioaktiver Stoffe und die Begrenzung der Strahlenexposition, erreicht werden können. Das ENSI und seine Experten haben die Unterlagen insbesondere hinsichtlich möglicher Auswirkungen auf die Standorteinengung geprüft (ENSI 33/540, Kapitel 2.12). Die im NAB 14-51 dokumentierten Sicherheitsbetrachtungen für die Zugangsbauwerke im Hinblick auf die geforderte Standorteinengung gemäss Etappe 2 SGT werden als stufengerecht beurteilt. Sie sind inhaltlich nachvollziehbar und erfüllen die Anforderungen gemäss ENSI 33/170. Sie werden in dem Sinne als vollständig beurteilt, als dass die für die Einengung der Standortgebiete massgebenden Gefährdungen untersucht wurden. Die angewendete Methodik entspricht einem zeitgemässen, sicherheitsgerichteten Vorgehen (ENSI 33/540, Kapitel 2.12). Im Ergebnis stimmt das ENSI den Schlussfolgerungen der Nagra im NAB 14-51 grundsätzlich zu und stellt Ergänzungsforderungen (ENSI 33/540, Kapitel 2.12).

Auslegungskonzept der einzelnen Lager

Das ENSI hat im Rahmen der Detailprüfung in Etappe 2 SGT die Aussagen der Nagra zur Lagerkonzeption geprüft und kommt zum Schluss, dass die Ausführungen der Nagra nachvollziehbar und mehrheitlich plausibel sind (ENSI 33/540, Kapitel 2.2). Die Auslegung der HAA- und SMA-Lager erscheint im Wesentlichen zweckmässig und sinnvoll. Für die weiteren Schritte bei der Lagerrealisierung sind jedoch die Beurteilungen und Forderungen aus dem Gutachten zur Etappe 2 SGT (ENSI 33/540, Kapitel 2.2) sowie aus den Expertenberichten (EGT 2016 und ENSI 33/530, Kapitel 2) zu berücksichtigen. Bei der weiteren Entwicklung der Lagerkonzepte und Lagerprojekte soll die Nagra aus Sicht des ENSI und seiner Experten den Fokus verstärkt auch auf folgende Aspekte richten:

- Einrichten von unabhängigen Fluchtwegen zur Geländeoberfläche, um bei einem gravierenden Ereignis eine selbständige Rettung der Personen zu ermöglichen.
- Geotechnische und statische Betrachtungen von Untertagbauwerken mit sich ändernden Querschnitten und grossen Spannweiten.
- Entwicklung von geeigneten Konzepten für den Abbau und Abtransport der Tunnelbohrmaschine aus dem geplanten HAA-Lagerstollen.
- Entwicklung von geeigneten Konzepten für die Ausbruchsicherung am Ende der geplanten HAA-Lagerstollen, welche die Schädigung des Wirtgesteins minimieren.
- Standortspezifische Betrachtungen der Versiegelungsstrecken (konzeptionell, bauspezifisch, Auswirkungen auf das Gesamtsystem etc.).
- Begründung der Anforderungen an die Versiegelungsstrecken zur Erfüllung des übergeordneten Schutzziels der Langzeitsicherheit.
- Erweiterung der Varianten für den standortspezifischen Lagerzugang.
- Untersuchung der Varianten des Verfüllmaterials der HAA-Lagerstollen (Bentonit- und Zementbasierte Verfüllung). Aufzeigen der daraus entstehenden Konsequenzen für das Gesamtsystem.

Die Nagra führt aus, dass nach ihrer provisorischen Standortwahl eine weitere Konkretisierung der Lagerprojekte für die Einreichung der Rahmenbewilligungsgesuche lediglich für die vorgeschlagenen Standorte (oder den vorgeschlagenen Standort im Falle eines Kombilagers) erfolgen soll (vgl. NTB 16-01, Kapitel 5.1).

Die Standortwahl ist im Rahmenbewilligungsgesuch zu begründen. Deshalb hat die Nagra für alle Standortgebiete die vorhandenen Konzepte der Lagerbauwerke, einschliesslich der Zugangsbauwerke und der untertägigen Bauwerke auf Lagerebene, standortspezifisch anzupassen. Für den sicherheitstechnischen Vergleich sind alle sicherheitsrelevanten Elemente der Lagerprojekte zu bewerten.

Das ENSI begrüsst, dass die Nagra den Handlungsspielraum für die Auslegung der Oberflächeninfrastruktur nutzt, um diese stufengerecht an neue Erkenntnisse anzupassen (NTB 16-01). Für die weitere Konkretisierung der Auslegung der Oberflächeninfrastruktur verweist das ENSI auf seine aus der Beurteilung der Kostenstudie 2016 (ENSI-AN-9930) resultierenden Empfehlungen 4-4 und 4-5. Weiterhin geht das ENSI davon aus, dass die Nagra im Rahmen der nächsten Aktualisierung von Kostenstudie und Entsorgungsprogramm die technischen Planungsgrundlagen einschliesslich aller Schnittstellen zwischen den Anlagenteilen für alle betrachteten Lagerversionen (HAA-, SMA- und Kombilager) aktualisiert und dokumentiert.

Auslegungskonzept des Kombilagere

Grundsätzlich gelten für das Kombilager jeweils die gleichen konzeptuellen Vorgaben und Annahmen wie für das HAA- und das SMA-Lager (NTB 16-01). Deshalb gelten die seitens ENSI und seiner Experten gemachten Beurteilungen, Empfehlungen und Forderungen für das HAA- und SMA-Lager entsprechend auch für das Kombilager. Das ENSI weist im Folgenden auf Aspekte hin, die in den Aussagen und Darstellungen der Nagra zum Kombilager überdacht oder zumindest in der dargestellten Form durch sicherheitstechnische Überlegungen begründet werden sollten:

- Die Nagra hält im NTB 16-01 fest, dass beim Kombilager die beiden Lagerteile (HAA und SMA) im gleichen oder in unterschiedlichen Wirtgesteinen liegen können. Diese Aussage ist im Widerspruch zu Aussagen im NTB 14-01, wo als Wirtgestein nur der Opalinuston weitergezogen wird. Die Option, dass Teile der SMA-Abfälle auch im 'Braunen Dogger' eingelagert werden könnten (d. h. effektiv das SMA-Lager auf zwei Wirtgesteine aufgeteilt würde), wurde seitens ENSI nicht explizit geprüft. Falls diese Option weiterverfolgt würde, müsste die Nagra in Etappe 3 SGT zeigen, dass ein solches Vorgehen sicherheitsgerichtet wäre.
- Die Nagra hat bei der Evaluation einer Kombilager-Lösung aufzuzeigen und zu begründen, welche Mindestabstände zwischen HAA- und SMA-Lager einzuhalten sind und welche Konsequenzen sich daraus für den Platzbedarf ergeben.
- Die Nagra sieht bei einem Kombilager eine Aufteilung in ein HAA- und ein SMA/LMA-Lager vor. Sie geht damit davon aus, dass die LMA-Lagerkavernen in das SMA-Lager integriert werden. Aus Sicht des ENSI kann dies sicherheitstechnisch sinnvoll sein, aber hier sind Abklärungen vorzulegen, die aufzeigen, inwiefern die unterschiedlichen Abfalltypen der Kategorie LMA und SMA miteinander kompatibel sind, und ob eine zusätzliche Aufteilung der Abfälle auf räumlich stärker separierte Lagerkavernen die gesamtheitliche Sicherheit erhöhen könnte.
- Gemäss NTB 16-01 (Fig. 3-12) sollen die verschiedenen Lagerteile auf dem Niveau der Lagerebene erschlossen werden. Das ENSI weist darauf hin, dass es im Sinne einer unabhängigen Verschliessung der unterschiedlichen Lagerteile ggf. auch sinnvoll sein könnte, die Lagerteile bereits auf Niveau der Multifunktionsstelle (vgl. NAB 16-45, Fig. 2.3-1 und 2.3-2, d. h. am oberen Ende des Wirtgesteins oder der Rahmengesteine) voneinander zu trennen.

4 Zuteilung der Abfälle zu den geologischen Tiefenlagern

Gemäss SGT mussten die Entsorgungspflichtigen als ersten Schritt in Etappe 1 SGT 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 gemäss Art. 51 KEV (hochaktive Abfälle HAA, alphatoxische 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. Die Nagra hat die in Etappe 1 SGT vorgeschlagene Abfallzuteilung in den Unterlagen zu Etappe 2 SGT und im Entsorgungsprogramm aktualisiert.

Angaben der Nagra

Die für die Erarbeitung von Vorschlägen für die Einengung der geologischen Standortgebiete im Rahmen von Etappe 2 SGT gemachte Abfallzuteilung stellt die Grundlage für die Abfallzuteilung im EP16 dar und basiert auf den Angaben aus dem «Modellhaften Inventar für radioaktive Materialien» (MIRAM 14, NTB 14-04). Im Hinblick auf die Kostenstudie 2016 wurde das Abfallinventar überprüft und primär bezüglich MIF leicht angepasst. Hinsichtlich der Angaben zur Menge und zum zeitlichen Anfall von Abfällen hat die Nagra im EP16 vier verschiedene Szenarien betrachtet und für jedes Szenario die entsprechende Abfallzuteilung dargestellt.

Falls der Vorschlag der Nagra zur Einengung in Etappe 2 SGT bestätigt wird, ist aus sicherheitstechnischen Gründen im weiteren Verfahren eine Abgrenzung von LMA und deren Einlagerung ins HAA-Lager nicht mehr notwendig. Alle SMA und ATA können im SMA-Lager eingelagert werden. Die Einlagerung von LMA sowohl in das HAA- als auch in das SMA-Lager wird deshalb im EP16 als Varianten ausgewiesen; d. h. neben der bisherigen Abfallzuteilung stellt die Einlagerung von bisher als LMA bezeichneten Abfällen ins SMA-Lager ebenso eine Variante dar.

Hinsichtlich der Abfallzuteilung auf die verschiedenen geologischen Tiefenlager ist im Rahmen der Realisierung der geologischen Tiefenlager auch nach Erteilung der Rahmenbewilligung Handlungsspielraum vorhanden, um die detaillierten Bedingungen für die Einlagerung der Abfälle erst in der Bau- bzw. Betriebsbewilligung festzulegen, wenn alle dazu notwendigen Informationen verfügbar sind.

Beurteilung des ENSI

Das ENSI hat in seinem Gutachten zum Einengungsvorschlag der Nagra in Etappe 2 SGT die Methodik der Abfallzuteilung und die Aktualisierung des modellhaften Inventars MIRAM 14 als nachvollziehbar beurteilt (ENSI 33/540). Beim Vergleich der Summe der LMA- und SMA-Abfallmengen basierend auf den Abfallzuteilungen in Etappe 2 SGT und im EP16 zeigt sich ein Unterschied von ungefähr 11 000 m³. Auf Rückfrage des ENSI (NAB 17-44, Frage EP.02) hat die Nagra den Unterschied plausibel und nachvollziehbar erläutert. Ursache ist eine Aktualisierung der Abfallmengenabschätzung aus dem Rückbau des PSI-West gegenüber MIRAM 14.

Das ENSI stimmt der Nagra zu, dass aufgrund der guten Barriereigenschaften des Wirtgesteins Opalinuston die Einlagerung aller SMA und ATA im SMA-Lager eine mögliche Variante für die Abfallzuteilung ist. Falls die Nagra in Etappe 3 SGT die Zuteilung aller SMA und ATA in ein SMA-Lager (gilt auch für den SMA/LMA-Teil eines Kombilagers) weiter betrachtet, muss sie den Nachweis erbringen, dass diese Einteilung der Abfälle unter Berücksichtigung eines standortspezifischen und angepassten Lagerkonzepts (z. B. grösserer Platzbedarf) die Langzeitsicherheit nicht beeinträchtigt. Im Fall eines separaten Sicherheitsnachweises für das SMA/LMA-Lager muss die Nagra neu prüfen, ob der bisherige Betrachtungszeitraum für das SMA-Lager ausreicht.

Das ENSI ist mit der Aussage der Nagra einverstanden, dass bis zur Festlegung des definitiven Lagerkonzepts in der Bau- und Betriebsbewilligung Flexibilität hinsichtlich der Abfallzuteilung bewahrt wird. Es ist die Aufgabe der Nagra, die Abfallzuteilung in den verschiedenen Schritten der Lagerrealisierung bis zum Lagerbetrieb mit entsprechendem Detaillierungsgrad zu aktualisieren.

5 Realisierungsplan der geologischen Tiefenlager

Der Realisierungsplan, zusammen mit dem Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsplan (RD&D-Plan), ist ein zentrales Planungs- und Kontrollinstrument für die Planung und Implementierung der erforderlichen Infrastruktur zur Entsorgung der radioaktiven Abfälle. Beide werden alle fünf Jahre aktualisiert. Sie unterstützen die Entsorgungspflichtigen bei der schrittweisen und systematischen Abwicklung der notwendigen Vorhaben und Verfahren und helfen den Behörden 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

Standortwahl gemäss Sachplan geologische Tiefenlager und Rahmenbewilligung

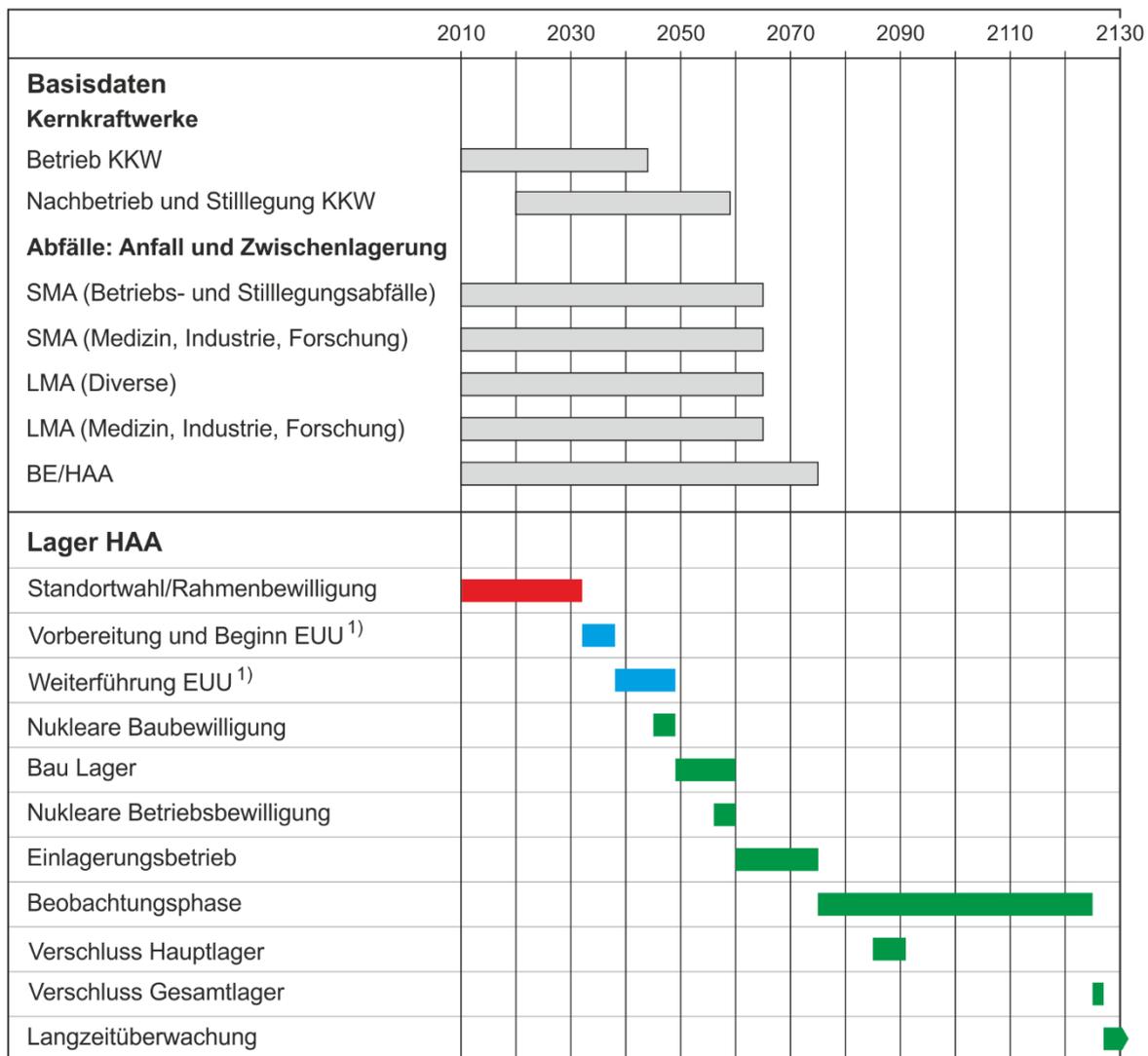
Im Hinblick auf das Rahmenbewilligungsgesuch wird die Nagra als wesentliche Felduntersuchungen 3D-Seismikmessungen, Sondierbohrungen und Quartäruntersuchungen durchführen. Die in Etappe 3 SGT notwendigen Feldarbeiten in den vorgeschlagenen SMA- und HAA-Standortgebieten werden koordiniert durchgeführt. Bei der 3D-Seismik stehen die Kartierung von Schichtlagerung und die Inventarisierung und strukturgeologische Interpretation allfälliger Störungen im Vordergrund. Die Sondierbohrungen dienen insbesondere der Eichung der 3D-Seismik (v. a. Tiefenlage und Mächtigkeit der Wirt- und Rahmengesteine) sowie der Erfassung der relevanten Gesteinseigenschaften und Zustandsparameter. Untersuchungen quartärer Lockergesteine liefern Beiträge zur Langzeitentwicklung.

