



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit
Commission fédérale de sécurité nucléaire
Commissione federale per la sicurezza nucleare
Swiss Federal Nuclear Safety Commission

April 2023

Entsorgungsprogramm 2021 der Entsorgungspflichtigen

Stellungnahme zum Gutachten des ENSI

KNS-03128

Zusammenfassung

In seiner Verfügung zum Entsorgungsprogramm 2016 hatte der Bundesrat festgelegt, dass das nächste Entsorgungsprogramm im Jahr 2021 einzureichen ist – zeitgleich mit der Kostenstudie 2021 und zusammen mit einem Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsplan (RD&D-Plan). Dementsprechend hat die Nagra (Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle) im Dezember 2021 das im Auftrag der Entsorgungspflichtigen erstellte Entsorgungsprogramm 2021 sowie den geforderten aktualisierten RD&D-Plan vorgelegt.

Die Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit (KNS) äussert sich in der vorliegenden Stellungnahme zum Gutachten des Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorats (ENSI) betreffend das Entsorgungsprogramm 2021. Sie beschränkt sich dabei auf ausgewählte Aspekte unter besonderer Berücksichtigung der aus der Aktualisierung resultierenden Änderungen gegenüber dem Entsorgungsprogramm aus dem Jahr 2016.

Die KNS stellt fest, dass das ENSI das Entsorgungsprogramm 2021 (EP21) im Detail geprüft und seine Ergebnisse umfassend dokumentiert hat. Die Prüfung umfasste auch den aktuellen RD&D-Plan der Nagra. Das ENSI kommt nach seiner Prüfung zum Schluss, dass die Nagra mit dem Einreichen des EP21 und des aktuellen RD&D-Plans den gesetzlichen Auftrag gemäss Art. 32 des Kernenergiegesetzes und Art. 52 der Kernenergieverordnung – bezogen auf die vom ENSI zu prüfenden Aspekte – erfüllt hat. Als Ergebnis hält das ENSI Auflagenanträge für zukünftige Aktualisierungen des Entsorgungsprogramms und des RD&D-Plans fest und fasst Hinweise, deren sicherheitstechnische Relevanz von geringerer Bedeutung ist und die das ENSI im Rahmen der laufenden Aufsicht behandeln will, in einer separaten Aktennotiz zusammen.

Aus Sicht der KNS ist die vom ENSI bei der Prüfung des EP21 gewählte Vorgehensweise sachgerecht; die Fragen bzw. Kriterien, anhand derer das ENSI das EP21 und den aktuellen RD&D-Plan der Nagra beurteilt, sind zielführend. Die KNS kann sich der Beurteilung des EP21 durch das ENSI grundsätzlich anschliessen und unterstützt die vom ENSI formulierten Auflagenanträge und Hinweise.

Als Ergebnis ihrer Beurteilung formuliert die KNS im Hinblick auf die nächste Aktualisierung des Entsorgungsprogramms eine Empfehlung betreffend die Auswahl einer repräsentativen kleinen Menge von schwach- und mittelaktiven Abfällen für die Einlagerung in das Pilotlager.

In weiteren Empfehlungen, die sich an die in der jeweiligen Sache zuständige Bundesstelle richten, nimmt die KNS auf folgende Punkte Bezug:

- Berücksichtigung einer Empfehlung des ENSI betreffend Abfallmengen für Szenarien mit Laufzeiten der KKW über 60 Jahre hinaus;
- allfällige Optimierungsmöglichkeiten im Hinblick darauf, dass Verzögerungen im weiteren Verfahrensablauf soweit möglich und planbar vermieden werden können.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangslage	1
1.2	Gesetzliche Vorgaben	1
1.3	Weitere Vorgaben	1
1.4	Zur vorliegenden Stellungnahme der KNS	1
2	Spezifische Kommentare zu den einzelnen Kapiteln des Gutachtens des ENSI	2
2.1	Zu «2 Herkunft, Art und Menge der radioaktiven Abfälle»	2
2.2	Zu «3 Die geologischen Tiefenlager»	8
	2.2.1 Zu «3.1 Einleitung und Übersicht»	8
	2.2.2 Zu «3.2 Auslegung der geologischen Tiefenlager»	13
2.3	Zu «5 Realisierungsplan für die geologischen Tiefenlager»	19
2.4	Zu «6 Zwischenlagerung»	23
2.5	Zu «7 RD&D-Plan»	27
3	Auflagen	30
3.1	Erfüllung der Auflagen des Bundesrats zum EP16	30
3.2	Neue Auflagenanträge des ENSI	37
4	Beurteilung und Empfehlungen	38
4.1	Zusammenfassende Beurteilung	38
4.2	Empfehlungen der KNS	39
	Referenzen	41
	Abkürzungen und Symbole	43

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

In seiner Verfügung zum Entsorgungsprogramm 2016 [BR Vf-EP16] hatte der Bundesrat neben anderem festgelegt, dass das nächste Entsorgungsprogramm im Jahr 2021 einzureichen ist – zusammen mit einem Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsplan (RD&D-Plan) und zeitgleich mit der Kostenstudie 2021. Dementsprechend hat die Nagra (Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle) im Auftrag der Entsorgungspflichtigen im Dezember 2021 das Entsorgungsprogramm 2021 (EP21) [NTB 21-01] sowie den geforderten aktualisierten RD&D-Plan [NTB 21-02] vorgelegt.

1.2 Gesetzliche Vorgaben

Gemäss Art. 32 des Kernenergiegesetzes (KEG, SR 732.1) müssen die Entsorgungspflichtigen ein Entsorgungsprogramm erstellen. Gemäss Art. 52 Abs. 1 der Kernenergieverordnung (KEV, SR 732.11) haben die Entsorgungspflichtigen im Entsorgungsprogramm Angaben zu machen über:

- die Herkunft, Art und Menge der radioaktiven Abfälle;
- die benötigten geologischen Tiefenlager einschliesslich ihres Auslegungskonzepts;
- die Zuteilung der Abfälle zu den geologischen Tiefenlagern;
- den Realisierungsplan für die Erstellung der geologischen Tiefenlager;
- die Dauer und die benötigte Kapazität der zentralen und der dezentralen Zwischenlagerung;
- den Finanzplan für die Entsorgungsarbeiten bis zur Ausserbetriebnahme der Kernanlagen mit Angaben über die zu tätigen Arbeiten, die Höhe der Kosten und die Art der Finanzierung;
- das Informationskonzept.

Gemäss Art. 52 Abs. 2 KEV haben die Entsorgungspflichtigen das Entsorgungsprogramm alle fünf Jahre anzupassen.

Gemäss Art. 52 Abs. 3 KEV sind das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) und das Bundesamt für Energie (BFE) für die Überprüfung und die Überwachung der Einhaltung des Entsorgungsprogramms zuständig.

1.3 Weitere Vorgaben

Der Bundesrat hat in seiner Verfügung [BR Vf-EP16] zum Entsorgungsprogramm 2016 (EP16) verschiedene Auflagen für das Entsorgungsprogramm 2021 (EP21) und folgende formuliert, die von den Entsorgungspflichtigen zu berücksichtigen sind.

1.4 Zur vorliegenden Stellungnahme der KNS

Die KNS kann zuhanden des Bundesrats und des Departements Stellung zu Gutachten des ENSI nehmen (Art. 71 Abs. 3 KEG). Dabei kann sie sich auf ausgewählte Punkte beschränken und spricht sich insbesondere darüber aus, ob die vorgesehenen Vorkehren zum Schutz von Mensch und Umwelt ausreichen (Art. 5 Verordnung über die KNS, VKNS; SR 732.16).

In der vorliegenden Stellungnahme äussert sich die KNS zum Gutachten des ENSI zum Entsorgungsprogramm 2021 (EP21) [ENSI 33/915]. Sie beschränkt sich dabei auf ausgewählte Aspekte unter besonderer Berücksichtigung der aus der Aktualisierung resultierenden Änderungen gegenüber dem Entsorgungsprogramm 2016 (EP16).

Die KNS erhielt einen Entwurf des Gutachtens des ENSI zum EP21 am 18. Oktober 2022. Eine Vertretung des ENSI stellte der KNS diesen Entwurf im Rahmen eines Fachgesprächs am 20. Oktober vor. Am 8. November übermittelte das ENSI eine nochmals in wenigen Punkten aktualisierte Entwurfsversion. Diese Version bildet die Grundlage für die vorliegende Stellungnahme der KNS.¹

Spezifische Hinweise zu einzelnen Aspekten im EP21 und im RD&D-Plan, deren sicherheitstechnische Relevanz von untergeordneter Bedeutung ist und die im Rahmen der laufenden Aufsichtstätigkeit behandelt werden, sind vom ENSI in einer separaten Aktennotiz zusammengefasst [ENSI 33/939]. Die KNS erhielt einen Entwurf dieser Aktennotiz ebenfalls am 8. November 2022.

In ihrer Stellungnahme zum EP16 [KNS-02858] hatte die KNS als Ergebnis ihrer Beurteilung fünf Empfehlungen festgehalten. Diese sind im Hinblick auf die Verfügung des Bundesrats zum EP16 zwischen BFE und KNS besprochen worden und entsprechend dem resultierenden gemeinsamen Verständnis in die Auflagen der bundesrätlichen Verfügung eingeflossen [BR Vf-EP16]. Auf die Umsetzung der Auflagen des Bundesrats im vorliegenden EP21 wird in Kapitel 3.1 eingegangen.

2 Spezifische Kommentare zu den einzelnen Kapiteln des Gutachtens des ENSI

2.1 Zu «2 Herkunft, Art und Menge der radioaktiven Abfälle»

Sachstand EP21

Die Nagra legt im EP21 die Herkunft der Abfälle dar und gibt die Volumina der konditionierten beziehungsweise der in Endlagerbehälter verpackten Abfälle, die voraussichtlich anfallen werden, gesondert nach Kategorien² gemäss KEV und Herkunft an. Die Grundlagen für die Berechnung der Abfallmengen bzw. Volumina für das EP21 sind weitgehend identisch wie für das EP16. Auch im EP21 wird von einem 60-jährigen Betrieb der schweizerischen Kernkraftwerke (KKB, KKG, KKL) ausgegangen. In diesem Szenario (im EP16 als «Szenario 2b» bezeichnet) wird für das Kernkraftwerk Mühleberg (KKM) wie schon im EP16 ein 47-jähriger Betrieb berücksichtigt (Einstellung des Leistungsbetriebs Ende 2019). Die Abfallmengen bzw. Volumina im EP21 wurden allesamt auf Basis der neuen nuklidspezifischen Freigrenzen

¹ Zur Prüfung der korrekten Wiedergabe der angeführten Aussagen der Nagra und des ENSI wurde die Stellungnahme der KNS vor ihrer Verabschiedung diesen zugestellt.

Der Entwurf des ENSI vom 8. November 2022 ist noch als «Stellungnahme zum Entsorgungsprogramm 2021 der Entsorgungspflichtigen» betitelt, die Aktennotiz ENSI 33/939 als «Empfehlungen aus der Beurteilung des Entsorgungsprogramms und des RD&D-Plans 2021».

² In Art. 51 der Kernenergieverordnung (KEV, SR 732.11) werden drei Kategorien von Abfällen unterschieden: schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA), alphanotoxische Abfälle (ATA) sowie hochaktive Abfälle (HAA). Letztere umfassen neben den verglasten hochaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung auch die abgebrannten Brennelemente (kurz: BE).

gemäss Revision der Strahlenschutzverordnung 2017 ermittelt.³ Wie im EP16 wird dabei die Abklinglagerung von sehr schwachaktiven Materialien berücksichtigt.⁴

Hinsichtlich der radioaktiven Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung (MIF) wird von einer Sammelperiode bis Ende 2064 (Ende des Einlagerungsbetriebs im Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle SMA) ausgegangen. In Anhang A.8.8 in [NTB 21-01] wird von der Nagra der aktuelle Stand bezüglich des möglichen Umgangs mit MIF-Abfällen nach dem Ende des Einlagerungsbetriebs im SMA-Lager zusammengefasst.