Gestützt auf die Feldarbeiten und weitere Erkenntnisse wird die Nagra 2 bis 3 Jahre vor Einreichung der Rahmenbewilligungsgesuche die Auswahl der Standorte für die Vorbereitung der Rahmenbewilligungsgesuche gemäss Konzept Sachplan geologische Tiefenlager (BFE 2011) bekannt geben können. Zeitgleich würde die Bekanntgabe der Realisierung eines allfälligen «Kombilagers» erfolgen. Die Dokumentation der Standortwahl erfolgt gemäss Vorgaben der Kernenergiegesetzgebung (Art. 62 KEV) als Bestandteil der Unterlagen zum Rahmenbewilligungsgesuch im sicherheitstechnischen Vergleich der zur Auswahl stehenden Optionen hinsichtlich Sicherheit des geplanten Tiefenlagers sowie einer Bewertung der für die Auswahl des Standorts ausschlaggebenden Eigenschaften.

Nach Bekanntgabe der Auswahl der Standorte für die Vorbereitung der Rahmenbewilligungsgesuche durch die Nagra erfolgt eine weitere Konkretisierung der Lagerprojekte an den vorgeschlagenen Standorten unter Berücksichtigung der Zusammenarbeit mit den Standortregionen.

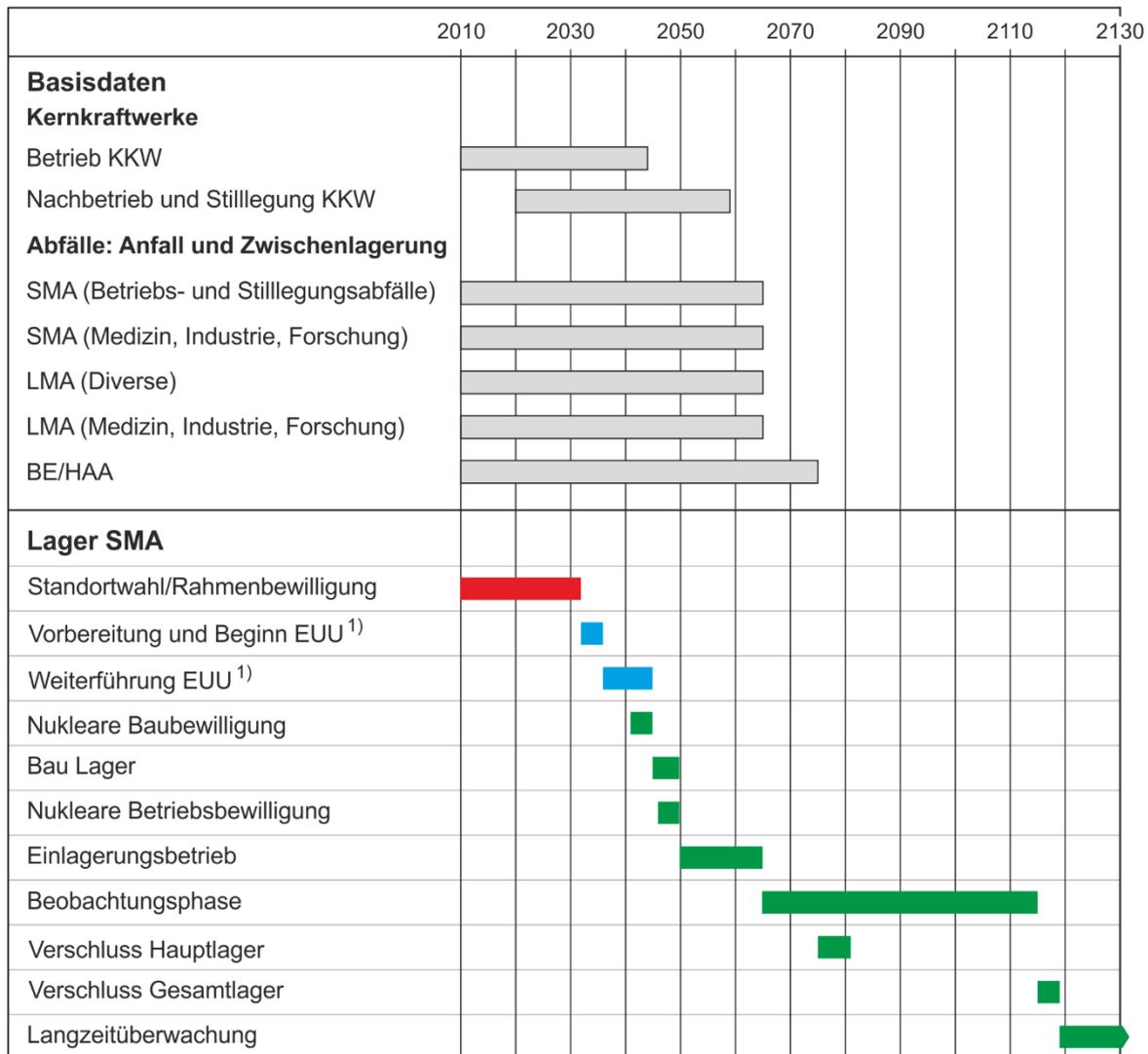
Realisierungsplan

Ausgehend von den in den Kapiteln 5.1 und 5.2 im NTB 16-01 beschriebenen gesetzlichen Grundlagen und behördlichen Vorgaben, weiterer Annahmen sowie unter Berücksichtigung der notwendigen Zeiten für die Abwicklung der technischen Arbeiten und für die Durchführung der behördlichen Verfahren ergibt sich der in Abbildung 9 und Abbildung 10 für das HAA- bzw. das SMA-Programm als Balkendiagramm dargestellte Realisierungsplan. Diese Planung ist v. a. für spätere Phasen mit Ungewissheiten von mehreren Jahren verbunden. Der Realisierungsplan basiert zudem auf der Annahme, dass die Rechtsmittel in den Bewilligungsverfahren nicht ausgeschöpft werden. Der dem EP16 zugrunde gelegte Zeitplan geht von einer Betriebsaufnahme des SMA-Lagers von 2050 bzw. des HAA-Lagers von 2060 aus.



¹⁾ EUU: Erdwissenschaftliche Untersuchungen Untertag

Abbildung 9: Realisierungsplan für das HAA-Lager gemäss heutiger Planung (NTB 16-01, Fig. 5-1a, vgl. Tab. A.4-1 NTB 16-01).



¹⁾ EUU: Erdwissenschaftliche Untersuchungen Untertag

Abbildung 10: Realisierungsplan für das SMA-Lager gemäss heutiger Planung (NTB 16-01, Fig. 5-1b, vgl. Tab. A.4-2 NTB 16-01).

Der Realisierungsplan berücksichtigt insbesondere:

- die gesetzlich und behördlich vorgegebenen Genehmigungen und Bewilligungen und die damit zusammenhängenden Entscheidungspunkte gemäss Tab. A.1-2 im NTB 16-01;
- die für diese Genehmigungen und Bewilligungen notwendigen Unterlagen gemäss Tab. A.1-3 im NTB 16-01 und den Zeitbedarf für die Abwicklung der hierzu erforderlichen technisch-wissenschaftlichen Arbeiten;
- den Zeitbedarf für die behördlichen (Bewilligungs-)Verfahren;
- den Zeitbedarf für den Einbezug der verschiedenen Interessensgruppen in die Entscheidungsfindung und
- andere technisch bedingte zeitliche Rahmenbedingungen (z. B. die für BE nach Entnahme aus dem Reaktorkern notwendige Abklingzeit bis zur Einlagerung).

Die wichtigsten Merkmale des Realisierungsplans sind:

- Die Wahl der Standorte für das SMA- und das HAA-Lager erfolgt im SGT-Verfahren, welches bis zur Erteilung der jeweiligen Rahmenbewilligung parallel geführt wird.
- Mit der Rahmenbewilligung werden die Grundzüge des Projekts festgelegt; die detaillierte Auslegung der Anlagen erfolgt erst für die nukleare Baubewilligung. Die nukleare Baubewilligung berücksichtigt u. a. Erkenntnisse, die im Rahmen von erdwissenschaftlichen Untersuchungen untertag (EUU) gewonnen werden.
- Der Bau der Anlagen erfolgt so weit, wie dies für die Aufnahme des Betriebs notwendig ist. Der Bau zusätzlicher BE/HAA-Lagerstollen innerhalb der erschlossenen Lagerzone ist für das HAA-Lager bzw. das Kombilager während der Betriebsphase vorgesehen.
- Nach Abschluss der Einlagerung in jeder Lagerkammer erfolgt ihr Verschluss; nach Einlagerung aller Abfälle erfolgen die Stilllegung und der Rückbau der Verpackungsanlagen und die Einlagerung allfälliger Stilllegungsabfälle der Verpackungsanlagen. Gleichzeitig beginnt die Beobachtungsphase (Annahme 50 Jahre; s. Tab. A.4-1 NTB 16-01); in dieser erfolgt nach einer beschränkten Dauer (Annahme 10 Jahre; s. Tab. A.4-1 NTB 16-01) die Verfüllung und Versiegelung der Zugänge zu den Lagerfeldern des Hauptlagers auf Lagerebene und der nicht mehr benötigten Zugänge von der Oberfläche nach Untertag.
- Nach Abschluss der Beobachtungsphase erfolgen der Gesamtverschluss und der Rückbau der Gesamtanlage (Zugangsbauwerke, restliche Teile der Oberflächeninfrastruktur), anschliessend kann die Überwachung von der Oberfläche aus weitergeführt werden.

Für die Rahmenbewilligung müssen genügend Kenntnisse für robuste Aussagen zur Sicherheit und zur bautechnischen Machbarkeit vorliegen; dies betrifft u. a. die Wirtgesteineigenschaften (teilweise aus standortunabhängigen Untersuchungen, vgl. Kapitel 5.7 NTB 16-01), die Platzverhältnisse und die Langzeitstabilität inklusive Aussagen zur Erosion. Diese Informationen können mit Untersuchungen von der Oberfläche (z. B. Seismik, Sondierbohrungen, Quartäruntersuchungen) ergänzt durch standortunabhängige Arbeiten gewonnen werden. Mit der Rahmenbewilligung werden zudem die Grundzüge des Projekts festgelegt; hierzu sind Aussagen zur ungefähren Grösse und Lage der wichtigsten Bauten notwendig. Auf Stufe Rahmenbewilligung können Konzepte zu ausgewählten Elementen der Lagerauslegung noch verschiedene Varianten beinhalten (z. B. Zugang nach Untertag, Auslegung der technischen Barrieren und der Technologie für den Bau, Betrieb und Verschluss der Anlage).

Die Nagra erachtet es als notwendig, dass die Anträge für EUU so eingereicht und von den Behörden geprüft werden, dass das UVEK unmittelbar nach der Erteilung der Rahmenbewilligungen durch den Bundesrat (2029) die Bewilligung für EUU – vorbehaltlich der Bestätigung der Rahmenbewilligungen durch das Parlament – erteilen kann.

Im Rahmen des nuklearen Baubewilligungsgesuchs wird die detaillierte Anordnung und Auslegung der untertägigen Lagerbauten und der technischen Barrieren sowie der Infrastruktur und Technologie für den Bau, Betrieb und Verschluss des Lagers festgelegt (Art. 24 Abs. 2 sowie Anhang 4 KEV). Im Gesuch werden die für den Bau des Lagers notwendigen Erkenntnisse aus EUU berücksichtigt.

Im Anschluss an die Baubewilligung werden die für die Aufnahme des Einlagerungsbetriebs notwendigen Anlagen erstellt. In dieser Phase erfolgt im Rahmen behördlicher Verfahrensschritte die Umnutzung von Bauten für EUU in Testbereiche als Bestandteil des geologischen Tiefenlagers. In den Testbereichen werden Langzeitexperimente, die im Rahmen von EUU initiiert wurden, weitergeführt sowie vor Inbetriebnahme des Tiefenlagers sicherheitsrelevante Techniken erprobt und deren Funktionstüchtigkeit nachgewiesen. Tabelle A.4-3 im NTB 16-01 stellt einen Überblick über die während dem Bau aus heutiger Sicht geplanten Aktivitäten und zugehörigen Ziele dar. Parallel zum Bau wird das Gesuch für die nukleare Betriebsbewilligung ausgearbeitet und eingereicht.

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

Die rechtlichen Vorgaben an das Rahmenbewilligungsgesuch bedingen an den gewählten Standorten folgende Untersuchungen und Arbeiten:

- Bereitstellung einer geologischen Synthese mit geologischen Datensätzen für die Langzeitsicherheit und die Anlagenprojektierung;
- sicherheitstechnischer Vergleich der in Etappe 3 SGT vertieft untersuchten SMA- und HAA-Standortgebiete inklusive der Bewertung der für den Standortentscheid ausschlaggebenden Eigenschaften,;
- Vertiefung der Projekte zur Anlage (inkl. Betrieb und Verschluss): Dazu sind Konzepte zu ober- und untertägigen Anlagenelemente zu erarbeiten (vgl. NTB 16-01, Kapitels 5.1);
- Dokumentation der raumplanerischen Abstimmung;
- Abklärungen zur Umweltverträglichkeit (UVP, 1. Stufe);
- Erarbeitung eines Überwachungskonzepts (Monitoring);
- Erstellung eines Sicherheitsberichts (Konzept).

Zum Zeitpunkt der Rahmenbewilligung werden im Hinblick auf eine spätere Optimierung im Rahmen des mehrstufigen Bewilligungsverfahrens für die Lagerauslegung noch verschiedene Varianten offen gehalten. Damit soll es ermöglicht werden, neue Erkenntnisse aus den erst nach der Rahmenbewilligung durchzuführenden EUU und den Ergebnissen und Erfahrungen aus dem RD&D-Plan und aus ausländischen Programmen mit zu berücksichtigen; die abschliessenden Entscheide sollen spätestens beim Baubewilligungsgesuch gefällt werden. Für HAA betrifft dies aus heutiger Sicht insbesondere:

- Varianten hinsichtlich Materialien und Auslegungskonzepte für die BE/HAA-Endlagerbehälter;
- Varianten für die Auslegung der BE/HAA-Lagerkammern;
- Varianten für die Auslegung und Einbringung der Verfüllmaterialien;
- Varianten für die Auslegung und Erstellung der Versiegelungselemente;
- Varianten zur Gestaltung des Verschlusses der LMA-Lagerkavernen bezüglich Gasfreisetzung;
- Varianten für die Auslegung der Tunnel inklusive Ausbruchssicherung, Verkleidung und Wahl des Abdichtungssystems.

Die in Kapitel 5.3 im NTB 16-01 vorgestellten Realisierungspläne für das HAA- und SMA-Lager stellen die Grundlage für die Realisierung des Kombilagers dar. Die detaillierte Ausgestaltung des Realisierungsplans für das Kombilager hängt vom Standort ab. Die Erarbeitung von Realisierungsplänen benötigt zudem die Klärung von Fragen mit den zuständigen Behörden hinsichtlich der Umsetzung des Bewilligungsverfahrens für den Fall eines Kombilagers.

Forschungs- und Entwicklungsarbeiten

Die Realisierung von geologischen Tiefenlagern erfolgt in einem mehrere Jahrzehnte andauernden stufenweisen Prozess und erfordert eine umfassende Planungsgrundlage für die wissenschaftlichen und technischen Arbeitsschwerpunkte. Im RD&D-Plan (NTB 16-02) sind der Zweck, der Umfang, die Art und die Zeitdauer der verschiedenen zukünftigen Aktivitäten zur Forschung, Entwicklung und Demonstration, die sich aus dem Realisierungsplan sowie den im EP16 dargestellten konzeptuellen Vorgaben und Annahmen ergeben, umfassend dargestellt.

Das EP16 beschränkt sich auf die Darlegung von Arbeitsschwerpunkthemen zu Forschung und Entwicklung. Tabelle A.3-3 im NTB 16-01 beinhaltet eine kurze Beschreibung der Themen, die gemäss Realisierungsplan aus heutiger Sicht im Rahmen des RD&D-Plans in den nächsten ca. 10 Jahren behandelt werden. Die Arbeiten

zum RD&D-Plan decken ein breites Spektrum von Themen ab; dazu gehören Fragen zur Geologie, zur Sicherheit und zu sicherheitsrelevanten Phänomenen und Prozessen, zu den radioaktiven Abfällen, zum Lagerkonzept, zu den technischen Barrieren sowie zum Verschluss der geologischen Tiefenlager.

Im Rahmen von laufenden RD&D-Aktivitäten 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 einer stufengerechten Lagerimplementierung – wo erforderlich – an die standortbezogenen Verhältnisse angepasst werden könnten (vgl. Kapitel 5.4 und 5.5 NTB 16-01).

Umsetzung

Für die Umsetzung des Realisierungsplans ist ein breites Spektrum von Themen zu bearbeiten (vgl. NTB 16-01, 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.

Der vorgeschlagene Realisierungsplan und die zugehörigen Entscheidungspunkte bieten genügend Handlungsspielraum zur Optimierung der Entsorgung und geben die erforderliche Flexibilität für die Berücksichtigung zukünftiger Entwicklungen bezüglich einzulagernder Abfälle. Das diesbezügliche Vorgehen ist in Tab. A.2-1 NTB 16-01 dargestellt. Mit diesem Realisierungsplan lassen sich auch die Erfahrungen, die in den für die Schweiz relevanten ausländischen Programmen (insbesondere Finnland, Frankreich, Schweden) gemacht werden, mit berücksichtigen.

Beurteilung des ENSI

Die Realisierung eines geologischen Tiefenlagers ist ein schrittweiser Prozess (Richtlinie ENSI-G03, Anhang 2). Durch die periodische Aktualisierung des Entsorgungsprogramms und des Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsplans (RD&D-Plan) kann dem Projektstand und der Diskussion anstehender Fragen Rechnung getragen werden. Der vorgelegte Realisierungsplan macht Angaben zur Standortauswahl gemäss SGT sowie zu den Bewilligungsschritten (Rahmenbewilligung, Baubewilligung, Betriebsbewilligung), zum Verschluss und zur 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.:

- Standortauswahlverfahren für SMA- und HAA-Tiefenlager im Rahmen des SGT;
- 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 erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag (EUU) als Ergänzung der Untersuchungen von der Oberfläche im Hinblick auf das Baugesuch;
- Baubewilligung;
- Betriebsbewilligung;
- Anordnung des Lagerverschlusses;
- evtl. Langzeitüberwachung gemäss Anordnung des Bundesrats.

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;
- 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.

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 fünf Fragen wie im EP08 (ENSI 33/110) geprüft und beurteilt:

Wurden die behördlichen Anforderungen an die Sicherheit und die Vorgaben hinsichtlich der nuklearen Bewilligungsverfahren gemäss KEG, KEV, SGT und der 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 Richtlinie ENSI-G03) im vorgeschlagenen Realisierungsplan korrekt berücksichtigt haben. Der Realisierungsplan bildet die schrittweisen nuklearen Bewilligungsverfahren korrekt und transparent ab; dies gilt auch für das Verfahren zur Standortwahl (BFE 2011).

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 2011).

Gemäss Auflage 6.4 aus der Verfügung des Bundesrats zum Entsorgungsprogramm 2008 (Schweizerischer Bundesrat 2013) sind die vorbereitenden Arbeiten für das Projekt für die Beobachtungsphase, ein Plan für den Verschluss der Anlage sowie Konzepte für die Rückholung ohne grossen Aufwand, die Markierung und den temporären Verschluss in Krisenzeiten in zukünftigen Entsorgungsprogrammen darzulegen. Die vorbereitenden Arbeiten zur Langzeitarchivierung der Information und der Markierung werden nicht vom ENSI beurteilt, sondern, sofern sie nicht die Vorgaben in der Richtlinie ENSI-G03 betreffen, vom BFE; die Beurteilung diesbezüglich wird in der Stellungnahme des BFE festgehalten. Die Entsorgungspflichtigen haben im Realisierungsplan dargelegt, wann sie welche Unterlagen zu den Themen Beobachtungsphase, Verschluss des Lagers, Rückholung ohne grossen Aufwand und temporären Verschluss in Krisenzeiten einreichen werden. Im RD&D-Plan wird aufgezeigt, wann die Nagra diese Arbeiten in Angriff nehmen möchte. Diese Angaben sind kompatibel mit den behördlichen Vorgaben. Aus Sicht des ENSI ist daher die entsprechende Auflage zum Realisierungsplan erfüllt, bleibt jedoch, aufgrund ihres periodischen Charakters, auch für künftige Aktualisierungen bestehen. Die vorbereitenden Arbeiten zu diesen Themen sind in zukünftigen Entsorgungsprogrammen bzw. RD&D-Plan stufengerecht zu konkretisieren.

Die Entsorgungspflichtigen weisen beim Realisierungsplan eines Kombilagers v. a. auf die Synergieeffekte hinsichtlich der Vorbereitung und Durchführung der erdwissenschaftlichen Untersuchungen untertag, des Baus, des Betriebs der BE/HAA- und SMA/LMA-Lagerteile, der Beobachtungsphase und dem Verschluss hin. Aus Sicht des ENSI muss sichergestellt werden, dass die Wechselwirkungen der einzelnen Lagerteile keine relevante Beeinträchtigung der Betriebs- und Langzeitsicherheit der einzelnen Lagerteile darstellen.

Die Entsorgungspflichtigen haben bei der Evaluation einer Kombilager-Lösung aufzuzeigen, welche Konsequenzen sich aus möglichen Wechselwirkungen der einzelnen Lagerteile eines Kombilagere ergeben. Dazu ist im Hinblick auf das Rahmenbewilligungsgesuch aufzuzeigen, welche Varianten grundsätzlich bestehen, welcher relative Platzbedarf sich daraus ergibt und welche Varianten sicherheitstechnisch anzustreben sind (A.2, Kapitel 8.2).

Zusätzlich sind gemäss ENSI-Gutachten für Etappe 2 SGT (ENSI 33/540) die Vor- und Nachteile eines Kombilagere im Vergleich zu zwei Lagern in separaten Standortgebieten von der Nagra in Etappe 3 SGT darzulegen.

Aus Sicht des ENSI ist das von den Entsorgungspflichtigen vorgeschlagene Konzept des Verschlusses in mehreren Schritten aus Sicht der Langzeitsicherheit plausibel. Zum Konzept der Rückholung ohne grossen Aufwand sind noch zu wenige Angaben zu den einzelnen Verschlussphasen vorhanden.

Die Entsorgungspflichtigen haben die Vor- und Nachteile sowie den Aufwand verschiedener Varianten (z. B. «Verschluss des Hauptzugangs nach zehn Jahren Beobachtungsphase und einer allfälligen vorgängigen Öffnung des Hauptzugangs bei einer Rückholung ohne grossen Aufwand», «Offenhalten aller Zugänge bis zum ordnungsgemässen Verschluss», «Rückholung über die Nebenzugänge») aus Sicht der Langzeitsicherheit, Betriebssicherheit und Rückholung ohne grossen Aufwand zu diskutieren und zu bewerten. In diesem mit dem RBG einzureichenden Konzept zum Verschluss des geologischen Tiefenlagere ist die vorgesehene Verschlussvariante zu begründen und dazu mit Alternativen zu vergleichen (A.3, Kapitel 8.2).

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

Der vorgelegte Zeitplan der Entsorgungspflichtigen für die Abwicklung der technischen Arbeiten und die Durchführung der erforderlichen behördlichen Verfahren berücksichtigt den Sachplan geologische Tiefenlager und hat eine Betriebsaufnahme des SMA-Lagere ab 2050 bzw. des HAA-Lagere ab 2060 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.

Falls die LMA dem SMA-Lager zugeteilt werden, müsste der Realisierungsplan für ein LMA-/SMA-Lager, insbesondere die Zeitplanung bzgl. Ende des Einlagerungsbetriebs und Verschluss des Hauptlagere geprüft werden, da auch die Abfälle aus dem Rückbau der Zwiilag und der OFA des HAA-Lagere für diese Lager vorgesehen sind.

Die Entsorgungspflichtigen werden mit dem Rahmenbewilligungsgesuch ein Konzept für die Beobachtungsphase einreichen, was den gesetzlichen Vorgaben (Art. 23, KEV) entspricht. Die Forschungsaktivitäten der Nagra bezüglich Monitoring für ein geologisches Tiefenlager werden vom ENSI grundsätzlich als zielführend beurteilt. Das ENSI erachtet es ebenfalls als zielführend, das Monitoringkonzept im Rahmen der schrittweisen Realisierung eines geologischen Tiefenlagere stufenweise zu aktualisieren und präzisieren. Das ENSI erwartet, dass das Monitoringkonzept für das Rahmenbewilligungsgesuch insbesondere Konzepte für die Überwachung im Pilotlager, für die EUU und für die Beobachtungen im geologischen Tiefenlager beinhaltet. Gemäss NTB 16-02 (Kapitel 7.7) beginnt das «Baseline monitoring» (Nullmessungen) mit den detaillierten Standortuntersuchungen nach Erteilung der Rahmenbewilligung. Gemäss NTB 16-02 beginnen Teile der Nullmessungen bereits vor dem Rahmenbewilligungsgesuch (z. B. seismisches und geodätisches Messnetz (Kapitel 7.7), Langzeit-Messsysteme für hydraulische Potenziale in Aquiferen, Quellschüttungen und Wasserqualität (Kap. 7.2.2.4) oder Teile der aktuellen Untersuchungsprogramme für Etappe 3 SGT (Kapitel 7.7)). Die vorliegenden Erläuterungen der Nagra geben dem ENSI Hinweise auf deren Aktivitäten bzgl. der Nullmessungen, bieten jedoch keine Übersicht über die Strategie für die Nullmessungen der Nagra. Gemäss Richtlinie ENSI-G03 müssen die Nullmessungen eines geologischen Tiefenlagere so früh vor Inangriffnahme der Untertagebauten aufgenommen werden, dass für die Beweissicherung genügend aussagekräftige Daten zur Verfügung stehen.

Die Entsorgungspflichtigen haben mit dem Rahmenbewilligungsgesuch ein Konzept für die Nullmessungen vorzulegen. Darin ist begründet darzulegen, welche Prozesse und Parameter wichtig für die Umweltüberwachung und die Nullmessungen sind und wie diese zu erfassen sind. Ausserdem ist für jeden Parameter die geeignete Messmethodik, die notwendige räumliche und zeitliche Dichte an Daten, der benötigte Zeitbedarf bis zum Erreichen einer geeigneten Zeitreihe sowie der daraus abgeleitete Beginn der Messungen zu diskutieren. Darüber hinaus haben die Entsorgungspflichtigen darzulegen, wie existierende Sondierbohrungen in der Phase nach der Einreichung des Rahmenbewilligungsgesuchs z. B. für Langzeit- oder Nullmessungen genutzt werden (A.4, Kapitel 8.2).

Die Entsorgungspflichtigen hatten für die Aktualisierung des Entsorgungsprogramms 2016 gemäss den Auflagen 5.1 und 5.2 (Schweizerischer Bundesrat 2013) zu erläutern, wie die Ergebnisse der EUU im Baubewilligungsgesuch für das SMA-Lager zeitlich berücksichtigt werden können, sowie die Planung für die EUU des SMA-Lagers und die dort geplanten Experimente zu konkretisieren und darzulegen. Aus Sicht des ENSI sind die Angaben der Nagra zu den geplanten Experimenten für die EUU plausibel und stufengerecht für das Entsorgungsprogramm 2016. Die Nagra hat damit die Bundesratsaufgabe 5.2 erfüllt. Der Zeitbedarf für die Durchführung und Auswertung der Experimente sowie die Erstellung der Unterlagen für das Baubewilligungsgesuch hat sich für das SMA-Lager von einem Jahr (EP 2008) auf fünf Jahre (EP 2016) verlängert. Es ist dabei zu bedenken, dass Langzeitversuche zum Verhalten von SMA-Abfällen frühzeitig im Rahmen von Felslabor-Experimenten (z. B. Mont Terri) durchgeführt werden sollten. Aus Sicht des ENSI sind diese Angaben plausibel und stufengerecht für das Entsorgungsprogramm 2016. Damit erachtet das ENSI die Bundesratsaufgabe 5.1 auch als erfüllt.

Im Unterschied zum SMA-Lager hat sich für das HAA-Lager der Zeitbedarf für die Durchführung und Auswertung der Experimente sowie die Erstellung der Unterlagen für das Baubewilligungsgesuch von 13 Jahren (EP 2008) auf acht Jahre (EP 2016) verkürzt. Gemäss Angaben der Entsorgungspflichtigen beruht die Kürzung des Zeitbedarfs für die EUU nicht auf einer Anpassung des Untersuchungsprogramms für die EUU, sondern darauf, dass im Entsorgungsprogramm 2016 der Beginn des Einlagerungsbetriebs im HAA-Lager auf das Ende des Einlagerungsbetriebs des SMA-Lagers abgestimmt wurde (im EP08 war der Einlagerungsbetrieb des HAA-Lagers auf das Ende der Betriebszeit des Kernkraftwerks KKL abgestimmt). Die sich daraus ergebende Dauer für die EUU ist aus Sicht der Nagra immer noch ausreichend lang. Das ENSI beurteilt die Dauer für die EUU auf Basis der vorgeschlagenen Experimente als knapp bemessen, insbesondere weil der gewählte Massstab der Experimente den Zeitbedarf signifikant beeinflussen kann. Das ENSI empfiehlt daher den Entsorgungspflichtigen, aus Gründen der Sicherheit und Nachvollziehbarkeit, für zukünftige Entsorgungsprogramme die Dauer für die EUU aber auch der anderen Phasen der Realisierung eines geologischen Tiefenlagers auf den effektiven Zeitbedarf zu schätzen und nicht mit Randbedingungen zu verknüpfen. Grundsätzlich werden die detaillierten Arbeitsprogramme und die Massstäbe, auf Basis derer die Experimente für die EUU (SMA- und HAA-Lager) durchgeführt werden sollen, vom ENSI im Rahmen des Bewilligungsverfahrens für die EUU geprüft und beurteilt.

Der Realisierungsplan der Entsorgungspflichtigen geht davon aus, dass die Bauten für EUU inklusive der erforderlichen Zugänge ohne grössere Aufwände für die Umnutzung in die geologischen Tiefenlager integriert werden können. Das ENSI weist daraufhin, dass durch eine Bewilligung von EUU mit den dazu notwendigen Untertagebauten keine für die Sicherheit abträglichen Sachzwänge geschaffen werden dürfen. Falls beispielsweise eine Umnutzung der Zugänge aus Sicht der Betriebs- und Langzeitsicherheit nicht realisiert werden sollte, müssen die bestehenden Untertagebauten wieder verfüllt und versiegelt werden können. Deshalb ist diese Variante im Gesuch der EUU ebenfalls zu berücksichtigen.