Gemäss Angaben der Nagra führen eine gegenüber dem EP16 verbesserte Abschätzung hinsichtlich der anfallenden Abfallmengen bzw. -volumina sowie modifizierte Annahmen betreffend die Verpackung zu Unterschieden in den Angaben zu den verpackten Abfallmengen bzw. -volumina im EP21. So wurde beispielsweise bei den abgebrannten Brennelementen (BE) und den verglasten hochaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung das Design der Endlagerbehälter aktualisiert, was zu einer geringen Reduktion des verpackten Volumens der hochaktiven Abfälle gegenüber dem EP16 führt. Bei den Betriebs- und Reaktorabfällen aus den Kernkraftwerken (KKW) nimmt das verpackte Abfallvolumen ab, da für die endlagergerechte Verpackung der 200-l-Gebinde auf das deutlich «dichtere» Verpackungskonzept aus dem Entsorgungsprogramm 2008 (EP08) zurückgegriffen wurde. Hierin ist die Verwendung von Endlagerbehältern mit einem Volumen von 26 m³ (statt 10,3 m³ wie im EP16) vorgesehen. In diese Endlagerbehälter können 36 200-l-Gebinde verpackt werden, in einen Endlagerbehälter mit 10,3 m³ wie im EP16 dagegen nur 12 200-l-Gebinde. Dadurch kann ein insgesamt kleineres verpacktes Volumen gegenüber dem EP16 erreicht werden. Dies auch, obwohl bei den Betriebsabfällen aus den KKW das konditionierte Abfallvolumen gegenüber dem EP16 zugenommen hat.⁵

Die Angaben zur Konditionierung, Charakterisierung und Inventarisierung der radioaktiven Abfälle im vorliegenden EP21 sind gegenüber dem EP16 in ihren Grundsätzen weitgehend unverändert. Die Angaben betreffend die Methoden zur Konditionierung wurden aktualisiert und vervollständigt. Ansonsten beschränken sich die Änderungen auf die Aufdatierung von Referenzangaben.

Periodisch wird der Stand der Technik bezüglich Abfallbehandlung von der Nagra neu beurteilt und gegebenenfalls weiterentwickelt. Der Fokus liegt seit vielen Jahren auf der Möglichkeit des Einschmelzens von Metallen sowie auf der Reduktion des Gehalts an organischen Materialien. Letzteres wird für einen Teil der Abfälle mit der Plasmaanlage im ZWILAG erreicht. Pyrolyse stellt daneben zwar eine grundsätzlich machbare Option zur Reduktion des Organika-Gehalts dar, die aber aus Sicht der Entsorgungspflichtigen aufgrund der geringen Relevanz von organischen Stoffen in einem geologischen Tiefenlager und einer Gesamtbeurteilung auf Basis des aktuellen Kenntnisstands nicht angemessen ist. Da die Reduktion organischer Abfälle für das ENSI hingegen in Zusammenhang mit anderweitigen Aspekten

³ Strahlenschutzverordnung (StSV) vom 26. April 2017, Stand am 1. Januar 2021 (SR 814.501)

⁴ Art. 117 Abs. 2 StSV:

Radioaktive Abfälle, deren Aktivität aufgrund des radioaktiven Zerfalls spätestens 30 Jahre nach dem Ende der Verwendung des ursprünglichen Materials so weit abgeklungen ist, dass sie nach Artikel 106 freigesessen oder nach Artikel 115 verwertet werden können, müssen bis zum Erreichen dieses Zeitpunktes gelagert werden, wenn keine gesamthaft günstigere Alternative für Mensch und Umwelt zur Verfügung steht. [...]

⁵ Erstmals mit dem EP21 werden die Betriebsabfälle aus der Entsorgung der Transport- und Lagerbehälter der hochaktiven Abfälle vollständig erfasst und den Betriebsabfällen der KKW zugeordnet. Das verpackte Volumen dieser Betriebsabfälle aus der Entsorgung der Transport- und Lagerbehälter hat sich gegenüber dem EP16 erhöht, da zusätzlich die Entsorgung der Tragkörbe der Transport- und Lagerbehälter berücksichtigt wird.

(Radionuklidkomplexierung) eine sinnvolle Option darstellt, werden seitens der Entsorgungspflichtigen die Bestrebungen zur Reduktion von Bitumen bei der Konditionierung gewisser Betriebsabfälle weitergeführt. Eine entsprechende Nachbehandlung bereits konditionierter organischer Abfälle erachten die Entsorgungspflichtigen hingegen als nicht verhältnismässig.

Die Nagra bereitet gegenwärtig den Sicherheitsnachweis für das Rahmenbewilligungsgesuch (RBG) vor, und im Rahmen dessen wird der Gassynthesebericht [NTB 16-03] aktualisiert. Die Sicherheitsanalyse wird auf dem standortspezifischen Verständnis der geologischen Verhältnisse basieren und neue Erkenntnisse bezüglich Gasbildung und Druckaufbau integrieren. Die Nagra geht gemäss heutigem Kenntnisstand davon aus, dass für die erwartete Entwicklung des Tiefenlagersystems mit einer signifikanten Sicherheitsmarge nachweislich belegt werden kann, dass der erwartete Druckaufbau der Gase keine negativen Auswirkungen auf die günstigen Eigenschaften des Opalinustons hat. Die Sicherheitsanalyse für das RBG umfasst auch den Nachweis, dass im sehr unwahrscheinlichen Fall eines druckinduzierten Gasaustritts durch das Wirtgestein die radiologischen Auswirkungen in der Biosphäre nur sehr gering sind oder gänzlich ausbleiben. Gemäss Nagra lässt sich daraus schliessen, dass zum jetzigen Zeitpunkt keine Hinweise vorliegen, welche eine weitere Reduktion der Gasbildung als notwendig erachten liessen.

Beurteilung durch das ENSI

Das ENSI beurteilt die Annahme im Szenario «60 Jahre Betrieb KKW» als plausibel und nachvollziehbar. Die unterstellten Laufzeiten von 47 Jahren für das Kernkraftwerk Mühleberg bzw. 60 Jahren für die übrigen schweizerischen Kernkraftwerke und die Sammelperiode für MIF-Abfälle bis Ende 2064 entsprechen gemäss aktueller Beurteilung einer plausiblen Annahme bzw. einer in Bezug auf das erwartete Abfallmengengerüst realistischen Abschätzung. Da es keine Laufzeitbeschränkung für die schweizerischen KKW gibt und das Kernkraftwerk Beznau (KKB) die Laufzeit von 60 Jahren im Jahr 2029 (Block 1), resp. 2031 (Block 2) erreicht haben wird, empfiehlt das ENSI, in künftigen Aktualisierungen des Entsorgungsprogramms die erwarteten Abfallmengen für Szenarien mit längeren unterstellten Laufzeiten der KKW auszuweisen und die Auswirkungen auf die Entsorgung zu bewerten.

Die Angaben der Nagra zum Abfallinventar wurden vom ENSI letztmals im Rahmen der Stellungnahme zum EP16 geprüft. Aufgrund von neuen Abschätzungen hinsichtlich der anfallenden Abfallmengen und von neuen Annahmen hinsichtlich der Verpackung in Endlagerbehälter resultieren im EP21 leichte Unterschiede in Bezug auf das Abfallinventar. Das ENSI hat das Abfallmengengerüst im EP21 geprüft und kann die von der Nagra erwähnten wesentlichen Gründe für prozentual relevante Abweichungen bei den Abfallmengen nachvollziehen. Damit erfüllt die Nagra im vorliegenden EP21 die Auflage 6.3 aus der Verfügung des Bundesrats zum EP16 ([BR Vf-EP16], siehe auch Kapitel 3.1) bezüglich der Abfallmengen. Die Auflage bleibt jedoch aufgrund ihres periodischen Charakters auch für künftige Aktualisierungen des Entsorgungsprogramms bestehen.

Das ENSI nimmt zur Kenntnis, dass im EP21 insbesondere bei den Betriebsabfällen und den Reaktorabfällen trotz Zunahme des konditionierten Abfallvolumens ein deutlich kleineres verpacktes Volumen gegenüber dem EP16 erreicht wird, indem eine endlagerechte Verpackung von 36 200-l-Gebinde in Endlagerbehältern mit einem Volumen von 26 m³ unterstellt wird. Das Verpackungskonzept des EP16 sah eine Verpackung von je 12 200-l-Gebinden in einem 10,3 m³ grossen Endlagerbehälter vor. Das ENSI hat die Verwendung der kleineren Endlagerbehälter in seinem sicherheitstechnischen Gutachten zum Vorschlag der in Etappe 3 SGT weiter zu untersuchenden geologischen Standortgebiete [ENSI 33/540] aus betrieblichen Gründen begrüsst. Die Auswirkung der Behälterwahl auf andere sicherheitsrelevante Aspekte (z. B. Handhabbarkeit) wird im EP21 noch nicht diskutiert. Das ENSI stimmt der Nagra zu, dass bei der definitiven Wahl der Endlagerbehälter zu berücksichtigen ist, wo sich die Anlagen des geologischen Tiefenlagers befinden. Daher erwartet das ENSI, dass das

Verpackungskonzept für das RBG sowie für künftige Aktualisierungen des Entsorgungsprogramms abhängig vom bis dahin erfolgten Standortvorschlag der Nagra an die daraus resultierenden Lagerkonzepte angepasst wird. Zudem ist das Transportkonzept für die radioaktiven Abfälle von der Verpackungsanlage in das Tiefenlager zu erläutern. Weiter fordert das ENSI eine Berücksichtigung aller sicherheitsrelevanten Aspekte bei der Wahl der Endlagerbehälter (Auflagenantrag A.1).

Die Art und Menge der Stilllegungsabfälle des PSI und derjenigen CERN-Abfälle, deren Entsorgung in der Schweiz vorgesehen ist, wurden im EP21 aufdatiert und konkretisiert. Damit wurde eine Empfehlung des ENSI aus der Stellungnahme zum EP16 umgesetzt. Auch zukünftig sind vor jeder Revision des Entsorgungsprogramms die Anlagenplanungen der neuwertigen MIF-Abfallproduzenten dahingehend abzufragen, ob sich Änderungen in den Abfallprognosen ergeben haben.

Das ENSI begrüsst, dass die Entsorgungspflichtigen die Bestrebungen zur Reduktion von Bitumen bei der Konditionierung gewisser Betriebsabfälle weiterführen und verfolgt diese im Rahmen seiner Aufsichtstätigkeiten.

Die Nagra kommt gemäss ihren Ausführungen zum erwarteten Druckaufbau der Gase im geologischen Tiefenlager zum Schluss, dass zum jetzigen Zeitpunkt keine Hinweise vorliegen, welche eine weitere Reduktion der Gasbildung, zum Beispiel durch Einschmelzen der metallischen Abfälle, als notwendig erachten liessen. Damit erfüllt die Nagra im vorliegenden EP21 die Auflage 5.1 aus der Verfügung des Bundesrats zum EP16 [BR Vf-EP16] bezüglich der Reduktion potenzieller Gasbildung. Da die Nagra erst im RBG den Nachweis erbringen wird, dass der erwartete Druckaufbau der Gase keine negativen Auswirkungen auf die günstigen Eigenschaften des Opalinustons hat, bleibt die Auflage bis zur nächsten Aktualisierung des Entsorgungsprogramms bestehen. Das ENSI wird den Nachweis der Nagra im Zuge seiner Beurteilung des RBG prüfen.

Stellungnahme der KNS

Die KNS stellt fest, dass das ENSI die Angaben der Nagra zu Herkunft, Art und Menge der radioaktiven Abfälle sorgfältig geprüft hat. Sie teilt die Einschätzung des ENSI, dass das von der Nagra als massgebend betrachtete Szenario «60 Jahre Betrieb KKW» auf plausiblen Annahmen beruht.

Im Detail hält die KNS hinsichtlich der Ausführungen der Nagra und deren Beurteilung durch das ENSI fest:

- Die im EP21 dargelegten Änderungen bei den verpackten Volumina der radioaktiven Abfälle sind aus Sicht der KNS grundsätzlich nachvollziehbar.
- Die schweizerischen KKW verfügen jeweils über eine unbefristete Betriebsbewilligung; entsprechend sind auch Betriebszeiten über 60 Jahre hinaus möglich. Die KNS begrüsst daher den Hinweis des ENSI, wonach in künftigen Aktualisierungen des Entsorgungsprogramms die erwarteten Abfallmengen für Szenarien mit längeren unterstellten Laufzeiten der KKW ausgewiesen und die Auswirkungen auf die Entsorgung bewertet werden sollen [ENSI 33/939]. Da mit der Rahmenbewilligung für ein geologisches Tiefenlager neben anderem die maximale Lagerkapazität festgelegt wird, sollten nach Einschätzung der KNS die Konsequenzen eines verlängerten Betriebs der schweizerischen KKW für die einzulagernden Abfallvolumina zeitnah evaluiert werden. Aufgrund der grundsätzlichen Bedeutung der maximalen Lagerkapazität empfiehlt die KNS, die bereits bestehende bundesrätliche Auflage 6.3 «Abfallmengen» im Sinne des nun formulierten Hinweises des ENSI inhaltlich zu ergänzen.

Im Kontext einer möglichst belastbaren Prognose des einzulagernden Abfallvolumens wird auch der Hinweis des ENSI unterstützt, weiterhin vor jeder Revision des Entsorgungsprogramms die Anlagenplanungen der nennenswerten MIF-Abfallproduzenten dahingehend abzufragen, ob sich Änderungen in den Abfallprognosen ergeben haben.