Die Entsorgungspflichtigen müssen im Rahmen des Entsorgungsprogramms 2021 die Anforderungen für die verschiedenen Nutzungsphasen der erdwissenschaftlichen Untersuchungen untertag (EUU) darlegen und erläutern, wie und wann die technischen Nachweise erfolgen sollen, um eine spätere Umnutzung zu erreichen (A.5, Kapitel 8.2).

Im Vergleich zum EP08 wurde der Zeitbedarf für das behördliche Bewilligungsverfahren für die Baubewilligungsgesuche eines SMA-Lagers und eines HAA-Lagers sowie für die Betriebsbewilligung für ein HAA-Lager inklusive Entscheid des UVEK im EP16 von 5 auf 4 Jahre gekürzt. Aus Sicht des ENSI gibt es keine Gründe von dem bisherigen geplanten Bewilligungszeitraum von 5 Jahren abzuweichen, zumal es sich um das erste Bewilligungsverfahren nach KEG dieser Art handelt.

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

Im Rahmen des Standortauswahlverfahrens gemäss Sachplan geologische Tiefenlager (BFE 2011) sind die geologischen Kenntnisse der Standortgebiete schrittweise und stufengerecht zu vertiefen. Ziel der erdwissenschaftlichen Untersuchungen in Etappe 3 SGT ist die Erhebung einer belastbaren Datenbasis für den Vorschlag jeweils eines Standortgebiets pro Lagertyp (SMA und HAA) bzw. eines Standortgebiets für ein Kombilager, für die Wahl des Standorts in Etappe 3 SGT sowie für die Beurteilung der Sicherheit und technischen Machbarkeit für ein Rahmenbewilligungsgesuch (RBG). Die Nagra hat die dazu notwendigen Arbeiten im NAB 14-83 und NAB 16-28 dargestellt. Das ENSI hat diese Berichte im Rahmen seiner Überprüfung des Vorschlags der in Etappe 3 SGT weiter zu untersuchenden geologischen Standortgebiete geprüft und beurteilt (ENSI 33/540). Die Hinweise zum Standortuntersuchungskonzept für Etappe 3 SGT sowie die weiteren Hinweise zu den erdwissenschaftlichen Untersuchungen im Gutachten des ENSI (ENSI 33/540) sind bei den notwendigen Arbeiten zu berücksichtigen.

Der Handlungsbedarf für die Forschung und Entwicklung leitet sich aus dem aktuellen Stand der Tiefenlagerprojekte SMA und HAA ab; für das weitere Vorgehen haben die Entsorgungspflichtigen ausgehend von einem Realisierungskonzept den Handlungsspielraum analysiert und die zu bearbeitenden Themen aufgezeigt (vgl. NTB 16-01, Tab. A.2-1, Tabellen in Anhang 3). Mit der Rahmenbewilligung für ein SMA- und HAA-Lager oder ein Kombilager wird ein zentraler Meilenstein (Standortentscheid) erreicht, weshalb dann ein hinreichender Kenntnisstand über die Grundlagen zu den sicherheitsrelevanten Elementen, Eigenschaften, Ereignissen und Prozessen zum Rahmenbewilligungsgesuch vorhanden sein muss. Der dazugehörige Forschungs- und Entwicklungsaufwand muss entsprechend geplant und realisiert werden. Nach dem Einreichen des Rahmenbewilligungsgesuchs wird die weitere Forschung und Entwicklung mehrheitlich für die Optimierung sowie für die Auswahl und Weiterentwicklung der Technologie genutzt werden, um den erforderlichen Kenntnisstand bzgl. Technologie bis zum Baubewilligungsgesuch grundsätzlich zu erreichen. Nach dem Baubewilligungsgesuch werden die Schwerpunkte des Forschungsaufwands auf der Verifizierung und Optimierung der Betriebsabläufe sein. Das ENSI hat daher geprüft, wie der Prozess der Identifikation und Priorisierung von Forschungsbedarf bei der Nagra abgewickelt wird. Im bestehenden RD&D-Plan sind vor allem Forschungsziele und -themen dargelegt. Spezifische offene Fragen sind nicht aufgelistet.

In künftige Entsorgungsprogramme und RD&D-Pläne ist eine vollständige Auflistung der aus Sicht der Entsorgungspflichtigen wichtigen offenen Fragen aufzunehmen, zusammen mit Angaben darüber, wie und innert welcher Frist die Entsorgungspflichtigen deren Beantwortung vorsehen (A.6, Kapitel 8.2).

Die themenspezifischen Empfehlungen des ENSI aus seiner Beurteilung des RD&D-Plans der Nagra sind in der separaten Aktennotiz 33/593 zusammengefasst (Kapitel 7.2).

Die Entsorgungspflichtigen haben gemäss Auflage 6.2 aus der Verfügung des Bundesrats zum EP08 (Schweizerischer Bundesrat 2013) den zeitlichen Rahmen für die Realisierung des Gesamtsystems der geologischen Tiefenlager im NTB 16-01 anhand der Planung des Sachplans und der Bewilligungsschritte gemäss KEG/KEV dargestellt. Ebenfalls wurde im Rahmen der Kostenstudie 2016 eine mögliche technische Umsetzung des Gesamtsystems dokumentiert (Nagra 2016a; Nagra 2016b). Eine Möglichkeit für eine vernetzte Darstellung der einzelnen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten miteinander und mit den Meilensteinen und Entscheidungen bei der Realisierung in Form von Berichten ist ein «Requirementmanagementsystem». Das ENSI hat sich daher im Rahmen seiner Überprüfung des EP16 über den Stand des von der Nagra seit 2009 entwickelten «Requirementmanagementsystems» (NTB 09-06) informiert. Die Nagra verwendet zurzeit für die zentrale Verwaltung der Anforderungen sogenannte elektronische Informationsblätter (Nagra 2016a; Nagra 2016b).

Diese wurden zu den Themen:

- nukleare Sicherheit (z. B. Langzeitsicherheit, Strahlenschutz);
- weitere Aspekte der Sicherheit (z. B. Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz);
- Hauptaktivitäten (z. B. erdwissenschaftliche Arbeiten);
- objektübergreifende Systeme (z. B. Energieversorgung) sowie
- Objekte des Vorhabens (z. B. Oberflächenanlage)

erstellt und in den Berichten dokumentiert. Die geforderte Vernetzung der Anforderungen an die Elemente des Systems «Geologische Tiefenlagerung» wird gemäss Nagra derzeit über Links in den Informationsblättern abgebildet. Das ENSI hat die Informationsblätter durch Stichproben geprüft. Aus Sicht des ENSI sind die Verweise zu den behördlichen Vorgaben erfolgt. Verweise zu den Erläuterungen für die Auswahl einzelner Parameter und gegenseitige Wechselwirkungen der Parameter und allfälliger Konsequenzen sind bis jetzt nur teilweise in die einzelnen Informationsblätter implementiert worden. Dem ENSI ist eine langfristige Kontinuität des Wissenstands wichtig, da die Tiefenlagerung ein generationenübergreifendes Projekt ist. Das Ziel ist eine ausführliche Dokumentation mit Erläuterungen. Das ENSI weist darauf hin, dass ein Entscheid mit den dafür relevanten Begründungen verknüpft und dokumentiert sein muss, damit die Nachvollziehbarkeit auch in Zukunft, beispielsweise für neue Mitarbeitende, gewährleistet ist. Es muss sichergestellt werden, dass alle erforderlichen Informationen und Begründungen für Entscheide auch in Zukunft mit der eingereichten Dokumentation für das Rahmenbewilligungsgesuch zur Verfügung stehen. Das ENSI beurteilt daher die Umsetzung der Auflage 6.2 (Schweizerischer Bundesrat 2013) bzgl. vernetzter Darstellung als nur teilweise erfüllt. Dieser Teil der Bundesratsauflage bleibt für das nächste Entsorgungsprogramm weiter bestehen.

Im Entsorgungsprogramm 2016 werden die aus heutiger Sicht sinnvollen Varianten für die Lagerauslegung zum Zeitpunkt des Rahmenbewilligungsgesuchs genannt. Aus Sicht des ENSI ist dieses Vorgehen sicherheitsgerichtet und es ermöglicht, die Entwicklung des Stands von Wissenschaft und Technik zu berücksichtigen. Beim Vergleich mit dem RD&D-Plan fällt auf, dass der Forschungsbedarf für die Varianten des Endlagerbehälters und für die Varianten verschiedener Bentonitmaterialien aufgezeigt werden, jedoch nicht für die im Rahmen der Nachforderung für Etappe 2 SGT aufgezeigte Variante Zementverfüllung für das HAA-Lager. Für diejenigen Alternativen der Lagerauslegung, welche für den Standortentscheid in Etappe 3 SGT sicherheitsrelevant sein können (z. B. Einfluss auf Platzbedarf, Einfluss auf standortspezifische bautechnische Umsetzung), muss jeweils ein ausreichender Kenntnisstand vorhanden sein, der den sicherheitstechnischen Vergleich erlaubt. Aus Sicht des ENSI ist die Umsetzung der Auflage 6.2 (Schweizerischer Bundesrat 2013) bzgl. Umgang mit verschiedenen Alternativen nur teilweise erfüllt und bleibt für das nächste Entsorgungsprogramm weiter bestehen.

Die vernetzte Darstellung einzelner Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten miteinander und mit den Meilensteinen und Entscheidungen bei der Realisierung eines geologischen Tiefenlagers ist bis zur nächsten Aktualisierung des Entsorgungsprogramms weiterzuentwickeln. Dabei sollen auch die gegenseitigen Wechselwirkungen von Parametern und Lagerelementen berücksichtigt werden. Getroffene Entscheide sollen zusammen mit deren Begründungen in einer Form dokumentiert werden, die langfristigen Bestand hat, damit sie auch künftig nachvollziehbar bleiben. Weiterhin soll für diejenigen Alternativen, welche für den Standortentscheid in Etappe 3 SGT relevant sein können, ein ausreichender Kenntnisstand vorhanden sein, der den sicherheitstechnischen Vergleich erlaubt und für die Sicherheit günstige Entscheide ermöglicht (A.7, Kapitel 8.2).

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

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 den Vorgaben des SGT.

Für wichtige Fragestellungen bzgl. Alternativen in der zukünftigen Entwicklung der Projekte und Möglichkeiten zur Optimierung der Anlagen werden durch die Entsorgungspflichtigen Entscheidungspunkte festgelegt. Dadurch können die Flexibilität bzgl. der zukünftigen Entwicklung der Lagerrealisierung und der Handlungsspielraum zur Optimierung der Anlage stufengerecht ausgenutzt werden (vgl. NTB 16-01, Tab. A.2-1). Mit den Rahmen-, Bau- und Betriebsbewilligungsgesuchen, dem Gesuch zum Verschluss des geologischen Tiefenlagers und mit dem Gesuch um Feststellung des ordnungsgemässen Verschlusses sind dem ENSI gemäss KEG entsprechende Sicherheitsnachweise 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, Kapitel 7).

In dieser Hinsicht gewährleistet der Realisierungsplan nach Einschätzung des ENSI den erforderlichen Handlungsspielraum und genügend Flexibilität, um relevante technische und wissenschaftliche Erkenntnisse insbesondere für den Bau, Betrieb und Verschluss der geologischen Tiefenlager zu berücksichtigen.

6 Zwischenlagerung

Angaben der Nagra

Die anfallenden radioaktiven Abfälle müssen zwischengelagert werden, bis die entsprechenden geologischen Tiefenlager annahmefähig sind. Die Zwischenlagerung der Betriebs-, Reaktor- und Stilllegungsabfälle der KKW erfolgt im ZZL oder ZWIBEZ. Die Lagerung von Abfällen aus dem MIF-Bereich erfolgt auf dem Gelände des PSI im Bundeszwischenlager (BZL) resp. in der zu dessen Erweiterung geplanten Anlage OSPA und unterliegt der Verantwortung des Bundes.

Aufgrund der vorgesehenen Inbetriebnahme des geologischen Tiefenlagers für SMA im Jahr 2050 müssten bei einem 50-jährigen Betrieb alle Abfälle der KKW im ZZL/ZWIBEZ zwischengelagert und von dort zu den geologischen Tiefenlagern transportiert werden. Bei einem 60-jährigen Betrieb der KKW wäre es prinzipiell möglich, die Stilllegungsabfälle von KKL direkt zum SMA-Lager zu transportieren. Für eine konservative Abschätzung der maximal benötigten Zwischenlagerkapazität wird jedoch angenommen, dass auch im Szenario 2b (siehe Kapitel 2) alle Abfälle zwischengelagert werden, bevor sie zu den geologischen Tiefenlagern transportiert werden. Damit wird dem denkbar konservativsten Abfallvolumen sowie einer allfälligen Verzögerung der Inbetriebnahme des SMA-Lagers Rechnung getragen.

Im Gegensatz zum EP08 werden die Kapazitäten der dezentralen Zwischenlager bei den KKW nicht mehr betrachtet. Die Zwischenlagerkapazität während des Betriebs der KKW ist in jedem Fall gegeben, da bei den Anlagen ZZL und ZWIBEZ zu jeder Zeit eine ausreichende Kapazität zur Verfügung steht. Im EP08 wurden vereinfachte Betrachtungen auf Basis der in die Zwischenlager eingebrachten Abfallvolumina im Vergleich mit den (theoretisch) verfügbaren Volumina der Lager vorgenommen. Im EP16 erfolgt dagegen eine detailliertere Betrachtung der Zwischenlagerkapazität; diese berücksichtigt die tatsächliche Zwischenlagerlogistik vor Ort (Einbringung von Gebinden in Lagercontainer, Randbedingungen für die Stapelhöhen, maximale Bodenbelastungen).

Die Anlagen für die Zwischenlagerung von abgebrannten Brennelementen und verglasten hochaktiven Abfällen in ZZL und ZWIBEZ werden im EP16 bezüglich Kapazität als Einheit betrachtet. Ohne Optimierung ist hinsichtlich derer Belegung im Szenario 2b von einem Belegungsgrad von max. 104 % auszugehen. Wird hingegen die Anzahl der Stellplätze durch eine verbesserte Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Lagerbereichs optimiert führt dies zu einem Belegungsgrad von 88 %.

Im EP16 wird gezeigt, dass auch für das Szenario 2b und bei einer allfälligen Verzögerung der Inbetriebnahme des SMA-Lagers genügende Zwischenlagerkapazität in den bestehenden Zwischenlagern vorhanden ist. Falls sich die Inbetriebnahme der geologischen Tiefenlager verzögern sollte, können die Zwischenlager auch länger betrieben werden.

Für die Abfälle des Bundes stehen mit dem BZL und OSPA zwei Lager zur Verfügung. Für die Betrachtung der Zwischenlagerkapazität im MIF-Bereich wird im EP16 berücksichtigt, dass,

- die Produktion von MIF-Abfällen für die geologische Tiefenlagerung zwar bis ins Jahr 2065 läuft, diese jedoch ab 2050 ohne Belegung der Zwischenlager (BZL, OSPA) direkt ins Tiefenlager gebracht werden können;
- die Stilllegung der Anlagen des PSI-West ab 2050 geplant werden kann, was ebenfalls zu keiner Belegung der Zwischenlager (BZL, OSPA) führt.

Mit diesen Annahmen ergibt sich eine Auslastung der Lager BZL und OSPA von ca. 97 %. Das CERN stellt hinsichtlich der Angaben zur verfügbaren Zwischenlagerkapazität einen Sonderfall dar. Es verfügt über eine eigene Zwischenlagerkapazität, welche aufgrund des internationalen Status des CERN nicht im Entsorgungsprogramm auszuweisen ist.

Bei der absehbaren Revision der Strahlenschutzverordnung mit revidierten nuklidspezifischen Freigrenzen fällt zusätzliches radioaktives Material an, das nach geltender StSV freimessbar wäre und konventionell entsorgt werden könnte. Dieses Material ist sehr schwachaktiv und kann nach einer «Abklingzeit» freigemessen

werden und eine grosse Teilmenge davon dem Wertstoffkreislauf zugeführt werden; der Rest kann konventionell entsorgt werden. Dazu sind «Abklinglager» nötig, wo das Material bis zu seiner konventionellen Freigabe aufbewahrt wird.

Von den schweizerischen Abfallproduzenten wurde eine Studie erstellt, die sich mit dem internationalen Stand der Technik und laufenden Forschungsprogrammen zur Brennelement-Integrität nach Langzeitlagerung und Transport beschäftigt. Die wichtigsten Folgerungen sind, dass die Integrität der Hüllrohre während der Trockenlagerung grundsätzlich gewährleistet ist, da z. B. wegen der Inertatmosphäre keine signifikanten Korrosionsprozesse erwartet werden und Sekundärschäden durch Hydrid-Reorientierung ohne Primärschäden ausgeschlossen werden können. Selbst wenn einzelne Hüllrohre beschädigt wären, sollte dies die Integrität und die Handhabbarkeit des gesamten Brennelements nicht in Frage stellen.

Unabhängig von dieser Studie hat die Nagra ein eigenes experimentelles Programm initiiert, an welchem auch internationale Experten (EU, Deutschland, USA) beteiligt sind (NTB 16-01). In diesem experimentellen Programm werden reale (hoch-) abgebrannte Brennstäbe auf ihre Integrität unter verschiedenen Belastungen geprüft. Im Programm der Nagra wird zudem untersucht, wie allfällige, bei Beschädigungen des Brennstoffs entstandene Bruchstücke (Debris), aus einem Transportlagerbehälter entfernt werden können. Letztlich wird die Dekontamination der entladenen Transportlagerbehälter sowie deren Freigabe und Wiederverwertung (z. T. nur bei Teilkomponenten) nach entsprechender Abklinglagerung untersucht.

Für ihre Einlagerung in die geologischen Tiefenlager werden die Abfälle aus den Zwischenlagern ausgelagert und in geeigneten Transportbehältern zu den geologischen Tiefenlagern transportiert. Für die abgebrannten BE und die HAA besteht die Absicht, dazu die bestehenden Transport- und Lagerbehälter (TLB) zu verwenden. Dies verlangt jedoch, dass die Behälter neu lizenziert werden; andernfalls müssen die abgebrannten BE und HAA für den Transport in geeignete und lizenzierte Transportbehälter umgeladen werden. Die TLB werden nach ihrer Verwendung verwertet; falls dies nicht vollständig möglich ist, werden die entsprechenden Teile als radioaktiver Abfall entsorgt. 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

Die Angaben der Nagra bezüglich der Kapazitäten der Zwischenlager sind nachvollziehbar. Das ENSI begrüsst die Berücksichtigung im EP16 der Zwischenlagerlogistik (Einbringung von Gebinden in Lagercontainer, Randbedingungen für die Stapelhöhen, maximale Bodenbelastungen) für die Berechnung der Zwischenlagerkapazität.

Das ENSI stimmt der Aussage im EP16 zu, dass für die bestehenden KKW und für die bis 2050 erwarteten Abfälle aus dem MIF-Bereich (mit Ausnahme des CERN) genügende Zwischenlagerkapazität zur Verfügung gestellt werden kann. Die Betriebszeiten der bestehenden Zwischenlager sind grundsätzlich flexibel und können mit administrativen und technischen Massnahmen angepasst werden.

In den Anlagen für die Zwischenlagerung von abgebrannten Brennelementen und verglasten hochaktiven Abfällen in ZZL und ZWIBEZ stehen gemäss dem vom ENSI akzeptierten Stellplatzkonzept 200 bzw. 48 Plätze zur Verfügung.

Um die Anzahl der Stellplätze für die Zwischenlagerung abgebrannter Brennelemente und verglaster hochaktiver Abfälle zu erhöhen, sind von den Entsorgungspflichtigen mit dem EP21 neue Konzepte zu erstellen und dem ENSI zur Prüfung einzureichen. Dabei sind insbesondere die thermischen Belastungen der betroffenen Gebäudeteile zu ermitteln. Bei der Erstellung des jeweiligen Stellplatzkonzeptes soll berücksichtigt werden, dass die einzelnen Behälter für Inspektionen und allfällige Instandhaltungsarbeiten kurzfristig zugänglich sein sollen (A.8, Kapitel 8.2).

Die für die KKW gewählte Methode der konservativen Abschätzung der maximal benötigten Zwischenlagerkapazität wird im MIF-Bereich jedoch nicht übernommen. Insbesondere ist für die Stilllegungsabfälle der Anlagen des PSI-West eine direkte Anlieferung an das geologische Tiefenlager vorgesehen und keinerlei Zwischenlagerkapazität eingeplant. Bei einer allfälligen Verzögerung der Inbetriebnahme des SMA-Lagers sind

aus Sicht des ENSI neue Kapazitätsreserven für die Zwischenlagerung von MIF-Abfällen (Produktion ab 2050) und für die Stilllegung der Anlagen des PSI-West zu planen.

Das ENSI ist mit der Aussage im EP16 über die Verfügbarkeit einer Zwischenlagerkapazität im CERN nicht einverstanden. Vielmehr wurde der Anteil der CERN-Abfälle, welcher auf Basis des Drei-Parteien-Abkommens zur Abfallbewirtschaftung des CERN der Schweiz zugeteilt wird, vom BAG offiziell beim PSI, der Sammelstelle des Bundes, zur Ablieferung angemeldet. Im EP16 werden die neuen nuklidspezifischen Freigrenzen nach Inkrafttreten der revidierten StSV in 2018 und die Abklinglagerung von sehr schwachaktiven Materialien berücksichtigt. Das Material soll bis zur seiner konventionellen Freigabe in einem Abklinglager aufbewahrt werden.

Im Rahmen des nächsten Entsorgungsprogramms sind von den zuständigen Bundesstellen ausreichende Kapazitäten für die Zwischenlagerung der CERN-Abfälle einschliesslich von Kapazitätsreserven für die Abklinglagerung von sehr schwachaktiven Materialien auszuweisen (A.9, Kapitel 8.2).

Ebenso sind vor jeder Aktualisierung des Entsorgungsprogramms die Anlagenplanungen der nennenswerten MIF-Abfallproduzenten dahingehend abzufragen, ob sich Änderungen in den Abfallprognosen ergeben haben (vgl. auch Kapitel 2).

Die Auflage 6.1 aus der Verfügung des Bundesrats zum Entsorgungsprogramm 2008 (Schweizerischer Bundesrat 2013) zur Langzeitstabilität von abgebrannten Brennelementen wurde erfüllt. Das ENSI begrüsst das Untersuchungsprogramm der Nagra um die Ergebnisse der Studie zum internationalen Stand der Technik und zu laufenden Forschungsprogrammen zur Brennelement-Integrität zu bestätigen und bezüglich spezieller Schweizer Brennelement-Eigenschaften zu vervollständigen und zu präzisieren. Der vom ENSI in der Aktennotiz ENSI AN-9765 dokumentierte weitere Handlungs- und Forschungsbedarf hinsichtlich Brennelement-Alterung und Trockenlagerung ist in den zukünftigen RD&D-Plänen zu berücksichtigen. Dazu hat das ENSI einen Auflagenantrag formuliert:

Das ENSI hat Handlungs- und Forschungsbedarf hinsichtlich Brennelement-Alterung und Trockenlagerung in der Aktennotiz ENSI AN-9765 festgehalten. Ergänzend zu den von der Nagra vorgesehenen Arbeiten (NTB 16-02, Kapitel 7.3.4), sind die in der Aktennotiz zusätzlich genannten Forschungsaktivitäten hinsichtlich Brennelement-Alterung und Trockenlagerung in den zukünftigen RD&D-Plänen zu berücksichtigen (A.10, Kapitel 8.2).

7 RD&D-Plan

Die Nagra hat gemäss Auflage 6.1 aus der Verfügung des Bundesrats zusammen mit dem Entsorgungsprogramm einen Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrations-Plan (RD&D-Plan, NTB 16-02) eingereicht. Im RD&D-Plan sind Zweck, Umfang, Art und zeitliche Abfolge der zukünftigen RD&D-Aktivitäten dokumentiert. Zu den einzelnen Themenbereichen sind die jeweiligen Ziele dargestellt, der bestehende Stand von Wissenschaft und Technik, der Fortschritt seit dem letzten Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsplan 2009 (NTB 09-06) und die geplanten Aktivitäten für die nächsten 5 bis 10 Jahre kurz zusammengefasst. Über diesen Zeitraum hinaus beschreibt die Nagra die RD&D-Aktivitäten allgemeiner.

7.1 Beurteilungsschwerpunkte des ENSI

Das ENSI hat sich bei der Beurteilung des RD&D-Plans 2016 der Nagra an folgenden Aspekten orientiert:

Aktueller Stand von Wissenschaft und Technik

Das ENSI hat geprüft, ob aus seiner Sicht der aktuelle Stand von Wissenschaft und Technik auf den Forschungsgebieten von der Nagra korrekt eingeschätzt wird, oder ob relevante Aspekte des Forschungsgebietes nicht berücksichtigt wurden.

Fortschritte im Vergleich zum RD&D-Plan von 2009

Die Nagra hat im RD&D-Plan 2009 Forschungsziele definiert. Das ENSI verfolgt, inwieweit diese Ziele stufengerecht erreicht wurden oder sie allenfalls weiterbestehen.

Ziele der nächsten 5–10 Jahre und Bearbeitungszeiten für diese Ziele

Das ENSI hat geprüft, ob die auf den jeweiligen Forschungsgebieten für die kommenden 5–10 Jahre gesteckten Ziele sinnvoll und realistisch erreichbar sind, um eine fristgemässe Realisierung des geologischen Tiefenlagers zu ermöglichen. Hierbei wurde auch die zeitliche Verknüpfung der Forschungsaktivitäten mit dem Realisierungsplan des Entsorgungsprogramms berücksichtigt. Das ENSI hat geprüft, ob sich aus seiner Sicht zum jetzigen Zeitpunkt wichtiger Forschungsbedarf abzeichnet, den die Nagra aktuell nicht abzudecken plant.

Berücksichtigung von Auflagen

Das ENSI hat geprüft, inwieweit die Auflagen aus der Verfügung des Bundesrats zum Entsorgungsprogramm 2008 (Schweizerischer Bundesrat 2013) mit den eingereichten Dokumenten (Entsorgungsprogramm sowie RD&D-Plan 2016) erfüllt wurden und welche Auflagen allenfalls für künftige Aktualisierungen weiter bestehen bleiben. Falls notwendig, stellt das ENSI neue Forderungen für die künftigen Aktualisierungen der oben genannten Dokumente.

7.2 Beurteilung des ENSI

Das ENSI kommt zu dem Ergebnis, dass die im NTB 16-02 dargestellten Massnahmen des RD&D-Plans die Beurteilungskriterien nach Kapitel 7.1 erfüllen und somit die Auflage 6.5 aus der Verfügung des Bundesrats zum Entsorgungsprogramm 2008 (Schweizerischer Bundesrat 2013) berücksichtigt wurde. Aspekte, deren sicherheitstechnische Relevanz von geringerer Bedeutung ist und die im Rahmen der laufenden Aufsichtstätigkeit behandelt werden, sind in einer separaten Aktennotiz (ENSI 33/593) aufgeführt. Aspekte, die für das Rahmenbewilligungsgesuch der Nagra in Etappe 3 des Sachplanverfahrens von Relevanz sind, wird das ENSI bei der Erstellung der Anforderungen an Etappe 3 oder im Rahmen der Neuausgabe der Richtlinie ENSI-G03 entsprechend berücksichtigen. Diese Aspekte sind ebenfalls in ENSI 33/593 dokumentiert.

In künftigen RD&D-Plänen sind zu jedem Forschungsgebiet die Ergebnisse der Forschungsprojekte und Experimente aufzuzeigen, die in der vorherigen Version des RD&D-Plans zu diesem Forschungsgebiet aufgeführt wurden. Dies auch, falls ein Experiment nicht erfolgreich war oder abgebrochen wurde (A.11, Kapitel 8.2).

7.3 Relevante Aspekte für die Beurteilung der Erfüllung der bundesrätlichen Auflagen

Im Folgenden werden diejenigen Teilaspekte der Auflagen aus der Verfügung des Bundesrats zum Entsorgungsprogramm 2008 (Schweizerischer Bundesrat 2013) beurteilt, welche ausschliesslich den RD&D-Plan betreffen.

Auflage 6.1

Die Nagra hat gemäss dieser Auflage zusammen mit dem Entsorgungsprogramm einen Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrations-Plan (RD&D-Plan, NTB 16-02) eingereicht. Der Teil der Auflage 6.1, welcher das Einreichen eines Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrations-Plans (RD&D-Plan) zusammen mit dem Entsorgungsprogramm gefordert hat, wurde erfüllt. Er bleibt jedoch, aufgrund des periodischen Charakters der Auflage, auch für künftige Aktualisierungen des Entsorgungsprogramms bestehen.

Das ENSI hat geprüft, wie der Prozess der Identifikation und Priorisierung von Forschungsbedarf bei der Nagra abgewickelt wird. Im bestehenden RD&D-Plan sind vor allem die Forschungsziele und zu bearbeitenden Themen dargelegt. Spezifische offene Fragen sind nicht aufgelistet. Für zukünftige Entsorgungsprogramme und RD&D-Pläne fordert das ENSI eine Auflistung der aus Sicht der Nagra wichtigen offenen Fragen, zusammen mit Angaben darüber, mit welchen Mitteln und innert welcher Frist die Nagra deren Beantwortung anzugehen vorsieht. Der Teil der Auflage 6.1, welcher die Dokumentation des Umgangs mit bestehenden offenen Fragen verlangt, wurde nicht erfüllt. Zu diesem Teil der Auflage wurde ein entsprechender Auflagenantrag (A.6, Kapitel 8.2) formuliert.

Die Nagra hat die Arbeiten zur Untersuchung der Langzeitstabilität von abgebrannten Brennelementen während der Zwischenlagerung, den Stand von Wissenschaft und Technik bezüglich Langzeitverhalten der Brennelement-Hüllrohre und die sich daraus ergebenden Konsequenzen im NTB 16-02 (Kapitel 7.3.4) und dem dazugehörigen Bericht (Axpo 2015) beschrieben. Der Teil der Auflage 6.1, welcher verlangt, den Stand von Wissenschaft und Technik bezüglich Langzeitverhalten der Brennelement-Hüllrohre und die sich daraus ergebenden Konsequenzen auszuweisen, wurde damit erfüllt. Dieses Thema beinhaltet langfristige Forschungsaktivitäten über die nächsten 5 Jahre hinaus. Das ENSI hat weiteren Handlungs- und Forschungsbedarf hinsichtlich Brennelement-Alterung und Trockenlagerung in der Aktennotiz ENSI AN-9765 festgehalten und dazu einen Auflagenantrag formuliert (A.10, Kapitel 8.2, siehe auch Kapitel 6).

Aus Sicht des ENSI ist der Teil der Bundesratsauflage 6.1, das Thema «Verständnis der geologisch-tektonischen Entwicklung des Hegau-Bodensee-Grabens» in den RD&D-Plan 2016 zu integrieren, erfüllt. Die im NTB 16-02 zitierten Arbeiten zeigen, dass die Nagra zwar bis heute keine umfangreichen Arbeiten zum Verständnis der geologisch-tektonischen Entwicklung des Hegau-Bodensee-Grabens initiiert hat, aber die Literatur dazu aufbereitet wurde und sowohl die Bohrung Schlattingen als auch die seismischen Daten dazu verwendet worden sind, bezüglich Hegau-Bodensee-Graben entsprechende Informationen zusammenzustellen. Die im RD&D-Plan 2016 getroffenen Aussagen für zukünftige Aktivitäten zum Hegau-Bodensee-Graben sind wenig spezifisch, aber zeigen, dass die Nagra diese berücksichtigen wird. Die Aussagen zu numerischen geodynamischen Modellierungen sind ein konkreter und sinnvoller Schritt zum weiteren Verständnis der Grabenentwicklung über die Zeit.