- In ihrer Stellungnahme zum EP16 hatte die KNS festgestellt, dass noch offen ist, wie mit den MIF-Abfällen verfahren werden soll, die nach Ende der Einlagerung von radioaktiven Abfällen in das SMA-Lager anfallen werden. Da gemäss Vorgabe des KEG der Bund für die Entsorgung der MIF-Abfälle verantwortlich ist, empfahl die KNS den zuständigen Stellen beim Bund, zeitnah entsprechende Festlegungen zu treffen, insbesondere auch, um bestehenden Regelungsbedarf zu identifizieren und allfällige Regelungslücken schliessen zu können (Empfehlung 1 in [KNS-02858]).

In Anhang A.8.8 in [NTB 21-01] wird der aktuelle Stand bezüglich des möglichen Umgangs mit MIF-Abfällen nach dem Ende des Einlagerungsbetriebs zusammengefasst. Die Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung (Agneb) hat in einem Bericht Optionen für mögliche Entsorgungspfade für die Zeit nach dem Ende der Einlagerungsphase in das geologische Tiefenlager aufgezeigt. Die Optionen umfassen unter anderem die Einlagerung der Abfälle im geplanten geologischen Tiefenlager am Ende der Beobachtungsphase, welches anschliessend definitiv verschlossen wird, die Einlagerung in geologischen Schichten nahe der Oberfläche oder die Ablagerung an der Oberfläche. Denkbar ist auch eine internationale Lösung. Zum Teil würden diese Optionen eine Gesetzesanpassung bedingen. Aus Sicht der Agneb sollen die kommenden Generationen entscheiden, wie sie die Abfälle nach 2065 entsorgen wollen. Jedoch sind heute Voraussetzungen zu schaffen, damit die möglichen Optionen offenbleiben und Wahlmöglichkeiten bestehen. Dies gilt insbesondere für die allfällige Entsorgung der nach dem Ende der Einlagerungsphase entstehenden MIF-Abfälle am Ende der nachfolgenden Beobachtungsphase und vor dem definitiven Verschluss des geologischen Tiefenlagers. Damit die Umsetzung dieser Option möglich bleibt, sind bereits im Rahmenbewilligungsverfahren entsprechende Platzreserven zu berücksichtigen. Auch bei den nachfolgenden Bewilligungen sind Entscheide so zu treffen, dass die Flexibilität für die Umsetzung der Option offenbleibt. Die Option ist befristet; daher müssen zukünftig bei Entscheidungen die Vor- und Nachteile dieser Variante gegenüber anderen Entsorgungswegen vertieft geprüft werden.

Die KNS nimmt befriedigt zur Kenntnis, dass seitens der zuständigen Stellen ihre Empfehlung aufgegriffen worden ist. Sie teilt die Einschätzung, dass die kommenden Generationen entscheiden sollten, wie die MIF-Abfälle nach dem Ende des Einlagerungsbetriebs im geologischen Tiefenlager zu entsorgen sind. Wichtig ist die Feststellung, dass bereits heute bzw. im Hinblick auf das RBG Voraussetzungen zu schaffen sind, damit mögliche Optionen offenbleiben und weiterhin Wahlmöglichkeiten bestehen.

- Bei den Betriebsabfällen und den Reaktorabfällen wird trotz Zunahme des konditionierten Abfallvolumens ein kleineres verpacktes Volumen als im EP16 ausgewiesen; dies, da wie bereits im EP08 eine platzoptimierte Verpackung der 200-l-Gebinde in grössere Endlagerbehälter mit einem Volumen von 26 m³ vorgesehen ist. Das ENSI nimmt in seinem Gutachten diese Änderung gegenüber dem EP16 zur Kenntnis, weist aber darauf hin, dass die Auswirkung der Wahl der Endlagerbehälter auf andere sicherheitstechnische Aspekte wie beispielsweise die Handhabbarkeit im EP21 noch nicht diskutiert wird. Entsprechend fordert das ENSI im Auflagenantrag A.1, dass bei der Wahl der Endlagerbehälter weitere sicherheitsrelevanten Aspekte zu berücksichtigen sind.

Auch die KNS ist der Ansicht, dass die Wahl der Endlagerbehälter sicherheitstechnisch relevante Auswirkungen auf verschiedene Aspekte in der Betriebs- und der Nachbetriebsphase eines geologischen Tiefenlagers hat. Dazu gehören betriebliche Belange wie die Handhabbarkeit, aber auch Fragen im Zusammenhang mit der möglichen Rück-

holung der Abfälle ohne grossen Aufwand. Entsprechend unterstützt die KNS die Forderung des ENSI, dass bei der Wahl der Endlagerbehälter jeweils alle massgeblichen sicherheitsrelevanten Aspekte angemessen zu berücksichtigen sind. Ergänzend merkt die KNS an, dass nach der Rahmenbewilligung im weiteren Verfahrensverlauf das am Standort des geologischen Tiefenlagers zur Verfügung stehende untertägige Platzangebot konkretisiert werden wird. Hinsichtlich der Wahl der Endlagerbehälter dürfte damit auch eine fundiertere Abwägung der Bedeutung der Platzoptimierung gegenüber weiteren Aspekten wie beispielsweise der Handhabbarkeit der Endlagerbehälter verbunden sein.

- Die KNS begrüsst, dass seitens der Entsorgungspflichtigen die Bestrebungen zur Reduktion von Bitumen bei der Konditionierung gewisser Betriebsabfälle weitergeführt werden. Wie bereits in ihrer Stellungnahme zum EP16 festgehalten, ist eine Reduktion des Organika-Anteils in einem geologischen Tiefenlager aus Sicht der KNS eine sicherheitsgerichtete Massnahme, die neben einer Verminderung der Gasbildung vor allem auch dazu beiträgt, durch Organika bedingte mögliche negative Auswirkungen auf den Transport von gelösten Radionukliden (z. B. verringerte Rückhaltung) zu vermeiden. Dies gilt umso mehr, als nach Einschätzung der KNS offen ist, ob das aktuelle Verständnis der komplexen Wechselwirkung organischer Bestandteile in den Abfällen mit den übrigen Abfallkomponenten und der Verfüllung der Lagerkavernen bereits als abschliessend betrachtet werden kann.
- Hinsichtlich der sicherheitstechnischen Bewertung der Gasbildung in einem geologischen Tiefenlagern in der Nachbetriebsphase ist die Frage zentral, ob belastbar ausgeschlossen werden kann, dass die Gasproduktion die Sicherheitsfunktionen des Wirtgesteins und der technischen Barrieren nach dem Verschluss des Lagers negativ beeinträchtigt.

Die Nagra wird gemäss Angaben im EP21 den 2016 vorgelegten Gassynthesebericht [NTB 16-03] aktualisieren und in die Sicherheitsanalyse für das RBG neue Erkenntnisse bezüglich Gasbildung und Druckaufbau integrieren. Die Nagra geht gemäss heutigem Kenntnisstand davon aus, dass für die erwartete Entwicklung des Tiefenlagersystems mit einer signifikanten Sicherheitsmarge nachweislich belegt werden kann, dass der erwartete Druckaufbau der Gase keine negativen Auswirkungen auf die günstigen Eigenschaften des Opalinustons hat.

Die KNS wird sich im Rahmen der Behandlung des RBG mit dem von der Nagra dokumentierten Stand betreffend die sicherheitstechnische Bedeutung der Gasbildung und des mit der Gasbildung verbundenen Druckaufbaus im Tiefenlager befassen. Sie merkt an, dass der Nachweis der Funktionalität allfälliger technischer Massnahmen zur Limitierung der möglichen negativen Auswirkungen der im Tiefenlager gebildeten Gase noch ausstehend ist. Aus diesem Grund hat der Hinweis der KNS aus ihrer Stellungnahme zum Vorschlag der in Etappe 3 SGT weiter zu untersuchenden geologischen Standortegebiete [KNS-02820] weiter Bestand, dass robuste Ansätze zur Lösung der Problematik der Gasentwicklung in einem geologischen Tiefenlager evaluiert werden sollten. Die KNS unterstützt den Vorschlag des ENSI, dass Auflage 5.1 aus der Verfügung des Bundesrats zum EP16 [BR Vf-EP16], in welcher die Reduktion der potenziellen Gasbildung aus metallischen Abfällen adressiert wird, bis zur nächsten Aktualisierung des Entsorgungsprogramm bestehen bleibt.

2.2 Zu «3 Die geologischen Tiefenlager»

2.2.1 Zu «3.1 Einleitung und Übersicht»

Sachstand EP21

Die Übersicht hinsichtlich der Entsorgungskonzepte für die hochaktiven Abfälle (HAA) wie auch für die schwach- und mittelaktiven Abfälle (SMA) wurde aufgrund des Fortschritts in verschiedenen Ländern für das EP21 aktualisiert. Weiter wird auf den gegenüber dem EP16 erhöhten Kenntnisstand eingegangen. Dieser zeigt sich u. a. in der Darlegung des Fortschritts im Sachplanverfahren geologische Tiefenlager (SGT) seit 2016 und der im Rahmen von Etappe 3 durchgeführten Felduntersuchungen (u. a. 3D-Seismik, Tiefbohrungen, Quaritäruntersuchungen).

Während die im EP16 dargelegten Grundsätze für die Auslegung des HAA-, SMA-Lagers und Kombilagers weiterhin gültig sind, schreitet die Konkretisierung bei der Projektierung der Anlagenelemente voran. Nach dem Entscheid des Bundesrats zu SGT Etappe 2 verbleiben in Etappe 3 ausschliesslich geologische Standortgebiete (Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost), welche laut Angaben im EP21 aufgrund des aktuellen Kenntnisstands für Kombi- und Einzellager geeignet sind. Die Ergebnisse der weit fortgeschrittenen Feldarbeiten bestätigen demnach, dass in allen drei Standortgebieten genügend Platz für die Anordnung eines Kombilagers vorhanden ist. Da die Realisierung eines Kombilagers im Vergleich zu zwei Einzellagern gemäss Beurteilung der Nagra mit betrieblichen, sicherheitstechnischen, ökologischen und ökonomischen Vorteilen verbunden ist und zudem alle für den Bau und Betrieb eines geologischen Tiefenlagers erforderlichen Funktionen umfasst und somit auch für ein SMA-Lager und ein HAA-Lager als abdeckend erachtet werden kann, wird im EP21 die Auslegung anhand des Kombilagers erläutert. Auf die Auslegung der Einzellager wird insofern eingetreten, als dass aufgezeigt wird, welche spezifischen Lagerteile aus dem Kombilager für das jeweilige Einzellager hinfällig werden.

Die heutigen Konzepte für den Bau, Betrieb und Verschluss der geologischen Tiefenlager basieren auf der heute vorhandenen Technologie. Auf dem Gebiet der Technologie allgemein (Robotik, Steuerungen etc.) werden voraussichtlich bis Baubeginn noch erhebliche Entwicklungen stattfinden, welche in die definitive Auslegung der Lagertechnologie einfließen werden. Für die definitiv zu verwendende Technologie bis zum nuklearen Baubewilligungsgesuch und – je nach Thematik – auch für spätere Verfahrensschritte ist ein ausreichender Handlungsspielraum zur Berücksichtigung der Entwicklungen beizubehalten (siehe Anhang A.4 in [NTB 21-01]). Im Hinblick auf das EP21 hat der Bundesrat eine Auflage formuliert, mit welcher er als Vorarbeit zur Erstellung eines Konzepts für das RBG Aussagen zum Verschluss fordert ([BR Vf-EP16], Auflage 5.4). In Anhang A.8.4 in [NTB 21-01] und im [NAB 21-12] legt die Nagra dar, wie der Betrieb des Tiefenlagers und die Realisierungsdauer der Verschlussphase durch unterschiedliche Verschlussvarianten beeinflusst werden.

Im schweizerischen Programm sind die Überwachung und die Rückholbarkeit integraler Bestandteil der Tiefenlagerkonzepte. Sowohl für die Rückholung wie auch für die Überwachung bestehen technische Konzepte, die periodisch an die neuesten Erkenntnisse angepasst werden. Mit dem RBG wird ein integrales Überwachungskonzept, abgestützt auf den bisherigen Erfahrungen, eingereicht. Zusammen mit dem EP21 hat die Nagra in Hintergrundberichten erste standortunabhängige Konzepte zum Umweltmonitoring ([NAB 20-28], im Zusammenhang mit der Auflage 5.5 aus der Verfügung des Bundesrats zum EP16), zur untertägigen Überwachung während des Betriebs der EUU respektive der Testbereiche ([NAB 21-14], im Zusammenhang mit der Auflage 5.6 aus der Verfügung des Bundesrats zum EP16) sowie zur Überwachung des Pilotlagers ([NAB 21-11], im Zusammenhang mit der Auflage 5.2 aus der Verfügung des Bundesrats zum EP16) vorgelegt.

Beurteilung durch das ENSI

Das ENSI stellt fest, dass das von der Nagra vorgestellte Entsorgungskonzept den Vorgaben der Kernenergiegesetzgebung, den Anforderungen des ENSI an geologische Tiefenlager (Richtlinie [ENSI G03]) und der internationalen Erfahrung entspricht. 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 (Kombilager) für alle radioaktiven Abfälle führen.

Ob in den aktuell noch im Sachplanverfahren verbleibenden Standortgebieten die Platzverhältnisse im geologischen Untergrund für ein Kombilager ausreichen und ob ein solches Kombilager gegenüber zwei Einzellagern sicherheitstechnische Vorteile bietet (wie von der Nagra ausgeführt), wird vom ENSI im Rahmen von Etappe 3 SGT beurteilt werden, sobald die Unterlagen für ein oder mehrere Rahmenbewilligungsgesuche vorliegen.

Das ENSI ist mit den Aussagen der Nagra in [NTB 21-01] bezüglich Lagerauslegung einverstanden. Mit fortschreitender Konkretisierung der Projekte für die geologischen Tiefenlager im Rahmen des Sachplanverfahrens und der Bewilligungsverfahren nach KEG ist die Lagerauslegung stufengerecht an die lokalen Bedingungen anzupassen, wobei die Eignung der verschiedenen Varianten geprüft und die für die Sicherheit optimierte Variante zu wählen ist. Die abschliessende Auslegung der Lager (detaillierte Anordnung der untertägigen Lagerkammern, detaillierte Ausgestaltung der technischen Barrieren) ist mit den Befunden der EEU, den Resultaten aus dem künftigen RD&D-Plan und den Erfahrungen aus ausländischen Programmen abzustimmen.

Das ENSI stimmt der grundsätzlichen Vorgehensweise der Nagra zu, einen genügend grossen Handlungsspielraum für die Optimierung der Lagerauslegung bis zum nuklearen Baugesuch sowie für die Optimierung der Technologie für Bau, Betrieb und Verschluss der geologischen Tiefenlager aufrecht zu erhalten. Dadurch können zur kontinuierlichen Erhöhung der Sicherheit neue Informationen, zukünftige Erkenntnisse und technologische Entwicklungen berücksichtigt werden.

Die Nagra hat seit 2016 die Eignung verschiedener Bauverfahren für den Vortrieb und Ausbau der HAA-Lagerstollen weiter untersucht. Eine Schildvortriebsmaschine mit einem Ausbau aus vorfabrizierten Betonsegmenten (Tübbingausbau) wurde als aktuelles Konzept für den Bau der HAA-Lagerstollen gewählt. Die Kavernen des SMA-Lagers sollen mit konventionellen Vortriebsmethoden (Teilschnittmaschine oder Sprengvortrieb) ausgebrochen werden. Die vortriebsbedingte Auflockerung des Gebirges um einen Tunnelquerschnitt kann am besten durch einen möglichst frühen Einbau des Tunnelausbaus hinter der Ortsbrust minimiert werden. Der momentan von der Nagra für den Vortrieb der HAA-Lagerstollen geplante maschinelle Vortrieb mit einer Schildvortriebsmaschine ermöglicht einen solchen frühen Stollenausbau und stellt aus Sicht des ENSI eine erprobte, sichere und gebirgsschonende Vortriebsmethode dar.

Aus Sicht des ENSI sind für den Vortrieb der Kavernen im SMA-Lager sowie der weiteren sicherheitsrelevanten Untertagebauwerke der SMA- und HAA-Lager auf Lagerebene ebenfalls gebirgsschonende Vortriebsmethoden zu verwenden. Es ist zu erwarten, dass ein Sprengvortrieb im Vergleich zu einem Vortrieb mit einer Teilschnittmaschine grössere Schädigungen im Opalinuston verursachen und zur Entwicklung grösserer Auflockerungszonen im Opalinuston führen wird.

Das ENSI empfiehlt, das Gebirgsverhalten und die Wechselwirkungen zwischen Ausbau und Gebirge (Systemverhalten) im Bereich sicherheitsrelevanter Untertagebauwerke und komplexer Abschnitte des Tiefenlagers, u. a. Kreuzungsbauwerke und Untertagebauwerke mit grosser Spannweite und komplexen Übergangsbereichen mit sich ändernden Querschnitten,

für das RBG vertieft zu untersuchen und zu analysieren. Die daraus abgeleiteten Erkenntnisse und resultierenden möglichen Auswirkungen sollen in die Betrachtung der Langzeitsicherheit einfließen (Hinweis in [ENSI 33/939]).

Mit dem Aufzeigen und Vergleichen möglicher Verschlussvarianten in [NAB 21-12] hat die Nagra aus Sicht des ENSI die entsprechende Auflage 5.4 des Bundesrates [BR Vf-EP16] umgesetzt. In diesem Bericht werden das Verschlusskonzept eines geologischen Tiefenlagers im Opalinuston sowie konzeptionelle, standortunabhängige und modellhafte Auslegungen der Verschlussbauwerke beschrieben.

Den von der Nagra dokumentierten Stand der Arbeiten betreffend die Überwachung der Umwelt und des geologischen Umfelds [NAB 20-28] und zur untertägigen Überwachung während des Betriebs der EEU respektive der Testbereiche [NAB 21-14] sowie des Pilotlagers [NAB 21-11] erachtet das ENSI grundsätzlich als stufengerecht:

- In [NAB 20-28] legt die Nagra dar, wie die Überwachung der Umwelt und des geologischen Umfelds sowie die dazugehörigen Nullmessungen als Teil des integralen Überwachungskonzepts für das geologische Tiefenlager von ihr angedacht sind und welche Vorarbeiten zu den Nullmessungen bereits erfolgt sind. Die von der Nagra aufgezeigte Liste von Prozessen und zu messenden Parametern ist für das ENSI nachvollziehbar. Damit sieht das ENSI die Auflage 5.5 des Bundesrates zum EP16 [BR Vf-EP16] als erfüllt an.
- Die Nagra hat den Umfang und Inhalt der Messungen zur Überwachung eines Pilotlagers für HAA bzw. SMA weiter konkretisiert und die aktuellen Erkenntnisse hinsichtlich des Aspekts der Interpretation der erfassten Messwerte dargelegt. Den gewählten Ansatz hinsichtlich der Auswahl der Überwachungsparameter erachtet das ENSI grundsätzlich als zielführend. Allerdings erachtet das ENSI die aktuelle Auswahl von nur zwei Überwachungsparametern Temperatur und Porenwasserdruck für die Überwachung des Pilotlagers in [NAB 21-11] als zu gering, um die dort genannten Ziele eines Monitorings (Lieferung von Informationen zum Verhalten des Mehrfachbarrierensystems, Überprüfung von Modellen und deren Aussagen zur Entwicklung des Mehrfachbarrierensystems, Entdeckung von unerwarteten Entwicklungen während der Beobachtungsphase) vollständig zu erreichen. Die Nagra wird im Rahmen der Dokumentation des RBG die Parameterwahl neu evaluieren und gegebenenfalls anpassen.

Die Nagra hat in [NAB 21-11] ebenfalls Erkenntnisse hinsichtlich der Gewährleistung der Übertragbarkeit der gewonnenen Erkenntnisse vom Pilotlager auf das Hauptlager dargelegt. Für die Übertragbarkeit sollte nach Einschätzung des ENSI intensiver auf das Prozessverständnis und auf modellbasierte Prognosen für das Pilot- und das Hauptlager verwiesen werden. So kann ein Vergleich der Entwicklung der Messwerte im Pilotlager mit den auf Modellbasis prognostizierten Werten Aufschluss über das vorliegende Prozessverständnis geben und die zu erwartenden Unterschiede zwischen Pilotlager und Hauptlager aufzeigen.

Die Auflage 5.2 zum Pilotlager aus der Verfügung des Bundesrates zum EP16 [BR Vf-EP16] erachtet das ENSI als erfüllt. Im Auflagenantrag A.2 hält das ENSI fest, dass im nächsten Entsorgungsprogramm vertiefter auf die Übertragbarkeit der gewonnenen Erkenntnisse im Pilotlager auf das Hauptlager mit Hilfe von Simulationswerkzeugen einzugehen ist. Zudem sind der Umfang und der Inhalt der Messungen im Pilotlager stufengerecht weiter zu konkretisieren und dabei das Messprogramm auch im Hinblick auf die Lieferung von Information zum Kurz- und Langzeitverhalten des Mehrfachbarrierensystems und zur Entdeckung von unerwarteten Entwicklungen während der Beobachtungsphase bei Bedarf zu erweitern.

Stellungnahme der KNS

Die Vorgehensweise des ENSI bei seiner Beurteilung der Angaben zu den geologischen Tiefenlagern im EP21 ist für die KNS nachvollziehbar. Wie das ENSI kommt sie zum Schluss, dass das gewählte Entsorgungskonzept den regulatorischen Anforderungen entspricht und das im Lagerkonzept vorgesehene Mehrfachbarrierensystem geeignet ist, um den geforderten dauerhaften Schutz von Mensch und Umwelt vor der ionisierenden Strahlung der radioaktiven Abfälle zu gewährleisten.

Zu den Ausführungen der Nagra zu den geologischen Tiefenlagern und deren Beurteilung durch das ENSI merkt die KNS Folgendes an:

- Technologie für den Bau der Lager
 - Ein gebirgsschonender Ausbruch und ein zeitnaher Ausbau hinter der Ortsbrust sind wichtige Elemente im Hinblick auf den Schutz bzw. den Erhalt der Barriereeigenschaften des Opalinustons. Das aktuelle Konzept der Nagra für den Bau der HAA-Lagerstollen (Tunnelbohrmaschine mit Tübbingausbau) ist diesbezüglich positiv zu bewerten. Bei den SMA-Lagerkavernen und den Betriebstunneln ist aus Sicht der KNS der Ausbruch mit einer Teilschnittmaschine einem Sprengvortrieb vorzuziehen.
 - Der Hinweis des ENSI in [ENSI 33/939] zur vertieften Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Ausbau und Gebirge ist grundsätzlich zu unterstützen. Allgemeiner gefasst erwartet die KNS, dass diese Wechselwirkungen im weiteren Verfahrensablauf stufengerecht untersucht und analysiert werden.
- Nullmessungen und Umweltüberwachung
 - Mit der Überwachung der Umwelt und des geologischen Umfelds (ÜUG) soll die Grundlage geschaffen werden, um natürliche Schwankungen im Bereich Umwelt und Geologie von Veränderungen, die durch den Bau und Betrieb eines geologischen Tiefenlagers verursacht werden könnten, zu unterscheiden. Die ÜUG dient somit insbesondere der Beweissicherung. Das in [NAB 20-28] vorgestellte Konzept für die ÜUG ist aus Sicht der KNS grundsätzlich plausibel. Für verschiedene thematische Bereiche wird im Bericht ein beispielhaftes Messprogramm vorgestellt. Teilweise sind dabei sehr hohe Messfrequenzen vorgesehen (z. B. bei der Überwachung von Quellen: 1 x alle 60 Minuten, während des Einlagerungsbetriebs 1 x alle 10 Minuten). Ob derart hohe Messfrequenzen überhaupt erforderlich sind, um das mit der ÜUG verfolgte Ziel zu erreichen, ist nach Einschätzung der KNS fraglich. Sie regt daher an, das Thema Aufbereitung bzw. Weiterverarbeitung von Zeitreihen mit hoher zeitlicher Auflösung, welche im Rahmen der ÜUG erfasst werden, weiterzuverfolgen sowie entsprechende Konzepte zeitnah weiterzuentwickeln und zu konkretisieren. Dazu gehört auch eine Überprüfung der Erfordernisse betreffend die zu wählenden Messfrequenzen.
Weiter kommt einem sachgerechten Datenmanagement, auf dessen Basis die mutmasslich sehr grosse Zahl von Messwerten adäquat ausgewertet werden kann, eine grosse Bedeutung zu. Die KNS geht davon aus, dass dieser Aspekt seitens Nagra im Zuge der Konkretisierung des integralen Überwachungskonzepts entsprechend berücksichtigt wird (siehe auch die Einschätzung der KNS zum Auflagenantrag A.3 «Datenmanagement» des ENSI in Abschnitt 2.3).
- Monitoring und Pilotlager
 - Im Rahmen des EU-Forschungsprojekts *Modern2020* wurde seitens Nagra eine Methodik zur Auswahl von Überwachungsparametern entwickelt, die im Rahmen des Monitorings der Pilotlager zu erfassen sind. Aktuell resultieren aus der Anwendung dieser Methodik zwei Parameter hoher Priorität, für deren Beurteilung numerische Kriterien vorhanden sind bzw. standortspezifisch entwickelt werden. Zum einen

ist dies die Temperatur im Opalinuston und zum anderen der Fluiddruck im Opalinuston.