Der Teilaspekt «die Rolle der Zementminerale bei der Spezierung und Stabilisierung von Fe(II) und Fe(III)» wird im RD&D-Plan 2016 nur bezüglich Fe(III) dargestellt. Die Aufnahme von Fe(II) in Zementmineralien wird seit Herbst 2016 im Rahmen einer Dissertation am PSI und des Arbeitsprogramms des PSI behandelt. Aus Sicht des ENSI ist der Teil der Bundesratsauflage 6.1, das Thema «die Rolle der Zementminerale bei der

Speziierung und Stabilisierung von Fe(II) und Fe(III)» erfüllt, da zu diesem Thema konkrete Experimente durchgeführt werden. Das ENSI empfiehlt das Thema im nächsten RD&D-Plan vollständig zu behandeln, da das Thema auch in Etappe 3 SGT weiterhin von Bedeutung ist. Das ENSI hat in seinem Gutachten für Etappe 2 SGT festgehalten, dass der Einfluss von Eisen und der Eisenkorrosionsprodukte auf die Prozesse im Zementnahfeld (z. B. Zementstabilität, Sorption, Porositätsänderungen und deren Einfluss auf die Gastransportfähigkeit sowie mikrobielle Aktivität) für Etappe 3 SGT vertieft zu untersuchen ist, insbesondere weil nicht nur in der Abfallgruppe 2 sondern auch in der Abfallgruppe 1 eisenreiche Abfallsorten enthalten sind (ENSI 33/540).

8 Zusammenfassende Bewertung und Empfehlungen

Zusammenfassende Bewertung

Das ENSI kommt mit seiner Prüfung zu dem Schluss, dass die Nagra mit dem Einreichen des Entsorgungsprogramms und des RD&D-Plans den gesetzlichen Auftrag gemäss Art. 32 KEG und Art. 52 KEV, bezogen auf die vom ENSI zu prüfenden Aspekte, erfüllt hat.

Im Rahmen der Prüfung wurden alle Auflagen zum Entsorgungsprogramm 2008 (Schweizerischer Bundesrat 2013) hinsichtlich ihrer Erfüllung bewertet (siehe Kapitel 8.1). Das ENSI hat auf Basis der jetzt geprüften Unterlagen für die zukünftigen Entsorgungsprogramme weitere Auflagenanträge formuliert (siehe Kapitel 8.2). Aspekte, deren sicherheitstechnische Relevanz von geringerer Bedeutung ist und die im Rahmen der laufenden Aufsichtstätigkeit behandelt werden, sind in einer separaten Aktennotiz (ENSI 33/593) aufgeführt.

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

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

Das ENSI kommt in seiner Prüfung und Beurteilung zum Schluss, dass die Entsorgungspflichtigen die gesetzlichen und behördlichen Vorgaben (KEG, KEV, SGT, Richtlinie ENSI-G03) im vorgeschlagenen Realisierungsplan korrekt berücksichtigt haben. Der Realisierungsplan bildet die aufeinanderfolgenden nuklearen Bewilligungsverfahren korrekt und transparent ab; dies gilt auch für das Verfahren zur Standortwahl (BFE 2011). Zu einigen Aspekten gibt es weiterbestehende Auflagen (Kap. 8.1) und neue Auflagenanträge (AV, Kapitel 8.2).

Geben das Entsorgungsprogramm und der RD&D-Plan Aufschluss über die zurzeit wichtigen offenen Fragen für die Realisierung von geologischen Tiefenlagern?

Das ENSI hat geprüft, wie der Prozess der Identifikation und Priorisierung von Forschungsbedarf bei der Nagra abgewickelt wird. Im bestehenden RD&D-Plan sind vor allem Forschungsziele und -themen dargelegt; spezifische offene Fragen werden nicht aufgelistet. Das ENSI hat diesbezüglich eine neue Auflage vorgeschlagen (A.6 in Kapitel 8.2).

Geben das Entsorgungsprogramm und der RD&D-Plan Aufschluss darüber, wie die Beantwortung dieser offenen Fragen angegangen wird und welche Fragen voraussichtlich bis zur Einreichung des nächsten Entsorgungsprogramms vertieft untersucht werden?

Im aktuellen RD&D-Plan erläutert die Nagra die geplanten RD&D-Aktivitäten für die nächsten 5 bis 10 Jahre, also bis zur geplanten Einreichung des Rahmenbewilligungsgesuchs, im Detail. Aktivitäten für den weiter in der Zukunft liegenden Zeitraum werden allgemeiner beschrieben. Das ENSI weist darauf hin, dass RD&D-Aktivitäten, welche bis zum Einreichen des Rahmenbewilligungsgesuchs abgeschlossen sein müssen, bereits in den kommenden 5 bis etwa 8 Jahren beendet werden müssen, um zu gewährleisten, dass die Ergebnisse noch auf Stufe Rahmenbewilligungsgesuch berücksichtigt werden können. Das ENSI hat diesbezügliche Empfehlungen in seiner Aktennotiz ENSI 33/593 festgehalten und konkrete Anforderungen spezifiziert.

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

Das ENSI hat geprüft, ob der von der Nagra für die geplanten RD&D-Aktivitäten veranschlagte Zeitrahmen realistisch ist und die Forschungsziele sinnvoll gewählt sind, um eine fristgemässe Realisierung der geologischen Tiefenlager zu ermöglichen. Wo erforderlich, hat das ENSI spezifische Auflagenanträge bzw. Empfehlungen formuliert (Kapitel 8.2 sowie ENSI 33/593).

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

Die von der Nagra in den Lagerkonzepten pro Lagertyp vorgesehenen Systeme gestaffelter, passiv wirkender technischer und natürlicher Barrieren (Mehrfachbarrierensystem gemäss Art. 11, Abs. 2, Bst. b KEV) beurteilt

das ENSI als geeignet, um den gesetzlich 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 behördlichen Vorgaben (ENSI-G03). Im Rahmen der Detailprüfung in Etappe 2 SGT wurden die Lagerkonzepte der Nagra geprüft. Die Ausführungen der Nagra sind nachvollziehbar und mehrheitlich plausibel.

Das ENSI ist mit den Aussagen der Nagra im NTB 16-01 bezüglich Lagerauslegung einverstanden. Mit fortschreitender Konkretisierung der Projekte für die geologischen Tiefenlager im Rahmen des Sachplanverfahrens und der weiteren Bewilligungsverfahren gemäss KEG müssen die Lagerauslegung stufengerecht verfeinert und an die lokalen Bedingungen angepasst sowie die Eignung der verschiedenen Varianten geprüft werden. Die abschliessende Auslegung der Lager (Anordnung der untertägigen Lagerkammern, Ausgestaltung der technischen Barrieren) ist auf die detaillierten Befunde der erdwissenschaftlichen Untersuchungen untertag (EUU), die Resultate aus den künftigen RD&D-Plänen und die Erfahrungen aus ausländischen Programmen abzustimmen. Bis Baubeginn sind auf dem Gebiet der Technik allgemein (Robotik, Steuerungen etc.) noch erhebliche Entwicklungen zu erwarten, die unter Berücksichtigung von Erfahrungen aus ausländischen Programmen in die definitive Auslegung der Lagertechnologie einfliessen können. Das ENSI unterstützt die grundsätzliche Vorgehensweise der Nagra, einen genügend grossen Handlungsspielraum zur Optimierung der vorhandenen Lagerauslegungsprojekte und der Technologie für Bau, Betrieb und Verschluss der geologischen Tiefenlager sowie zur Entwicklung der Technik für die Rückholbarkeit der Abfälle bis zum nuklearen Baugesuch aufrecht zu erhalten. Damit können neue Informationen, zukünftige Erkenntnisse und technologische Entwicklungen zur Erhöhung der Sicherheit berücksichtigt werden.

Wurden Empfehlungen und Auflagen berücksichtigt und stufengerecht umgesetzt?

Diese Frage wird im folgenden Unterkapitel 8.1 diskutiert. Die Empfehlungen wurden mehrheitlich umgesetzt. Hinsichtlich der Dokumentation des Umgangs mit offenen Fragen besteht aus Sicht des ENSI noch Verbesserungsbedarf. Dies gilt auch für die Berücksichtigung von Alternativen (Auflage 6.2).

8.1 Erfüllung der Auflagen des Bundesrats

In diesem Unterkapitel werden die Berücksichtigung und Erfüllung der Auflagen aus der Verfügung des Bundesrats zum Entsorgungsprogramm 2008 (Schweizerischer Bundesrat 2013) beurteilt.

Auflage 5.1 (erfüllt: Kapitel 5)

Auflagentext

Baugesuch geologisches Tiefenlager: Die Nagra hat bei der Aktualisierung des Entsorgungsprogramms zu erläutern, wie die Ergebnisse der Felslaboruntersuchungen im nuklearen Baugesuch zeitlich berücksichtigt werden können.

Beurteilung des ENSI

Der Zeitbedarf für die Durchführung und Auswertung der Experimente sowie die Erstellung der Unterlagen für das Baubewilligungsgesuch hat sich für das SMA-Lager von einem Jahr (EP08) auf fünf Jahre (EP16) verlängert. Aus Sicht des ENSI sind diese Angaben plausibel und stufengerecht für das Entsorgungsprogramm 2016. Damit erachtet das ENSI die Bundesratsauflage 5.1 als erfüllt.

Auflage 5.2 (erfüllt: Kapitel 5)

Auflagentext

Felslabor SMA: Die Planung für das untertägige Felslabor des SMA-Lagers und die dort geplanten Experimente sind zu konkretisieren und darzulegen.

Beurteilung des ENSI

Aus Sicht des ENSI sind die Angaben der Nagra zu den geplanten Experimenten im Rahmen der EEU plausibel und stufengerecht für das Entsorgungsprogramm 2016. Damit hat die Nagra die Bundesratsaufgabe 5.2 erfüllt. Das ENSI weist darauf hin, dass Langzeitversuche zum Verhalten von SMA-Abfällen frühzeitig im Rahmen von Felslabor-Experimenten (z. B. Mont Terri) durchgeführt werden sollten.

Auflage 6.1 (teilerfüllt: Kapitel 5, 6 und 7)

Auflagentext

Forschungsprogramm: Die Nagra hat zusammen mit dem Entsorgungsprogramm einen Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrations-Plan (RD&D-Plan) einzureichen. Darin sind Zweck, Umfang, Art und zeitliche Abfolge der zukünftigen RD&D-Aktivitäten sowie der Umgang mit bestehenden offenen Fragen zu dokumentieren. Es sind zusätzlich die Arbeiten zur Untersuchung der Langzeitstabilität von abgebrannten Brennelementen während der Zwischenlagerung, der Stand von Wissenschaft und Technik bezüglich Langzeitverhalten der Brennelement-Hüllrohre und die sich daraus ergebenden Konsequenzen auszuweisen. In den RD&D-Plan 2016 sind das Verständnis der geologisch-tektonischen Entwicklung des Hegau-Bodensee-Grabens und die Rolle der Zementminerale bei der Speziierung und Stabilisierung von Fe(II) und Fe(III) zu integrieren.

Beurteilung des ENSI

Der Teil der Auflage 6.1, welcher das Einreichen eines Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrations-Plans (RD&D-Plan) zusammen mit dem Entsorgungsprogramm gefordert hat, wurde erfüllt, bleibt jedoch, aufgrund des periodischen Charakters, auch für künftige Aktualisierungen des Entsorgungsprogramms bestehen.

Der Teil der bundesrätlichen Auflage 6.1, welcher die Dokumentation des Umgangs mit bestehenden offenen Fragen verlangt, wurde nicht erfüllt. Zu diesem Teil der Auflage wurde ein entsprechender Auflagenantrag (A.6, Kapitel 8.2) formuliert.

Der Teil der bundesrätlichen Auflage 6.1, welcher verlangt, den Stand von Wissenschaft und Technik bezüglich Langzeitverhalten der Brennelement-Hüllrohre und die sich daraus ergebenden Konsequenzen auszuweisen, wurde erfüllt. Die Nagra hat diesbezügliche Arbeiten beschrieben. Das ENSI hat Handlungs- und Forschungsbedarf hinsichtlich Brennelement-Alterung und Trockenlagerung in der Aktennotiz ENSI AN-9765 festgehalten und diesbezüglich einen Auflagenantrag formuliert (A.10, Kapitel 8.2 und Kapitel 6).

Aus Sicht des ENSI ist der Teil der Bundesratsaufgabe, der verlangt, das «Verständnis der geologisch-tektonischen Entwicklung des Hegau-Bodensee-Grabens» in den RD&D-Plan zu integrieren, erfüllt (siehe Kapitel 7.3).

Aus Sicht des ENSI ist der Teil der Bundesratsaufgabe, der verlangt, die Rolle der Zementminerale bei der Speziierung und Stabilisierung von Fe(II) und Fe(III) zu untersuchen, erfüllt, da entsprechende Experimente durchgeführt werden. Das ENSI empfiehlt, das Thema im nächsten RD&D-Plan vollständig zu behandeln, da das Thema auch in Etappe 3 weiterhin relevant ist (siehe Kapitel 7.3).

Auflage 6.2 (teilerfüllt: Kapitel 5)

Auflagentext

Gesamtsystem Tiefenlager: In den zukünftigen Entsorgungsprogrammen ist darzulegen, wie das Gesamtsystem «geologisches Tiefenlager» technisch und zeitlich umgesetzt werden soll und wie dabei die einzelnen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten miteinander und mit den Meilensteinen und Entscheidungen bei der Realisierung eines geologischen Tiefenlagers vernetzt sind. Hinsichtlich der Entscheidungen hat die Nagra aufzuzeigen, wann sie warum welche Forschungsvorhaben und Entwicklungen in Angriff nimmt und wo sie wann welche Schwerpunkte setzt. Für sicherheitsrelevante Entscheidungen sind verschiedene Alternativen zu betrachten und ein insgesamt für die Sicherheit günstiges Vorhaben zu wählen.

Beurteilung des ENSI

Die Entsorgungspflichtigen haben gemäss Bundesratsaufgabe 6.2 den zeitlichen Rahmen für die Realisierung des Gesamtsystems der geologischen Tiefenlager im NTB 16-01 anhand der Planung der Arbeiten im Sachplanverfahren und der Bewilligungsschritte gemäss KEG/KEV dargestellt. Ebenfalls wurde im Rahmen der Kostenstudie 2016 eine mögliche technische Umsetzung des Gesamtsystems dokumentiert (Nagra 2016a; Nagra 2016b). Die diesbezüglichen Teile der bundesrätlichen Auflage 6.2 sind erfüllt, bleiben jedoch, aufgrund ihres periodischen Charakters, auch für künftige Aktualisierungen des Entsorgungsprogramms bestehen.

Eine verknüpfte Darstellung einzelner Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten miteinander und mit den Meilensteinen und Entscheidungen bei der Realisierung eines geologischen Tiefenlagers befindet sich aus Sicht des ENSI noch im Aufbau (vgl. Kapitel 5). Diese sollte auch die gegenseitigen Wechselwirkungen von Parametern und Lagerelementen beinhalten sowie die daraus resultierenden Konsequenzen. Auch sollten Entscheide gemeinsam mit deren Begründungen langfristig dokumentiert werden, damit sie auch künftig nachvollziehbar bleiben. Weiterhin fordert das ENSI, dass für diejenigen Alternativen, welche für den Standortentscheid in Etappe 3 SGT relevant sein können (z. B. Einfluss auf Platzbedarf, Einfluss auf standortspezifische bautechnische Umsetzung), ein ausreichender Kenntnisstand vorhanden ist, der den sicherheitstechnischen Vergleich erlaubt und für die Sicherheit günstige Entscheide ermöglicht (vgl. Kapitel 5). Aus Sicht des ENSI ist die Umsetzung der Bundesratsaufgabe 6.2 bezüglich vernetzter Darstellung und Umgang mit verschiedenen Alternativen nur teilweise erfüllt. Zu diesem Teil der Auflage wurde ein entsprechender Auflagenantrag (A.7, Kapitel 8.2) formuliert.

Auflage 6.3 (erfüllt: Kapitel 2)

Auflagentext

Abfallmengen: Die Entsorgungspflichtigen müssen auch im Rahmen der zukünftigen Entsorgungsprogramme darlegen, welche Abfallmengen aktuell erwartet werden und dass diese abdeckend sind. Die Nagra hat ferner aufzuzeigen, welche Methodik zur Prognose verwendet wurde, welche Unterschiede sich zu früheren Prognosen ergeben haben und wie diese Unterschiede zu begründen und zu bewerten sind.