In ihrer Stellungnahme [KNS-02858] zum EP16 hatte die KNS empfohlen, im Hinblick auf ein schlüssiges Monitoringkonzept die Aspekte Umfang und Inhalt der für die Überwachung der Pilotlager erforderlichen Messungen, Interpretation bzw. Interpretierbarkeit sowie Gewährleistung der Übertragbarkeit der Ergebnisse der Überwachung auf das Hauptlager aufzugreifen und entsprechende Abklärungen zu initiieren (Empfehlung 2 in [KNS-02858] bzw. Auflage 5.2 in der Verfügung des Bundesrats zum EP16 [BR Vf-EP16]). Die KNS stellt fest, dass die Nagra mit den im Bericht [NAB 21-11] dokumentierten Arbeiten dieses Anliegen aufgegriffen hat.

Die von der Nagra in [NAB 21-11] dargestellte Methodik zur Identifikation von Parametern, die im Rahmen des Monitorings zu erfassen sind, ist aus Sicht der KNS plausibel. Die Einschätzung, dass die Temperatur und der Fluiddruck im Opalinuston zentrale Parameter im Hinblick auf die Entwicklung der eingelagerten Abfälle, des Nahfeldes und des umgebenden Wirtgesteins sind, wird von der KNS geteilt. Sie nimmt zur Kenntnis, dass es sich bei diesen beiden, derzeit ausgewählten Parametern um eine Vorauswahl handelt, die auf dem aktuellen Kenntnis- und Projektstand basiert. Entsprechend geht sie davon aus, dass die Parameterauswahl im weiteren Verfahrensablauf bzw. in den weiteren Bewilligungsschritten weiter konkretisiert bzw. allenfalls erweitert wird.

In [NAB 21-11] wird auch ein erster, generischer Reaktionsplan für das Vorgehen beim Auftreten von unerwarteten bzw. a priori nicht erkläraren Messwerten während des Monitorings der Pilotlager entwickelt. Dieser Plan ist – dem aktuellen Projektstand entsprechend – noch vergleichsweise grob und wenig spezifisch. Insbesondere wird die Zeitskala für mögliche Reaktionen (wieviel Zeit wird für eine angemessene Reaktion benötigt und wieviel Zeit steht zur Verfügung?) nicht im Detail adressiert. Nach Einschätzung der KNS dürfte der nun vorliegende Reaktionsplan aber ein geeigneter Ausgangspunkt für eine weitere Konkretisierung sein.

- In ihrer Stellungnahme zum EP16 hatte die KNS festgehalten, dass aus ihrer Sicht die sicherheitstechnische Aussagekraft eines Pilotlagers noch offen sei. Diese Einschätzung ist nach wie vor aktuell. Die KNS stellt aber fest, dass mit dem Bericht [NAB 21-11] und entsprechenden Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Bereich Monitoring (siehe RD&D-Plan [NTB 21-02]) verschiedene aus Sicht der KNS bestehende Unsicherheiten im Zusammenhang mit den Pilotlagern angesprochen werden. Eine Beurteilung des aktuellen Sachstands wird die KNS nach Vorliegen der Dokumentation zum RBG bzw. des nächsten Entsorgungsprogramms vornehmen.

Unabhängig von einer Bewertung des konkreten Nutzens eines Pilotlagers hebt die KNS hervor, dass insbesondere sichergestellt sein muss, dass die Pilotlager keine negativen Auswirkungen auf die Langzeitsicherheit des Haupt- bzw. des Gesamtlagers haben.⁶

- Seitens ENSI wird im Auflagenantrag A.2 gefordert, dass im nächsten Entsorgungsprogramm vertiefter auf die Übertragbarkeit der im Pilotlager gewonnenen Erkenntnisse auf das Hauptlager mit Hilfe von Simulationswerkzeugen einzugehen ist.

Da Simulationswerkzeuge auf Modellkonzepten basieren, in welchen die – gemäss vorliegendem Prozessverständnis – massgebenden Prozesse in der Regel vereinfacht abgebildet sind, kommt dem Aspekt der Eignung eines gewählten Ansatzes,

⁶ Gemäss Art. 66 Abs. 2 Bst. c KEV muss das Pilotlager vom Hauptlager räumlich und hydraulisch getrennt sein. Zudem gibt die Richtlinie ENSI-G03 «Geologische Tiefenlager» vor, dass Störfälle im Pilotlager die Betriebs- und Langzeitsicherheit des geologischen Tiefenlagers nicht beeinträchtigen dürfen und umgekehrt.

skalenbedingte Unterschiede zwischen Pilot- und Hauptlager sowie allfällige unerwartete Entwicklungen abbilden zu können, aus Sicht der KNS grundsätzliche Bedeutung zu. Dies beeinflusst auch die Belastbarkeit von Aussagen, die auf modellbasierten Prognosen beruhen, sowie von daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen. Ob mit Simulationswerkzeugen das angestrebte Ziel, das Prozessverständnis zu verbessern und die zu erwartenden Unterschiede zwischen Pilotlager und Hauptlager aufzuzeigen, erreicht werden kann, ist aus Sicht der KNS fraglich. Dies auch, da eine Validierung der verwendeten Modelle auf Basis der Messdaten aus dem Pilotlager aufgrund des begrenzten Beobachtungszeitraums kaum möglich sein dürfte.

- Das ENSI veröffentlichte 2021 den Schlussbericht des Forschungsprojekts «Auslegung und Inventar des Pilotlagers» [ENSI AIPL 2021]. Ziel dieses Projekts war es, die notwendigen Anforderungen an ein Pilotlager, dessen Platzierung und Bestückung sowie die wichtigsten zu überwachenden Prozesse und Parameter zu untersuchen. Bezüglich Inventar des Pilotlagers für SMA ist im Bericht festgehalten, dass es aufgrund der Heterogenität der SMA vergleichsweise schwierig sein dürfte, die Verhältnisse bezüglich Inventar und stofflicher Zusammensetzung repräsentativ abzubilden. Die KNS teilt diese Einschätzung. Auch wenn die Festlegung des Abfallinventars für die Pilotlager zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht sachgerecht wäre, stellt sich die Frage, nach welchen Kriterien die Auswahl einer repräsentativen kleinen Menge von radioaktiven Abfällen für die Einlagerung in das Pilotlager SMA erfolgen kann bzw. soll. Die KNS empfiehlt der Nagra, im weiteren Projektverlauf diese Frage zeitnah zu behandeln und im Rahmen der nächsten Aktualisierung des Entsorgungsprogramms den dann aktuellen Stand in der Sache darzulegen.

2.2.2 Zu «3.2 Auslegung der geologischen Tiefenlager»

Sachstand EP21

Die Auslegungskonzepte für das HAA-Lager und das SMA-Lager basieren auf den in [NTB 21-01] dargestellten Sicherheitskonzepten (Mehrfachbarrierensystem) für HAA und SMA. Ein Kombilager besteht aus räumlich getrennten Lagerteilen für HAA und SMA am gleichen Standort. Alle Lagertypen umfassen auf Lagerebene ein Hauptlager, ein Pilotlager und Testbereiche. Weitere Elemente der geologischen Tiefenlager sind die Oberflächeninfrastruktur (OFI) und die Zugänge nach untertag.

Mit fortschreitender Konkretisierung des Lagerprojekts wird die Eignung verschiedener Varianten zu verschiedenen Elementen des geologischen Tiefenlagers geprüft, analysiert und im Hinblick auf Entscheidungen bewertet; dies entspricht dem Optimierungsgebot gemäss ENSI-Vorgabe ([ENSI G03; siehe Anhang A.4 in [NTB 21-01]). Eine abschliessende Festlegung des Lagerprojekts (u. a. Anordnung der untertägigen Lagerkammern, detaillierte Ausgestaltung der technischen Barrieren) erfolgt im Rahmen des nuklearen Baubewilligungsgesuchs bzw. im nachfolgenden Freigabeverfahren und basiert auf den Befunden der erdwissenschaftlichen Untersuchungen untertag (EUU). Dabei sind auch die in Zukunft anfallenden Resultate aus dem RD&D-Programm und die Erfahrungen in ausländischen Programmen zu berücksichtigen. Für eine Optimierung des Lagerprojekts ist deshalb bis zum nuklearen Baubewilligungsgesuch ein genügend grosser Handlungsspielraum zur Berücksichtigung neuer Informationen und Erkenntnisse aufrecht zu erhalten (Anhang A.4 in [NTB 21-01]).

Die gesetzlichen und behördlichen Vorgaben sind für alle Lagertypen prinzipiell gleich. Somit ist die Langzeitsicherheit für das Kombilager grundsätzlich gewährleistet, wenn für den Lagerteil HAA das Sicherheitskonzept HAA und für den Lagerteil SMA das Sicherheitskonzept SMA zum Tragen kommen und keine anderweitigen nachteiligen Wechselwirkungen zwischen den Lagerteilen vorliegen (Anhang A.8.3 in [NTB 21-01]).

Ein Kombilager umfasst alle für den Bau und Betrieb der Lagerteile HAA und SMA erforderlichen Anlagenelemente und Bauten. Es ist bezüglich Funktionen für ein SMA-Lager und ein HAA-Lager abdeckend und auch die Vorgaben sind grundsätzlich gleich. Deshalb lässt sich die Auslegung des HAA-Lagers und des SMA-Lagers durch Weglassen der entsprechenden spezifischen Lagerteile für SMA und HAA aus dem Kombilager herleiten.

Die Lagerauslegung für ein modellhaftes Kombilager wird in Kapitel 3.2 in [NTB 21-01] auf Stufe Konzept beschrieben.⁷ Dieses basiert auf einem standortunabhängigen Projekt gemäss aktuellem Stand. Die Anlagenelemente und Bauten lassen sich vereinfachend in drei Kategorien einteilen:

– Oberflächeninfrastruktur (OFI):

Die wichtigsten Anlagenelemente sind die Oberflächenanlagen⁸ (OFA) und die Nebenzugangsanlagen (Anlageteile an der Oberfläche und am oberen Ende eines Zugangsbauwerks, über das keine Transporte radioaktiver Abfälle erfolgen). Weitere Elemente sind unter anderem Erschliessungsbauwerke, Baustelleninstallationen und Standorte für die Verwertung und Ablagerung von anfallenden Ausbruch- und Aushubmaterialien. In der OFA als Kernstück der Oberflächeninfrastruktur werden die radioaktiven Abfälle nach Anlieferung und Eingangskontrolle endlagergerecht verpackt (falls sie bei der Anlieferung nicht bereits in Endlagerbehältern verpackt sind) und anschliessend nach untertage transportiert. Die Verpackung der Abfälle kann grundsätzlich auch in einer Anlage ausserhalb der OFA erfolgen. Im Falle der abgebrannten Brennelemente und der Abfälle aus der Wiederaufarbeitung lässt sich die Verpackungsanlage allerdings nur am Ort des Tiefenlagers oder beim ZWILAG sinnvoll realisieren.

– Zugänge nach untertag

Die Zugangsbauwerke (Schächte, Tunnel) stellen die Verbindung zwischen der Oberfläche und den Bauten auf Lagerebene sicher. Aus Sicherheitsgründen (Flucht, Intervention, redundante Ver- und Entsorgung) stehen immer mindestens zwei räumlich und lüftungstechnisch getrennte Zugänge nach untertag zur Verfügung. Aus baulichen, betrieblichen und betriebssicherheitstechnischen Gründen sind folgende, funktional getrennte Zugänge geplant:

- Zugangsschacht oder Zugangstunnel (Hauptzugang von der OFA auf die Lagerebene)
- Betriebsschacht oder Betriebszugangstunnel (Nebenzugang auf die Lagerebene)
- Lüftungsschacht (Nebenzugang auf die Lagerebene)

– Anlagenelemente und Bauten auf der Lagerebene

Die Bauten auf Lagerebene eines Kombilagers lassen sich in folgende Kategorien einteilen:

- HAA-Lagerteil (Hauptlager HAA und Pilotlager HAA)
- SMA-Lagerteil (Hauptlager SMA und Pilotlager SMA)

⁷ In den Kapiteln 3.3 und 3.4 in [NTB 21-01] werden die Unterschiede der Einzellager HAA und SMA im Vergleich zum Kombilager aufgeführt.

⁸ Die Oberflächenanlage umfasst die Gesamtheit der Anlagen (Bauwerke, Installationen und Geräte) an der Oberfläche (oder in Oberflächennähe) zur Annahme radioaktiver Abfälle, zur Vorbereitung der Einlagerung (z. B. Verpackung) inklusive Anlieferung und Rückschub aller dazu erforderlichen Behälter und Materialien, zum Verlad für den Transport der Tiefenlagerbehälter, Verfüll- und Versiegelungsmaterialien sowie für alle erforderlichen Nebenprozesse (z. B. Versorgungs- und Entsorgungseinrichtungen). Die Oberflächenanlage befindet sich am oberen Ende des Zugangsbauwerks, über welches die Transporte radioaktiver Abfälle in das geologische Tiefenlager erfolgen. (ENSI-Glossar)

- Testbereiche
- Zentraler Bereich

Die Nagra hat zur Beurteilung von Wechselwirkungen zwischen dem SMA- und dem HAA-Lagerteil eines Kombilagers zwei Hintergrundberichte zum EP21 erstellt: [NAB 19-15] umfasst Informationen zu Wechselwirkungen hinsichtlich des Baus und Betriebs, [NAB 20-31] hinsichtlich der Langzeitsicherheit.

[NAB 19-15] vergleicht ein beispielhaftes Kombilager mit zwei Einzellagern (SMA-Lager und HAA-Lager). Bei einem Kombilager können viele Elemente der OFI und ein Teil der Bauten untertag (Zugangsbauwerke und zentraler Bereich) für den Bau und die Einlagerung von SMA und HAA gemeinsam genutzt werden. Die daraus generierten Synergien und Reduktionen der Gesamtauswirkungen (z. B. Flächen-, Energie- und Ressourcenverbrauch, Bauvolumina und Ausbruchmengen, Emission von Treibhausgasen) sprechen aus Sicht der Nagra für die Realisierung eines Kombilagers. Die Nagra nimmt an, dass in allen Lagertypen die jeweils gleichen oder gleichwertige Anlagen und Sicherheitssysteme vorhanden sind, daher keine Unterschiede hinsichtlich der Betriebssicherheit vorhanden sind.

Ein geologisches Tiefenlager muss ausserdem unabhängig vom Lagertyp so geplant und realisiert werden, dass die Schutzziele der Betriebssicherheit erreicht werden. Durch eine geeignete Auslegung der Lagerteile und geeignete Betriebsabläufe verursachen die baulichen und betrieblichen Wechselwirkungen zwischen dem SMA- und dem HAA-Lagerteil eines Kombilagers aus Sicht der Nagra keine sicherheitsrelevante Beeinträchtigung.

[NAB 20-31] umfasst eine Darlegung der für die Langzeitsicherheit relevanten Wechselwirkungen zwischen dem SMA- und dem HAA-Lagerteil eines Kombilagers. Es wurde eine Methodik entwickelt, die zur Ableitung von standortspezifisch zu erfüllenden sicherheitstechnischen Anforderungen bezüglich der Anordnung der HAA- und SMA-Lagerteile im Kombilager dient. Daraus werden insbesondere der zwischen den Lagerteilen einzuhaltende Mindestabstand, Aspekte zur gegenseitigen Anordnung der Lagerteile und die daraus resultierenden Auswirkungen auf das Platzangebot am Lagerstandort abgeleitet und eine sicherheitstechnische Gesamtbewertung des Kombilagers gegenüber zwei separaten Lagern in den Standortgebieten vorgenommen. Auch hier sprechen die dargelegten Aspekte aus Sicht der Nagra eindeutig für die Realisierung eines Kombilagers.

In Anhang A.4 in [NTB 21-01] werden die Vorgehensweise und die Abwicklung der Arbeiten im Rahmen des mehrstufigen Bewilligungsverfahren nach KEG und die Prinzipien, Ziele und das Vorgehen zur Optimierung der geologischen Tiefenlager erläutert. In diesen Ausführungen wird die Optimierung der Lagerauslegung in den gesetzlichen Gesamtrahmen gesetzt. Wichtigste Grundlage bei der Projektentwicklung für die fachtechnische Beurteilung von Sicherheit und technischer Machbarkeit von Varianten und Optionen sind die jeweiligen Systemanalysen, die sich auf die Datenerhebungen, die Modellentwicklungen und die stufengerechte Projektierung abstützt. Ziele der Optimierung sind die Gewährleistung der Langzeitsicherheit, die Gewährleistung der Sicherheit und Machbarkeit bei Bau und Betrieb der geologischen Tiefenlager, die Sicherstellung der Kompatibilität des Lagers mit Umwelt, Raumplanung und Gesellschaft sowie die Berücksichtigung von Ressourcen und Wirtschaftlichkeit, die zu einer Gesamtoptimierung zusammengeführt werden.

Um die verschiedenen externen und internen Anforderungen im Zusammenhang mit der Implementierung des Vorhabens des geologischen Tiefenlagers adäquat zu adressieren, hat die Nagra ein «Anforderungs- und Konfigurationsmanagement» (Requirements and Configuration Management, RCM) aufgebaut. Der strukturierte RCM-Prozess ist Teil des Qualitätsmanagements der Nagra. Das RCM umfasst die Erarbeitung, Dokumentation und das Management der Anforderungen und deren Umsetzung. Die Anforderungen und deren Umset-

zung werden stufengerecht präzisiert. Das RCM ist mit dem RD&D-Programm über die laufenden RD&D-Projekte zur Optimierung des geologischen Tiefenlagers verbunden. Weiter dokumentiert das RCM auch die Wahl des Lagerprojekts, welches die Grundlage bildet für die Sicherheitsanalyse und Nachweisführung.

Beurteilung durch das ENSI

Die Ausführungen der Nagra in Kapitel 3.2 in [NTB 21-01] basieren auf einem modellhaften Kombilager, das von der Nagra im Rahmen des Entsorgungsprogramms 2021 und der Kostenstudie 2021 als Lagertypvariante bevorzugt wird. Die Nagra wird ihren Vorschlag zur Realisierung von zwei Einzellagern oder von einem Kombilager bzw. den sicherheitstechnischen Vergleich der Standorte erst mit den Unterlagen für das RBG begründen. Das ENSI wird im Rahmen seiner Prüfung des RBG prüfen, ob diese Wahl sicherheitstechnisch nachvollziehbar begründet ist. Ferner wird das ENSI im Rahmen seiner Überprüfung in Etappe 3 SGT die einzureichenden standortspezifischen Lagerprojekte und die dazugehörigen Grundlagen prüfen.

Die von der Nagra in [NTB 21-01] beschriebenen Anforderungen an die Lagerauslegung und die dabei getroffenen Annahmen sind nachvollziehbar. Die beschriebene modellhafte Umsetzung der konzeptuellen Vorgaben und Annahmen am Beispiel eines Kombilagers erscheint im Wesentlichen zweckmässig und sinnvoll. Die dargestellte generische Anordnung der verschiedenen Anlagenelemente und Bauten (OFI und Untertagebauwerke) erscheint zielführend; sie enthält alle gesetzlich geforderten Lagerteile.

Das ENSI begrüsst das Vorgehen der Nagra, einen ausreichenden Handlungsspielraum bis zum nuklearen Baugesuch aufrecht zu erhalten, um neue Informationen und Erkenntnisse für die Optimierung des Lagerprojekts zu nutzen. Das ENSI geht davon aus, dass die Nagra im Rahmen der nächsten Aktualisierung von Kostenstudie und Entsorgungsprogramm die technischen Planungsgrundlagen einschliesslich aller Schnittstellen zwischen den Anlageteilen für die gewählten Standorte (Einzellager SMA und HAA) oder für den gewählten eines Kombilagers aktualisiert und dokumentiert.

Im Hintergrundbericht [NAB 21-12] werden das Verschlusskonzept eines geologischen Tiefenlagers im Opalinuston sowie konzeptionelle, standortunabhängige und modellhafte Auslegungen der Verschlussbauwerke beschrieben. Diese Ausführungen der Nagra erfüllen die Forderung des ENSI in seiner Beurteilung zum EP16, dass die Anforderungen an die Versiegelungstrecken zur Erfüllung des übergeordneten Schutzziels der Langzeitsicherheit begründet werden sollen.

Die in der Auflage 5.3 des Bundesrats zum EP16 [BR Vf-EP16] genannten Aspekte bezüglich der Wechselwirkungen zwischen dem SMA- und dem HAA-Lagerteil eines Kombilagers werden seitens Nagra in Anhang A.8.3 in [NTB 21-01] sowie ausführlich in [NAB 19-15] und [NAB 20-31] angesprochen.

Im Bericht [NAB 19-15] werden die grundsätzlichen Auslegungsvarianten eines Kombilagers gezeigt. Hier werden von der Nagra auch diverse für die Betriebssicherheit relevante Aspekte diskutiert, darunter insbesondere das Problem des zeitgleichen Einlagerungsbetriebs im SMA-Lager und Auffahrbetriebs im HAA-Lager sowie die zeitgleiche Auffahrung und Einlagerung bei den HAA-Lagerstollen während der Betriebsphase. In diesen Perioden müssen die übergeordneten Prinzipien der nuklearen Betriebssicherheit (Einschluss und Abschirmung, sicherer Zustand, Verhinderung Notfälle bzw. Begrenzung der Folgen daraus) eingehalten werden können. Die Ausführungen der Nagra bleiben stufengerecht auf einer generischen Ebene. Aus Sicht des ENSI können in einem Kombilager zwar Synergien genutzt und Auswirkungen (z.B. Flächen-, Energie- und Ressourcenverbrauch, Bauvolumina und Ausbruchmengen, Emission von Treibhausgasen) reduziert werden, die Komplexität der Anlagenabläufe und

damit die Möglichkeit ungewollter Interaktionen und Störfälle dürfte jedoch zunehmen, insbesondere wenn im HAA-Lager Einlagerung und Ausbruch gleichzeitig und in unmittelbarer Nähe zueinander stattfinden. Daher sind die für die Betriebssicherheit relevanten Aspekte im Rahmen kommender Rahmen-, Bau- und Betriebsbewilligungsgesuche erneut und mit zunehmendem Detaillierungsgrad zu betrachten. In [NAB 19-15] werden verschiedene Varianten eines Kombilagers betrachtet und die Nagra macht Angaben zum Flächenbedarf der OFI und Ausbruchsvolumina, jedoch nicht zum im Untergrund notwendigen relativen Platzbedarf für die einzelnen Anlagenteile. Dieser Aspekt der Auflage 5.3 ist nur zum Teil erfüllt. Das ENSI geht jedoch davon aus, dass die Nagra die in den drei Standortgebieten vorhandenen Platzverhältnisse basierend auf den interpretierten 3D-seismischen Datensätzen im Rahmen ihrer Berichte zur Standortwahl darstellen wird.

Bezüglich der sicherheitstechnisch anzustrebenden Varianten in der Lagerkonfiguration macht die Nagra in [NAB 20-31] diverse Aussagen z. B. zum Mindestabstand, zur Anordnung der einzelnen Lagerteile, zur Ausrichtung der Lagerkammern und zu Varianten der SMA-Kavernenquerschnitte für unterschiedliche Überdeckungen. Das Vorgehen der Nagra in [NAB 20-31] wird seitens ENSI als adäquat angesehen, die Tiefe der Betrachtung ist stufengerecht. Dieser Aspekt der Auflage 5.3 ist erfüllt. Auch die Forderung des ENSI in seiner Stellungnahme zum EP16, dass die Nagra bei der Evaluation einer Kombilager-Lösung aufzuzeigen und zu begründen hat, welche Mindestabstände zwischen HAA- und SMA-Lager einzuhalten sind und welche Konsequenzen sich daraus für den Platzbedarf ergeben, wird in [NAB 20-31] behandelt und umgesetzt.

In [ENSI 33/649] wird gefordert, dass die Nagra für jeden einschlusswirksamen Gebirgsbereich den mindestens erforderlichen Platzbedarf für die Anordnung der untertägigen Teile innerhalb des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs sowie die Ungewissheiten des mindestens erforderlichen Platzbedarfs standortspezifisch darstellt. Daher wird der Aspekt des relativen Platzbedarfs zusammen mit den RBG durch das ENSI geprüft werden, so dass die Auflage 5.3 zum Entsorgungsprogramm geschlossen werden kann.