Beurteilung des ENSI

Das ENSI kommt zu dem Schluss, dass die Nagra die bundesrätliche Auflage 6.3 im Rahmen des Entsorgungsprogramms 2016 berücksichtigt hat. Die Auflage bleibt jedoch, aufgrund ihres periodischen Charakters, auch für künftige Aktualisierungen des Entsorgungsprogramms bestehen.

Auflage 6.4 (die vom ENSI zu prüfenden Aspekte sind erfüllt: Kapitel 5 und 7)

Auflagentext

Realisierungsplan: In zukünftigen Entsorgungsprogrammen ist darzulegen, wie die Langzeitarchivierung der Informationen zu geologischen Tiefenlagern vorbereitet wird. Für das Baubewilligungsgesuch werden in der Kernenergiegesetzgebung und durch die Richtlinie ENSI-G03 ein Projekt für die Beobachtungsphase, ein Plan für den Verschluss der Anlage sowie Konzepte für die Rückholung, die Markierung und den temporären Verschluss in Krisenzeiten gefordert. Die vorbereitenden Arbeiten dazu sind ebenfalls in zukünftigen Entsorgungsprogrammen darzulegen.

Beurteilung des ENSI

Die vorbereitenden Arbeiten zur Langzeitarchivierung der Information und der Markierung werden – soweit sie ausserhalb der Vorgaben der Richtlinie ENSI-G03 liegen – nicht vom ENSI beurteilt, sondern vom BFE. Die Beurteilung diesbezüglich wird in der Stellungnahme des BFE festgehalten. Die Entsorgungspflichtigen haben im Realisierungsplan dargelegt, wann sie welche Unterlagen zu den Themen Beobachtungsphase, Verschluss

des Lagers, Rückholung ohne grossen Aufwand und temporärer Verschluss in Krisenzeiten einreichen werden. Im RD&D-Plan wird aufgezeigt, wann die Nagra diese Arbeiten in Angriff nehmen möchte. Die Angaben sind kompatibel mit den behördlichen Vorgaben. Aus Sicht des ENSI ist daher die Bundesratsaufgabe zum Realisierungsplan erfüllt. Sie bleibt jedoch, aufgrund ihres periodischen Charakters, auch für künftige Aktualisierungen des Entsorgungsprogramms bestehen. Die vorbereitenden Arbeiten zu diesen Themen sind in zukünftigen Entsorgungsprogrammen bzw. RD&D-Plänen stufengerecht zu konkretisieren.

Auflage 6.5 (erfüllt: Kapitel 7)

Auflagentext

Berücksichtigung von Erfahrungen und des Standes von Wissenschaft und Technik: Die Nagra hat in den nächsten Entsorgungsprogrammen aufzuzeigen, dass sie nach aktueller Erfahrung und dem Stand von Wissenschaft und Technik alle notwendigen Vorkehrungen getroffen hat, damit die gesetzlich festgelegten Schutzziele beim Bau, beim Betrieb und nach dem Verschluss eines geologischen Tiefenlagers erreicht werden. Im Hinblick auf einen zusätzlichen Gewinn für die Sicherheit sind angemessene Optimierungsmassnahmen aufzuzeigen und zu prüfen. Die Angemessenheit ist dabei im Gesamtzusammenhang zu bewerten (d. h. unter anderem bezüglich Betriebssicherheit, Langzeitsicherheit, Transportsicherheit, Personendosen, Anfall neuer Abfälle, etc.).

Beurteilung des ENSI

Das ENSI kommt zu dem Ergebnis, dass die im NTB 16-02 dargestellten Massnahmen des RD&D-Plans die Beurteilungskriterien nach Kapitel 7.1 erfüllen und somit die Auflage 6.5 aus der Verfügung des Bundesrats zum Entsorgungsprogramm 2008 (Schweizerischer Bundesrat 2013) berücksichtigt wurde. Aspekte, deren sicherheitstechnische Relevanz von geringerer Bedeutung ist und die im Rahmen der laufenden Aufsichtstätigkeit behandelt werden, sind in einer separaten Aktennotiz (ENSI 33/593) aufgeführt. Die Auflage gilt jedoch, aufgrund ihres periodischen Charakters, auch für künftige Aktualisierungen des Entsorgungsprogramms.

8.2 Neue Auflagenanträge zuhanden des Bundesrats

In diesem Unterkapitel werden neue Auflagenanträge des ENSI aufgeführt, die aus der Beurteilung der eingereichten Dokumente resultieren. Das ENSI empfiehlt dem Bundesrat diese Auflagen zu machen.

Nummer	Auflage	Kapitelverweis
A.1	Sind weitere Reduktionen potenzieller Gasbildung aus metallischen Abfällen in der weiteren Planung und Detaillierung der Tiefenlagerprojekte notwendig, ist das ENSI zeitnah über die geänderten Anforderungen an die endlagerspezifischen Abfalleigenschaften zu informieren.	Kapitel 2 (→ Statusbericht im EP21)
A.2	Die Entsorgungspflichtigen haben bei der Evaluation einer Kombilager-Lösung aufzuzeigen, welche Konsequenzen sich aus möglichen Wechselwirkungen der einzelnen Lagerteile eines Kombilagers ergeben. Dazu ist im Hinblick auf das RBG aufzuzeigen, welche Varianten grundsätzlich bestehen, welcher relative Platzbedarf sich daraus ergibt und welche Varianten sicherheitstechnisch anzustreben sind.	Kapitel 3 und 5 (→ Statusbericht im EP21)

Nummer	Auflage	Kapitelverweis
A.3	Die Entsorgungspflichtigen haben die Vor- und Nachteile sowie den Aufwand verschiedener Varianten (z. B. «Verschluss des Hauptzugangs nach zehn Jahren Beobachtungsphase und einer allfälligen vorgängigen Öffnung des Hauptzugangs bei einer Rückholung ohne grossen Aufwand», «Offenhalten aller Zugänge bis zum ordnungsgemässen Verschluss», «Rückholung über die Nebenzugänge») aus Sicht der Langzeitsicherheit, Betriebssicherheit und Rückholung ohne grossen Aufwand zu diskutieren und zu bewerten. In diesem mit dem Rahmenbewilligungsgesuch einzureichenden Konzept zum Verschluss des geologischen Tiefenlagers ist die vorgesehene Verschlussvariante zu begründen und dazu mit Alternativen zu vergleichen.	Kapitel 5 (→ Statusbericht im EP21)
A.4	Die Entsorgungspflichtigen haben mit dem Rahmenbewilligungsgesuch ein Konzept für die Nullmessungen vorzulegen. Darin ist begründet darzulegen, welche Prozesse und Parameter wichtig für die Umweltüberwachung und die Nullmessungen sind und wie diese zu erfassen sind. Ausserdem ist für jeden Parameter die geeignete Messmethodik, die notwendige räumliche und zeitliche Dichte an Daten, der benötigte Zeitbedarf bis zum Erreichen einer geeigneten Zeitreihe sowie der daraus abgeleitete Beginn der Messungen zu diskutieren. Darüber hinaus haben die Entsorgungspflichtigen darzulegen, wie existierende Sondierbohrungen in der Phase nach der Einreichung des Rahmenbewilligungsgesuchs z. B. für Langzeit- oder Nullmessungen genutzt werden.	Kapitel 5 (→ Statusbericht im EP21)
A.5	Die Entsorgungspflichtigen müssen im Rahmen des Entsorgungsprogramms 2021 die Anforderungen für die verschiedenen Nutzungsphasen der erdwissenschaftlichen Untersuchungen untertag (EUU) darlegen und erläutern, wie und wann die technischen Nachweise erfolgen sollen, um eine spätere Umnutzung zu erreichen.	Kapitel 5 (→ EP21)
A.6	In künftige Entsorgungsprogramme und RD&D-Pläne ist eine vollständige Auflistung der aus Sicht der Entsorgungspflichtigen wichtigen offenen Fragen aufzunehmen, zusammen mit Angaben darüber, wie und innert welcher Frist die Entsorgungspflichtigen deren Beantwortung vorsehen.	Kapitel 5 und 7 (→ EP21 resp. RD&D21 ff.)
A.7	Die vernetzte Darstellung einzelner Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten miteinander und mit den Meilensteinen und Entscheidungen bei der Realisierung eines geologischen Tiefenlagers ist bis zur nächsten Aktualisierung des Entsorgungsprogramms weiterzuentwi-	Kapitel 5 (→ EP21)

Nummer	Auflage	Kapitelverweis
	<p>ckeln. Dabei sollen auch die gegenseitigen Wechselwirkungen von Parametern und Lagerelementen berücksichtigt werden. Getroffene Entscheide sollen zusammen mit deren Begründungen in einer Form dokumentiert werden, die langfristigen Bestand hat, damit sie auch künftig nachvollziehbar bleiben. Weiterhin soll für diejenigen Alternativen, welche für den Standortentscheid in Etappe 3 SGT relevant sein können, ein ausreichender Kenntnisstand vorhanden sein, der den sicherheitstechnischen Vergleich erlaubt und für die Sicherheit günstige Entscheide ermöglicht.</p>	
A.8	<p>Um die Anzahl der Stellplätze für die Zwischenlagerung abgebrannter Brennelemente und verglaste hochaktiver Abfälle zu erhöhen, sind von den Entsorgungspflichtigen mit dem EP21 neue Konzepte zu erstellen und dem ENSI zur Prüfung einzureichen. Dabei sind insbesondere die thermischen Belastungen der betroffenen Gebäudeteile zu ermitteln. Bei der Erstellung des jeweiligen Stellplatzkonzeptes soll berücksichtigt werden, dass die einzelnen Behälter für Inspektionen und allfällige Instandhaltungsarbeiten kurzfristig zugänglich sein sollen.</p>	Kapitel 6 (→EP21)
A.9	<p>Im Rahmen des nächsten Entsorgungsprogramms sind von den zuständigen Bundesstellen ausreichende Kapazitäten für die Zwischenlagerung der CERN-Abfälle einschliesslich von Kapazitätsreserven für die Abklinglagerung von sehr schwachaktiven Materialien auszuweisen.</p>	Kapitel 6 (→ EP21)
A.10	<p>Das ENSI hat Handlungs- und Forschungsbedarf hinsichtlich Brennelement-Alterung und Trockenlagerung in der Aktennotiz ENSI AN-9765 festgehalten. Ergänzend zu den von der Nagra vorgesehenen Arbeiten (NTB 16-02, Kapitel 7.3.4), sind die in der Aktennotiz zusätzlich genannten Forschungsaktivitäten hinsichtlich Brennelement-Alterung und Trockenlagerung in den zukünftigen RD&D-Plänen zu berücksichtigen.</p>	Kapitel 6 und 7 (→ RD&D-Plan 21 ff.)
A.11	<p>In künftigen RD&D-Plänen sind zu jedem Forschungsgebiet die Ergebnisse der Forschungsprojekte und Experimente aufzuzeigen, die in der vorherigen Version des RD&D-Plans zu diesem Forschungsgebiet aufgeführt wurden. Dies auch, falls ein Experiment nicht erfolgreich war oder abgebrochen wurde.</p>	Kapitel 7 (→ RD&D-Plan 21 ff.)

9 Referenzen

- ANDRA (2005): Dossier 2005 Argile: Evaluation de la faisabilité du stockage géologique en formation argileuse. Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs.
- ANDRA (2012): Référentiel du site Meuse/Haute-Marne - Présentation générale. Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs, Châtenay-Malabry Cedex.
- Axpo (2015): Langzeitstabilität von abgebrannten Brennelementen während der Zwischenlagerung. Axpo Technical Report BT-KN-T 0070.
- ENSI 33/530: Nachforderung des ENSI zum Indikator Tiefenlage im Hinblick auf bautechnische Machbarkeit. Basler & Hofmann, Ingenieure und Planer AG, Expertenbericht, Zürich, 2016.
- BFE (2011): Sachplan geologische Tiefenlager – Konzeptteil. Bundesamt für Energie, Bern.
- ENSI 33/455: Beurteilung der Explorationskonzepte für Etappe 3 SGT. Dr. von Moos AG Beratende Geologen und Ingenieure, Expertenbericht, Zürich, 2015.
- EGT (2016): Sachplan Geologische Tiefenlager, Etappe 2 – Stellungnahme der EGT zum Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete. Expertenbericht Expertengruppe Geologische Tiefenlagerung, Brugg.
- EKRA (2000): Entsorgungskonzepte für radioaktive Abfälle – Schlussbericht. UVEK, Bern.
- ENSI-AN-9930: Stellungnahme des ENSI zur Kostenstudie 2016 über die Stilllegung der Kernanlagen und Entsorgung radioaktiver Abfälle in der Schweiz. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Brugg, 2017.
- 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 33/075: Anforderungen an die provisorischen Sicherheitsanalysen und den sicherheitstechnischen Vergleich, Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Brugg, 2010.
- ENSI 33/110: Stellungnahme zum Entsorgungsprogramm 2008 der Entsorgungspflichtigen. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Brugg, 2012.
- ENSI 33/154: Präzisierungen zur sicherheitstechnischen Methodik für die Auswahl von mindestens zwei Standortgebieten je für HAA und SMA in Etappe 2 SGT. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Aktennotiz, Brugg, 2013.
- ENSI 33/170: Anforderungen an die bautechnischen Risikoanalysen und an ergänzende Sicherheitsbetrachtungen für die Zugangsbauwerke in Etappe 2 SGT. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Aktennotiz, Brugg, 2013.
- ENSI 33/188: Abfallbewirtschaftung im Vergleich – Forschungsprogramm «Radioaktive Abfälle» der Arbeitsgruppe des Bundes für nukleare Entsorgung. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Projektbericht, Brugg, 2015.
- ENSI 33/503: Schlussbericht zum Agneb-Forschungsprojekt «Lagerauslegung». Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Aktennotiz, Brugg, 2016.
- ENSI 33/540: Sicherheitstechnisches Gutachten zum Vorschlag der in Etappe 3 SGT weiter zu untersuchenden geologischen Standortgebiete, Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Gutachten, Brugg, 2017.

- ENSI 33/593: Empfehlungen und Hinweise aus der Beurteilung des Entsorgungsprogramms und des RD&D-Plans 2016. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Aktennotiz, Brugg, 2018.
- ENSI AN-9765: Behälteralterung und Brennstoffverhalten bei der trockenen Zwischenlagerung: derzeitiger Stand und allfälliger Handlungsbedarf. Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Aktennotiz, Brugg, 2016.
- ESRED (2009): Engineering Studies and Demonstration of Repository Designs: Final summary report and global evaluation of the project. Report. Erhältlich unter www.esdred.info.
- KEG: Kernenergiegesetz vom 21. März 2003, Schweiz, SR 732.1.
- KEV: Kernenergieverordnung vom 10. Dezember 2004, Schweiz, SR 732.11.
- Nagra (2016a): Vorhaben 'HAA-Lager' – Anforderungen, Randbedingungen und modellhafte Umsetzung im Rahmen der Kostenstudie 2016. Nagra unpubl. Interner Bericht, Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Wettingen.
- Nagra (2016b): Vorhaben 'SMA-Lager' – Anforderungen, Randbedingungen und modellhafte Umsetzung im Rahmen der Kostenstudie 2016. Nagra unpubl. Interner Bericht, Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Wettingen.
- NAB 13-66: Standortareal JO-3+-SMA im Planungsperimeter Jura Ost für die Oberflächenanlage eines geologischen Tiefenlagers SMA – Planungsstudie. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Arbeitsbericht, Wettingen, 2013.
- NAB 14-05: Standortareal NL-2-Kombi im Planungsperimeter Nördlich Lägern für die Oberflächenanlage eines geologischen Tiefenlagers Kombi – Planungsstudie. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Arbeitsbericht, Wettingen, 2014.
- NAB 14-08: Standortareal NL-6-Kombi im Planungsperimeter Nördlich Lägern für die Oberflächenanlage eines geologischen Tiefenlagers Kombi – Planungsstudie. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Arbeitsbericht, Wettingen, 2014.
- NAB 14-29: Standortareal ZNO-6b-Kombi im Planungsperimeter Zürich Nordost für die Oberflächenanlage eines geologischen Tiefenlagers Kombi – Planungsstudie. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Arbeitsbericht, Wettingen, 2014.
- NAB 14-51: Ergänzende Sicherheitsbetrachtungen für die Untertageanlagen der geologischen Tiefenlager in der Betriebsphase: Vorgaben, Vorgehen und Dokumentation der Ergebnisse. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Arbeitsbericht, Wettingen, 2014.
- NAB 14-81: Beurteilung der Tiefenlage in Bezug auf die geotechnischen Bedingungen: Grundlagen für die Abgrenzung und Bewertung der Lagerperimeter. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Arbeitsbericht, Wettingen, 2014.
- NAB 14-83: Konzepte für die Standortuntersuchungen der Etappe 3. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Arbeitsbericht, Wettingen, 2014.
- NAB 14-99: Unterlagen zum Platzbedarf in den Lagerperimetern der geologischen Standortgebiete. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Arbeitsbericht, Wettingen, 2014.
- NAB 16-28: Konzepte der Standortuntersuchungen für SGT Etappe 3 – Nördlich Lägern. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Arbeitsbericht, Wettingen, 2016.
- NAB 16-41: ENSI-Nachforderung zum Indikator "Tiefenlage im Hinblick auf bautechnische Machbarkeit" in SGT Etappe 2 – Zusammenfassende Darstellung der Zusatzdokumentation (Hauptbericht). Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Arbeitsbericht, Wettingen, 2016.