Der Aspekt der Optimierung wurde im Rahmen der Revision der Richtlinie [ENSI G03] als ein wichtiger Prozess während der Lagerrealisierung erweitert. Die neu formulierten Anforderungen unterstützen Auflage 5.7 des Bundesrats zum EP16 [BR Vf-EP16], die sich zunächst nur auf das EP21 bezieht, und erweitern diese zu einem kontinuierlichen Verfahren, das bei der Lagerrealisierung in allen Schritten anzuwenden ist. Der Optimierung liegt ein schrittweises Vorgehen zugrunde, das im schweizerischen Bewilligungsverfahren vorhanden ist und durch die zwischen Rahmen- und Baubewilligung geplanten EUU noch einen weiteren Schritt erfährt. Die Nagra zeigt in ihren Ausführungen auf, dass jeder dieser Schritte im Rahmen der Roadmaps und der Prüfung durch das Nagra-interne «Requirements and Configuration Management» (RCM) eine Optimierung in der Lagerauslegung vorsieht und dabei auch Bedeutung auf die notwendige Flexibilität (Reserven) gelegt wird. Das ENSI begrüsst diese Verknüpfung mit dem RCM der Nagra. Es begrüsst auch die von der Nagra in den verschiedenen Felslaboren geplanten, aktuell laufenden oder bereits abgeschlossenen Projekte, die mit frühzeitiger und konkreter Erfahrung zur Optimierung der Lagerauslegung in den verschiedenen Realisierungsschritten beitragen. Das ENSI beurteilt die Auflage 5.7 des Bundesrats damit als erfüllt.

Stellungnahme der KNS

Die KNS ist mit der Beurteilung der Angaben im EP21 zur Auslegung der geologischen Tiefenlager durch das ENSI einverstanden. Sie stellt fest, dass die Lagerauslegung stufengerecht weiterentwickelt wurde und in verschiedenen Bereichen Varianten berücksichtigt werden. Letzteres trägt dazu bei, die notwendige Flexibilität zur Berücksichtigung zukünftiger Entwicklungen bei der weiteren Konkretisierung der Lagerprojekte zu gewährleisten.

Im Detail merkt die KNS Folgendes an:

- Der standortunabhängige Vergleich eines Kombilagere mit zwei Einzellagern hinsichtlich Bau- und Betriebsabläufen im Bericht [NAB 19-15] ist für die KNS weitgehend nachvollziehbar. Die Auswirkungen von Störfällen und die sichere Auslegung des Kombilagere gegen diese sind in [NAB 19-15] aber noch nicht detailliert beschrieben. Speziell in den Phasen mit gleichzeitigem Auffahr- und Einlagerungsbetrieb⁹ kommt den Aspekten Brandschutz, Lüftung und Personensicherheit/Evakuierung im Hinblick auf mögliche Störfälle besondere Bedeutung zu. Zwar wird seitens Nagra soweit wie möglich eine Entflechtung von Bau- und Einlagerungsbetrieb vorgesehen; die Konsequenzen, insbesondere resultierend aus möglichen Störfällen, können aber erst beurteilt werden, wenn die entsprechenden Unterlagen, wie zum Beispiel Sicherheitsbetrachtungen, zusammen mit dem RBG vorliegen. Die KNS unterstützt die Beurteilung des ENSI, wonach die für die Betriebsicherheit relevanten Aspekte im Rahmen kommender Rahmen-, Bau und Betriebsbewilligungsgesuche erneut und mit zunehmendem Detaillierungsgrad zu betrachten sind.

Die in [NAB 20-31] dokumentierte, von der Nagra gewählte Methodik zur Definition des Mindestabstands zwischen dem SMA- und dem HAA-Lagerteil in einem Kombilager ist strukturiert und transparent. Soweit das aufgrund der vorliegenden Informationen beurteilt werden kann, erscheint der KNS die gewählte Vorgehensweise sachgerecht und plausibel.

- In ihrer Stellungnahme [KNS-02858] zum EP16 hatte die KNS festgehalten, dass es sachgerecht ist, dass der Detaillierungsgrad der Lagerauslegung im Verfahrensablauf vom Standortwahlprozess bis zu den Bewilligungsschritten für die geologischen Tiefenlager stufengerecht dem jeweiligen Stand der Tiefenlagerprojekte angepasst wird. Dies trägt dazu bei, dass zukünftige Erkenntnisse und technische Entwicklungen bei der schrittweisen Optimierung der Lagerauslegung angemessen berücksichtigt werden können. Die KNS hatte aber auch darauf hingewiesen, dass die Zeit bis zu den Meilensteinen Rahmenbewilligung und Baubewilligung konsequent genutzt werden sollte, um im Hinblick auf eine Optimierung der Lagerauslegung frühzeitig konkrete Erfahrungen hinsichtlich der Umsetzbarkeit der aktuellen Lagerkonzeption zu machen. Entsprechend hatte die KNS der Nagra empfohlen, zu prüfen, ob bzw. wie durch geeignete zusätzliche Untersuchungen ein entsprechender Erfahrungsgewinn erreicht werden könnte (Empfehlung 3 in [KNS-02858] bzw. Auflage 5.7 in der Verfügung des Bundesrats zum EP16 [BR Vf-EP16]).

Die KNS begrüsst, dass seitens Nagra die verschiedenen Aspekte der Optimierung im Verfahrensablauf bei der Realisierung des geologischen Tiefenlagers im Rahmen eines strukturierten, übergeordneten Verfahrens behandelt bzw. berücksichtigt werden. Dies beinhaltet auch die Optimierung der Lagerauslegung. Die KNS teilt die Einschätzung des ENSI, dass die von der Nagra in den verschiedenen Felslaboren geplanten, laufenden oder bereits abgeschlossenen Forschungsprojekte zu frühzeitiger, konkreter Erfahrung im Hinblick auf die Optimierung der Lagerauslegung beitragen. Entsprechender, von der Nagra identifizierter RD&D-Bedarf ist im aktuellen RD&D-Plan [NTB 21-02] dargestellt. Gemäss Nagra wird von zukünftigen RD&D-Tätigkeiten erwartet, dass sie vor allem die Optimierung des Tiefenlagersystems hinsichtlich Sicherheit als auch hinsichtlich Implementierung unterstützen.

Die KNS ist mit der Beurteilung des ENSI einverstanden, dass die Auflage 5.7 aus der Verfügung des Bundesrats zum EP16 als erfüllt betrachtet werden kann. Sie erwartet, dass die Nagra das in der Auflage adressierten Anliegen auch im weiteren Verfahrensverlauf sachgerecht berücksichtigt.

⁹ Zeitgleiche Einlagerung im SMA-Lager und Auffahrung im HAA-Lager
Zeitgleiche Auffahrung und Einlagerung im HAA-Lager

2.3 Zu «5 Realisierungsplan für die geologischen Tiefenlager»

Sachstand EP21

Der Realisierungsplan für die geologischen Tiefenlager ist die Basis sowohl für das im EP21 dargelegte strategische Arbeitsprogramm als auch für die Kostenermittlung im Rahmen der Kostenstudie 2021. Wesentliche Unterschiede zwischen den Angaben für den Realisierungsplan im EP16 und im EP21 betreffen unter anderem folgende Punkte:

- Das EP21 enthält auch einen Realisierungsplan für das Kombilager.
- Neu erfolgt die Ausarbeitung des Gesuchs für die erdwissenschaftlichen Untersuchungen untertag (EUU) erst nach dem Bundesratsentscheid zum RBG und nicht, wie noch im EP16 vorgesehen, schon nach Einreichung des RBG. Zudem wird das Gesuch für die EUU erst eingereicht, wenn die Rahmenbewilligung rechtskräftig ist.
- Die Bauvorbereitung für die EUU erfolgt in einer neuen Phase «Vorbereitung EUU» nach Rechtskraft des RBG. Sie erfolgt parallel zur Prüfung des Gesuchs für die EUU durch die Behörden (nicht schon vor dem Entscheid des BR zum RBG).
- Das Bewilligungsverfahren erlaubt weiterhin den Beginn der Einlagerungen ab 2050 (SMA bzw. Kombilager). So beruht die aktualisierte Planung der EUU unter anderem auf einer verstärkten Parallelisierung von Prozessen:
 - Die Phase «Bau und Beginn EUU» dauert neu 5 anstatt 4 Jahre. Diese Änderung hat jedoch keinen Einfluss auf den übergeordneten Realisierungsplan, da bereits nach 4 Jahren mit zeitkritischen Experimenten in den Bauten für die EUU begonnen werden kann.
 - Unter Berücksichtigung einer entsprechend behördlichen Empfehlung wird das nukleare Baubewilligungsgesuch neu 1 Jahr früher als im EP16 eingereicht, wodurch die Bewilligungsphasen für den Bau und Betrieb des SMA-Lagers bzw. Kombilagers neu 5 anstatt 4 Jahre betragen.
 - Durch die Parallelisierung von Prozessen steht mehr Zeit für die Erbringung von notwendigen Nachweisen zur Verfügung. Die Parallelisierung von Prozessen in Zusammenhang mit der Abwicklung der EUU und der Erarbeitung der nuklearen Bau- und Betriebsbewilligungsgesuche wird im EP21 erstmals ausgewiesen.
- Nicht geändert haben die Annahme für die Etappe 3 SGT.

Die wichtigsten Merkmale des Realisierungsplans sind:

- Die Wahl der Standorte für das Kombilager bzw. für das SMA- und das HAA-Lager erfolgt im Sachplanverfahren geologische Tiefenlager (SGT); auch im Falle von Einzel lagern wird das Verfahren bis zur Erteilung der jeweiligen Rahmenbewilligung parallel geführt.
- 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 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); in dieser erfolgt nach einer beschränkten Dauer (Annahme 10 Jahre) die Verfüllung und Versiegelung der Zugänge zu den Lagerfeldern des Hauptlagers auf Lagerebene und der nicht mehr benötigten Zugänge von der Oberfläche nach Untertage.

- 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.

Wie schon im EP16 beruhen die angegebenen Zeitpunkte und Phasenlängen im Realisierungsplan auf günstigen Annahmen. Damit die dargestellten Realisierungspläne für das Kombilager bzw. für das SMA- und das HAA-Lager entsprechend umgesetzt werden können, ist es insbesondere erforderlich, dass

- die Begutachtung der Gesuchsunterlagen für die Rahmenbewilligungen durch die Behörden ebenso wie der Bundesratsentscheid und dessen Bestätigung planmässig erfolgen. Weiter wird angenommen, dass sich ein allfälliges nationales Referendum ohne Verzögerungen abwickeln lässt und die Volksabstimmung führt zu einem positiven Ausgang führt.
- das Gesuch für erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag (EUU) unmittelbar nach rechtskräftiger Rahmenbewilligung eingereicht wird.
- die Bauvorbereitungen für die EUU abgeschlossen sind, wenn das UVEK die Bewilligung für die EUU erteilt.
- sich der Bau der für die EUU benötigten Anlagen und die Durchführung der EUU ohne relevante Überraschungen abwickeln lassen.
- die Gesuchsunterlagen zu den nuklearen Bau- und Betriebsbewilligungsgesuchen technisch-wissenschaftlich fundiert sind, die Prüfung durch die Behörden gemäss den Vorgaben in Anhang 4 KEV erfolgt und danach die entsprechenden Bewilligungen und Freigaben planmässig erteilt werden. Weiter sind keine Rekurse mit längeren Verzögerungen eingerechnet.
- bei Vorliegen der nuklearen Baubewilligung der Bau der Anlagen umgehend in Angriff genommen wird.
- sich die Bauten für erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag inklusive der erforderlichen Zugänge so wie vorgesehen und ohne grössere Aufwände für die Umnutzung ins geologische Tiefenlager integrieren lassen.

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 ermöglicht werden, neue Erkenntnisse aus den erst nach der Rahmenbewilligung durchzuführenden erdwissenschaftlichen Untersuchungen untertag (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. Dies betrifft aus heutiger Sicht insbesondere:

- Varianten hinsichtlich Materialien und Auslegungskonzepte für die Endlagerbehälter
- Varianten für die Auslegung der HAA-Lagerstollen und der SMA-Lagerkavernen
- Varianten für die Auslegung und Einbringung der Verfüllmaterialien
- Varianten für die Auslegung und Erstellung von Versiegelungselementen für die Lagerkammern
- Varianten für die Auslegung der Tunnel inklusive Ausbruchsicherung, Verkleidung und Wahl des Abdichtungssystems

Beurteilung durch das ENSI

Der Vorschlag der Nagra für die schrittweise Realisierung der vorgesehenen geologischen Tiefenlager und die Zweckmässigkeit des vorliegenden Realisierungsplans für das Kombilager wurden durch das ENSI geprüft und beurteilt. Das ENSI kommt zum Schluss, dass die Entsorgungspflichtigen die gesetzlichen und behördlichen Vorgaben (KEG, KEV, SGT sowie [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. Die Richtlinie [ENSI G03] fordert neu, dass das Optimierungsverfahren für sicherheitsrelevante Entscheidungen in den Entsorgungsprogrammen der Entsorgungspflichtigen zu dokumentieren und bei Bedarf zu aktualisieren ist. Betreffend Optimierungsmassnahmen ist aus Sicht des ENSI das von der Nagra im EP21 beschriebene übergeordnete Optimierungsverfahren ausreichend für den jetzigen Stand der Lagerrealisierung.