- NAB 16-42: ENSI-Nachforderung zum Indikator "Tiefenlage im Hinblick auf bautechnische Machbarkeit" in SGT Etappe 2 – Prüfung der Lager- und Barrierenkonzepte. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Arbeitsbericht, Wettingen, 2016.
- NAB 16-45: ENSI-Nachforderung zum Indikator "Tiefenlage im Hinblick auf bautechnische Machbarkeit" in SGT Etappe 2 – Projektkonzepte für die Lagerkammern und Versiegelungsstrecken und deren Bewertung. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Arbeitsbericht, Wettingen, 2016.
- NAB 16-46: ENSI-Nachforderung zum Indikator "Tiefenlage im Hinblick auf bautechnische Machbarkeit" in SGT Etappe 2 – Vortriebs- und Sicherungskonzepte für die Profile F, K09, K04, K04a und D [Ergänzende Unterlagen zu NAB 16-45]. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Arbeitsbericht, Wettingen, 2016.
- NAB 17-44: Entsorgungsprogramm 2016 der Entsorgungspflichtigen und Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsplan (RD&D-Plan): Fragen des ENSI und zugehörige Antworten der Nagra. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Arbeitsbericht, Wettingen, 2018.
- NTB 02-02: Projekt Opalinuston: Konzept für die Anlage und den Betrieb eines geologischen Tiefenlagers – Entsorgungsnachweis für abgebrannte Brennelemente, verglaste hochaktive sowie langlebige mittelaktive Abfälle. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2002.
- 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 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.
- NTB 13-01: Standortunabhängige Betrachtungen zur Sicherheit und zum Schutz des Grundwassers: Grundlagen zur Beurteilung der grundsätzlichen Bewilligungsfähigkeit einer Oberflächenanlage für ein geologisches Tiefenlager. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2013.
- NTB 14-01: SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlage: Sicherheitstechnischer Bericht zu SGT-Etappe 2: Sicherheitstechnischer Vergleich und Vorschlag der in Etappe 3 weiter zu untersuchenden geologischen Standortgebiete. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2014.
- NTB 14-02-I: SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlage: Geologische Grundlagen: Dossier I: Einleitung und Zusammenfassung. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2014.
- NTB 14-02-II: SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlage: Geologische Grundlagen: Dossier II: Sedimentologische und Tektonische Verhältnisse. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2014.

- NTB 14-02-III: SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlage: Geologische Grundlagen: Dossier III: Geologische Langzeitentwicklung. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2014.
- NTB 14-02-IV: SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlage: Geologische Grundlagen: Dossier IV: Geomechanische Unterlagen. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2014.
- NTB 14-02-V: SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlage: Geologische Grundlagen: Dossier V: Hydrogeologische Verhältnisse. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2014.
- NTB 14-02-VI: SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlage: Geologische Grundlagen: Dossier VI: Barriereneigenschaften der Wirt- und Rahmengesteine. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2014.
- NTB 14-02-VII: SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlage: Geologische Grundlagen: Dossier VII: Nutzungskonflikte. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2014.
- NTB 14-02-VIII: SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlage: Geologische Grundlagen: Dossier VIII: Charakterisierbarkeit und Explorierbarkeit. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2014.
- NTB 14-03: SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlage: Charakteristische Dosisintervalle und Unterlagen zur Bewertung der Barrierensysteme. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2014.
- NTB 14-04: Modellhaftes Inventar für radioaktive Materialien – MIRAM 14. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2014.
- NTB 16-01: Entsorgungsprogramm 2016 der Entsorgungspflichtigen. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2016.
- NTB 16-02: The Nagra Research, Development and Demonstration (RD&D) Plan for the Diposal of Radioactive Waste in Switzerland. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2016.
- NTB 16-08: Generische Beschreibung von Schachtkopfanlagen (Nebenzuganganlagen) geologischer Tiefenlager. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2016.
- NEA (2011): Reversibility and Retrievability (R&R) for the Deep Disposal of High-Level Radioactive Waste and Spent Fuel – Final Report of the NEA R&R Project (2007-2011). Report NEA/RWM/R(2011)4 OECD Nuclear Energy Agency, Paris.
- Posiva (2012): Safety case for the disposal of spent nuclear fuel at Olkiluoto - Synthesis 2012. Report 2012-12 Posiva Oy, Eurajoki, Finland.

Schweizerischer Bundesrat (2013): Verfügung des Schweizerischen Bundesrats zum Entsorgungsprogramm 2008 der Entsorgungspflichtigen sowie zum Bericht zum Umgang mit den Empfehlungen in den Gutachten und Stellungnahmen zum Entsorgungsnachweis vom Oktober 2008. Verfügung Bern.

SKB (2011): Long-term safety for the final repository for spent nuclear fuel at Forsmark repository for spent nuclear fuel at Forsmark Main report of the SR-Site project. Technical Report SKB-TR-11-01 Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co., Stockholm.

StSV: Strahlenschutzverordnung vom 22. Juni 1994, Schweiz, SR 814.501.

10 Glossar und Abkürzungsverzeichnis

ANDRA	Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs, Organisation, die in Frankreich für die Endlagerung der dort anfallenden radioaktiven Abfälle zuständig ist (www.andra.fr).
ATA	Alphatoxische Abfälle: Radioaktive Abfälle mit einem hohen Gehalt an Alphastrahlern (Art. 31 KEV).
BAG	Bundesamt für Gesundheit (www.bag.admin.ch)
Barrieren	Barrieren bilden das passive Sicherheitssystem eines Lagers zum Schutz von Mensch und Umwelt über lange Zeit. Es sind technische und natürliche (geologische) Einfluss- und Rückhaltesysteme, welche die radioaktiven Abfälle nach dem Multibarrirenkonzept von der Biosphäre isolieren.
BE	Brennelemente bzw. abgebrannte Brennelemente, die ohne Wiederaufbereitung in ein HAA-Lager verbracht werden.
BFE	Bundesamt für Energie (www.bfe.admin.ch)
BEVA	Verpackungsanlage für BE und HAA (Brennelementverpackungsanlage) bzw. Abfälle aus dem Betrieb und der Stilllegung der Verpackungsanlage sowie der Entsorgung der angelieferten Transport- und Lagerbehälter für BE
BZL	Bundeszzwischenlager
CERN	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 (home.cern).
Dosis	Mass für die Beurteilung des gesundheitlichen Risikos durch ionisierende Strahlung. In dieser Stellungnahme ist die effektive Dosis gemeint: Summe der mit den Wichtungsfaktoren gewichteten Äquivalentdosen in allen Organen und Geweben. Die Einheit der Dosis ist das Sievert (Sv).
Einengungsvorschlag	Vorschlag der Nagra von mindestens zwei Standorten mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlagen pro Lagertyp in Etappe 2 SGT.
ENSI	Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI ist die Aufsichtsbehörde des Bundes für die nukleare Sicherheit und Sicherung der schweizerischen Kernanlagen.
ENSI-G03	Richtlinie des ENSI zu «Spezifischen Auslegungsgrundsätzen für ein geologisches Tiefenlager und Anforderungen an die Sicherheitsanalyse».
Entsorgungsnachweis	Der Entsorgungsnachweis war Aufgabe der Entsorgungspflichtigen und hat aufgezeigt, dass die in der Schweiz produzierten Abfälle grundsätzlich auch in der Schweiz entsorgt werden können. Der Entsorgungsnachweis ist für SMA (1988) als auch für HAA (2006) separat erbracht worden.

Etappe 1 SGT	Die Etappe 1 des Sachplanverfahrens geologisches Tiefenlager dauerte von 2008 bis 2011 und umfasste eine erste Standorteinengung: Von der Nagra wurden 6 Standortgebiete vorgeschlagen. Der Vorschlag wurde vom ENSI im Rahmen des Gutachtens ENSI 33/070 beurteilt und vom Bundesrat gutgeheissen.
Etappe 2 SGT	Die Etappe 2 des Sachplanverfahrens geologisches Tiefenlager läuft seit Ende 2011. Ziel von Etappe 2 SGT ist eine Standorteinengung von den aus Etappe 1 SGT übernommenen 6 Standortgebieten auf mindestens zwei Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlagen für jeweils ein HAA-Lager und ein SMA-Lager. Der Vorschlag der Nagra wurde vom ENSI im Rahmen des Gutachten ENSI 33/540 beurteilt.
Etappe 3 SGT	Die Etappe 3 des Sachplanverfahrens geologisches Tiefenlager beginnt gemäss aktueller Planung im Jahr 2019. Ziel von Etappe 3 SGT ist die Standortwahl für jeweils ein HAA-Lager und ein SMA-Lager. Dies mündet in Rahmenbewilligungsgesuche gemäss KEG.
EUU	Erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag
Freimessung von Materialien	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.
Geologisches Standortgebiet	Das geologische Standortgebiet wird gemäss Konzeptteil SGT durch die für die Lagerung der radioaktiven Abfälle geeigneten geologischen Gesteinskörper im Untergrund definiert.
Geologisches Tiefenlager	Anlage im geologischen Untergrund zur sicheren Entsorgung radioaktiver Abfälle, die verschlossen werden kann, sofern der dauernde Schutz von Mensch und Umwelt durch passive Barrieren sichergestellt wird (Art. 3 KEG).
HAA	Hochaktive Abfälle, darunter fallen nach Art. 31 KEV abgebrannte Brennelemente und verglaste Spaltprodukte aus der Wiederaufarbeitung. Durch den radioaktiven Zerfall entsteht eine grosse Wärmeentwicklung.
ISRAM	Informationssystem für Radioaktive Materialien
KEG	Kernenergiegesetz vom 21. März 2003, in Kraft seit 1. Februar 2005, SR 732.1, das Gesetz regelt die friedliche Nutzung der Kernenergie und bestimmt das Vorgehen bei der Entsorgung radioaktiver Abfälle.
KEV	Kernenergieverordnung vom 10. November 2004, in Kraft seit 1. Februar 2005, SR 732.11.
KKB	Kernkraftwerk Beznau
KKG	Kernkraftwerk Gösgen
KKL	Kernkraftwerk Leibstadt
KKM	Kernkraftwerk Mühleberg

KKW	Kernkraftwerk
KNS	Kommission für nukleare Sicherheit, die KNS verfasst Stellungnahmen zu den Gutachten und Stellungnahmen des ENSI (www.kns.admin.ch).
Lagerbereich	Bereich innerhalb des Standortgebiets, in dem der radioaktive Abfall eingelagert wird.
Lagerperimeter	Bereich innerhalb des Standortgebiets, dessen Eigenschaften Nagra und ENSI im Rahmen der qualitativen Bewertung beurteilen
LMA	Langlebige mittelaktive Abfälle.
Mehrfachbarrierensystem	Ein Geologisches Tiefenlager ist so auszulegen, dass die Langzeitsicherheit durch gestaffelte, passiv wirkende, technische und natürliche Sicherheitsbarrieren gewährleistet wird (Art. 11 KEV, ENSI-G03 Leitsatz Sicherheitsbarrieren).
MIF	Radioaktive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung
MIRAM	Modellhaftes Inventar für radioaktive Materialien, zusammenfassende Datenbank zu den bereits vorhandenen und noch zu erwartenden radioaktiven Abfällen in der Schweiz.
Multibarrierensystem	Siehe Mehrfachbarrierensystem
MoDeRn	Monitoring Developments for safe Repository operation and stage closure (EU Projekt)
MoDeRn2020	Development and demonstration of monitoring strategies and technologies for geological disposal
NAB	Nagra Arbeitsbericht
Nagra	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle. Im Hinblick auf die dauernde und sichere Entsorgung von radioaktiven Abfällen haben die Betreiber der fünf schweizerischen Kernkraftwerke und die Schweizerische Eidgenossenschaft 1972 die Nagra gegründet. Die Nagra schlägt gemäss den Vorgaben des Konzeptteils des Sachplans geologische Standortgebiete und Standorte vor und reicht das Rahmenbewilligungsgesuch ein (www.nagra.ch).
Nahfeld	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 Radionuklidausbreitung definiert, um die jeweiligen Modellannahmen für die verschiedenen Bereiche zu definieren.
NEA	Nuclear Energy Agency der OECD
NTB	Nagra Technischer Bericht
Oberflächenanlage	Gebäude bei den Zugängen zu den unterirdischen Lagerbereichen (Administrations- und Betriebsgebäude, Verpackungsanlage, Besucherzentrum, Anlieferungsterminal, usw.). Die

	Schachtköpfe, abseits vom Standortareal, gehören zur Oberflächeninfrastruktur, aber nicht zur Oberflächenanlage.
Oberflächeninfrastruktur	Oberbegriff für alle Anlagen an der Oberfläche (Oberflächenanlage, Schachtköpfe, Deponien, Erschliessung)
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development (Organisation für wirtschaftliche Entwicklung und Zusammenarbeit)
OFA	Oberflächenanlage
OSPA	Geplanter «Stapelplatz Ost OSPA», für die Lagerung der MIF-Abfällen auf dem Gelände des PSI
PSI	Paul Scherrer Institut, Forschungszentrum für Natur- und Ingenieurwissenschaften. Das PSI sammelt die schweizerischen radioaktiven Abfällen aus Medizin, Industrie und Forschung und betreibt das Bundeszwischenlager (www.psi.ch).
Rahmengestein	Ober- und/oder unterhalb des Wirtgesteins liegende Gesteinsschichten, deren Eigenschaften (insbesondere deren Tonmineralgehalt) zusätzlich zum Wirtgestein wesentlich zur Barrierenwirkung der geologischen Schicht beitragen.
RBG	Rahmenbewilligungsgesuch
RD&D	Research, Development and Demonstration (Forschung, Entwicklung und Demonstration)
R&R	Reversibility and Retrievability
SA	Stilllegungsabfälle
SGT	Sachplan geologische Tiefenlager, umfasst sowohl den 2008 von BFE verabschiedeten Konzeptteil als auch das Verfahren selbst.
SMA	Schwach- und mittelaktive Abfälle: Diese Abfälle enthalten vorwiegend radioaktive Stoffe mit kürzeren Halbwertszeiten. Sie stammen aus dem Betrieb und späteren Abbruch der Kernkraftwerke sowie aus Medizin, Industrie und Forschung (gesetzlich definiert in Art. 31. KEV).
StSV	Strahlenschutzverordnung
TLB	Transport- und Lagerbehälter
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
WA	Abfälle aus der Wiederaufarbeitung
Zugangsbauwerke	Zugänge zum Hauptlager, zum Pilotlager und zu den Testbereichen.
ZWIBEZ	Zwischenlager des KKB
Zwilag	Zwischenlager Würenlingen AG

ENSI 33/592

ENSI, CH-5200, Industriestrasse 19, Telefon +41 (0)56 460 84 00, info@ensi.ch, www.ensi.ch