Im Detail hält das ENSI unter anderem Folgendes fest:

- 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 unter anderem in den spezifischen Roadmaps aufgezeigt, wann die Nagra diese Arbeiten in Angriff nehmen möchte. Diese Angaben sind kompatibel mit den behördlichen Vorgaben. Aus Sicht des ENSI ist daher dieser Teil der entsprechenden Auflage 6.4 aus der Verfügung des Bundesrats zum EP16 [BR Vf-EP16] erfüllt.¹⁰
- Das langfristige Datenmanagement und die Archivierung von Proben und Daten sind gemäss [NAB 20-28] ein wichtiges Thema bei Überwachungsprogrammen eines geologischen Tiefenlagers. Zum einen müssen Daten und Proben für lange Zeiträume aufbewahrt werden, zum anderen muss sichergestellt werden, dass sie auch langfristig nutzbar sind, damit sie als Datengrundlage für Entscheidungen auch für zukünftige Generationen zur Verfügung stehen. Laut Nagra werden konkrete Arbeiten zur Planung, Vorbereitung und Beschaffungen bezüglich des Managements und der Archivierung von Proben und Daten erst nach dem RBG ausgeführt. Die Arbeiten werden gemäss Angaben der Nagra frühzeitig beginnen, so dass die entsprechenden Systeme bis zum Start der ersten Messungen und Probenahmen zur Verfügung stehen.

Das ENSI ist mit den Grundsätzen der Nagra für das langfristige Datenmanagement und für die Archivierung von Proben einverstanden. Im neuen Auflagenantrag A.3 hält das ENSI fest, dass ein aktualisierter Datenmanagement-Plan im Rahmen der zukünftigen Entsorgungsprogramme jeweils einzureichen und in diesem festzulegen ist, wie mit den im Rahmen des SGT erarbeiteten und in den folgenden Schritten der Realisierung eines geologischen Tiefenlagers gesammelten und verarbeiteten Daten und Informationen umgegangen wird. Im Datenmanagement-Plan ist zu regeln, ab wann, für wie lange und in welcher Qualität welche Daten und Informationen aktiv verfügbar sind, welche Informationen langfristig archiviert werden, welche Technologien dafür eingesetzt werden und welche Ressourcen dazu notwendig sind.

- In Bezug auf offene Fragen und auf die notwendigen Arbeiten ist die Nagra auf die Bundesratsauflage 4.1 aus der Verfügung des Bundesrats zum EP16 [BR Vf-EP16] wie folgt eingegangen. Sie hat Themen definiert, die eine grosse RD&D-Komponente haben. Für jedes dieser Themen wurde eine spezifische Roadmap bis 2060, also bis zum Start des Betriebs im HAA-Lagerteil, erstellt. Diese werden ausführlich in Kapitel 7 des aktuellen

¹⁰ Die Arbeiten zur Langzeitarchivierung der Information und der Markierung werden vom BFE in dessen Stellungnahme zum EP21 beurteilt.

RD&D-Plan [NTB 21-02] beschrieben, heben die Aktivitäten hervor, die für die Erreichung der nächsten Meilensteine wichtig sind und erläutern, wie die erforderlichen Lösungen zeitnah erreicht werden können. Aus Sicht des ENSI ist das Vorgehen eine deutliche Verbesserung im Vergleich zum EP16. Die Bundesratsaufgabe 4.1 ist für das EP21 erfüllt. Sie bleibt gemäss Verfügung des Bundesrats [BR Vf-EP16] für zukünftige Entsorgungsprogramme bestehen.

Die Entsorgungspflichtigen haben gemäss Auflage 4.2 aus der Verfügung des Bundesrats zum EP16 [BR Vf-EP16] den zeitlichen Rahmen für die Realisierung des Gesamtsystems der geologischen Tiefenlager in [NTB 21-01] anhand der Planung des Sachplans und der Bewilligungsschritte gemäss KEG/KEV dargestellt. Ebenfalls wurde im Rahmen der Kostenstudie 2021 eine mögliche technische Umsetzung des Gesamtsystems dokumentiert. Ein Anforderungs- und Konfigurationsmanagement (RCM) stellt eine weitere Möglichkeit für eine vernetzte Darstellung der einzelnen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten untereinander und mit den Meilensteinen und Entscheidungen bei der Realisierung in Form von Berichten dar. Die Nagra hat in Kapitel 5.3.1 in [NTB 21-02] ihr Vorgehen zum RCM beschrieben. Zusätzlich hat das ENSI sich in drei Fachsitzungen über die Weiterentwicklung des RCM informiert.

Gemäss Nagra werden im aktuellen Tiefenlagerprojekt auch Varianten auf verschiedenen Ebenen entwickelt, von denen viele im RCM beschrieben werden. Diese werden in künftigen Programmphasen weiterentwickelt und bewertet werden. Die endgültige Wahl unter den Varianten erfolgt in der Optimierungsphase nach den RBG im Hinblick auf die Einreichung des Baugesuchs. Die RD&D-Aktivitäten sind laut Nagra mit den entsprechenden RCM-Anforderungen verknüpft. Aus Sicht des ENSI haben die Entsorgungspflichtigen gute Fortschritte gemacht, weshalb die Auflage 4.2 für das EP21 erfüllt ist.

- 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 bezüglich Alternativen in der zukünftigen Entwicklung der Projekte und Möglichkeiten zur Optimierung der Anlagen werden durch die Entsorgungspflichtigen Entscheidungspunkte festgelegt. Dadurch können die Flexibilität bezüglich der zukünftigen Entwicklung der Lagerrealisierung und der Handlungsspielraum zur Optimierung der Anlage stufengerecht ausgenutzt werden. 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 anzupassen.

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.

Stellungnahme der KNS

Die KNS bestätigt die Beurteilung des ENSI, dass sich die von der Nagra vorgelegten Realisierungspläne für das HAA-Lager und für das SMA-Lager an den gesetzlichen und behördlichen Vorgaben orientieren und diese korrekt berücksichtigen.

Bezüglich der Realisierungspläne im EP21 bzw. deren Beurteilung durch das ENSI hält die KNS Folgendes fest:

- Gemäss Auflage 6.4 aus der Verfügung des Bundesrats zum EP16 [BR Vf-EP16] ist zukünftigen Entsorgungsprogrammen darzulegen, wie die Langzeitarchivierung der Informationen zu geologischen Tiefenlagern vorbereitet wird. Des Weiteren sind vorbereitende Arbeiten im Hinblick auf die für das Baubewilligungsgesuch erforderlichen Konzepte für die Rückholung, die Markierung und den temporären Verschluss in Krisenzeiten sowie für die Planung der Beobachtungsphase und des endgültigen Verschlusses der Tiefenlager darzulegen.¹¹ Das ENSI kommt bezüglich der von ihm zu bewertenden Punkte zum Schluss, dass diese Auflage mit entsprechenden Angaben im Realisierungsplan und im RD&D-Plan von den Entsorgungspflichtigen erfüllt worden ist.

Die KNS stellt hierzu fest, dass sich im EP21 bzw. im aktuellen RD&D-Plan der Nagra die geforderten Angaben zu den Punkten Beobachtungsphase, Verschluss des Lagers, Rückholung ohne grossen Aufwand und temporärer Verschluss in Krisenzeiten finden. Sie teilt die Einschätzung des ENSI, dass die vorbereitenden Arbeiten zu den genannten Themen in zukünftigen Aktualisierungen des Entsorgungsprogramms bzw. des RD&D-Plans zu konkretisieren und gemäss dem jeweiligen Projektstand weiter zu entwickeln sind.

- Die KNS teilt die Einschätzung der Nagra zur Bedeutung eines langfristigen Datenmanagements und der Archivierung von Proben und Daten [NAB 20-28]. Insbesondere bei Materialproben stellt die längerfristige Konservierung der ursprünglichen In-Situ-Eigenschaften im Hinblick auf eine spätere Überprüfung oder Validierung dieser Eigenschaften aus Sicht der KNS eine grosse Herausforderung dar. Sie unterstützt daher den Auflagenantrag A.3 des ENSI, wonach im Rahmen der zukünftigen Entsorgungsprogramme jeweils ein aktualisierter Datenmanagement-Plan einzureichen und in diesem festzulegen ist, wie mit den im Rahmen des Sachplans erarbeiteten und in den folgenden Schritten der Realisierung eines geologischen Tiefenlagers gesammelten und verarbeiteten Daten und Informationen umgegangen wird.

2.4 Zu «6 Zwischenlagerung»

Sachstand EP21

Die grundsätzlichen Annahmen hinsichtlich Ausgestaltung der Zwischenlagerung haben sich für die SMA/ATA-Abfälle seit 2016 nicht verändert. Aufgrund der punktuellen Anpassung des Realisierungsplans und unter Berücksichtigung der betrachteten Szenarien wurden die Angaben zur Ausgestaltung, Dauer und Kapazität der Zwischenlagerung überprüft und wo notwendig angepasst. Dazu wurde, analog zum EP16, die Zwischenlagerlogistik (Einbringung von Gebinden in Lagercontainer, Randbedingungen für die Stapelhöhen, maximale Bodenbelastungen) berücksichtigt.

Aufgrund der vorgesehenen Inbetriebnahme des geologischen Tiefenlagers für SMA im Jahr 2050 müssten bei einem 50-jährigen Betrieb alle Abfälle der KKW im ZWILAG/ZWIBEZ zwischengelagert und von dort zu den geologischen Tiefenlagern transportiert werden. Bei einem 60-jährigen Betrieb der KKW wäre es prinzipiell möglich, insbesondere 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 «60 Jahre Betrieb KKW» alle Abfälle im ZWILAG und ZWIBEZ zwischengelagert werden,

¹¹ Die Angaben im EP21 zu den vorbereitenden Arbeiten zur Langzeitarchivierung der Information und zur Markierung werden nicht vom ENSI, sondern vom BFE beurteilt.

bevor sie zu den geologischen Tiefenlagern transportiert werden. Damit einem konservativen Abfallvolumen sowie einer allfälligen Verzögerung der Inbetriebnahme des SMA-Lagers bzw. des Kombilagers Rechnung getragen.

Im EP21 werden die Kapazitäten der dezentralen Zwischenlager bei den KKW – analog zum EP16 – nicht betrachtet. Die Zwischenlagerkapazität während des Betriebs der KKW ist in jedem Fall gegeben, da bei ZWILAG/ZWIBEZ zu jeder Zeit eine ausreichende Kapazität zur Verfügung steht. Analog dem EP16 erfolgt im EP21 eine detailliertere Betrachtung der Zwischenlagerkapazität; diese berücksichtigt die tatsächliche Zwischenlagerlogistik vor Ort.

Es zeigt sich, dass für die Abfälle der KKW auch für das Szenario «60 Jahre Betrieb KKW» bei der Zwischenlagerung aller Abfälle genügend Zwischenlagerkapazität vorhanden ist. Der Bundesrat hat im Hinblick auf das EP21 eine spezifische Empfehlung zur Anzahl der Stellplätze für die Zwischenlagerung von BE und verglasten hochaktiver Abfälle formuliert (Bundesratsaufgabe 5.8 in [BR Vf-EP16]) und die Betreiber/innen der Kernkraftwerke aufgefordert, im EP21 neue Konzepte zur Erhöhung der Anzahl Stellplätze für die Zwischenlagerung abgebrannter Brennelemente und verglasten hochaktiver Abfälle zu erstellen. In einer Studie der Zwischenlager Würenlingen AG wird ausgewiesen, dass auch unter Berücksichtigung der gestellten Anforderungen verschiedene Varianten zur Erhöhung und Optimierung der Anzahl Stellplätze bestehen.

Die Anlagen für die Zwischenlagerung von abgebrannten BE und verglasten hochaktiver Abfälle im ZWILAG und ZWIBEZ werden im EP21 bezüglich Kapazität als Einheit betrachtet. Ohne Optimierung ist hinsichtlich derer Belegung im Szenario «60 Jahre Betrieb KKW» von einem Belegungsgrad von 105 % auszugehen. Wird hingegen die Anzahl der Stellplätze durch eine verbesserte Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Lagerbereichs optimiert, führt dies zu einem Belegungsgrad von 91 %.

Für die Abfälle des Bundes stehen mit dem bestehenden BZL-1 und dem geplanten BZL-2 zwei Zwischenlager zur Verfügung. Für die Betrachtung der Zwischenlagerkapazität im MIF-Bereich wird im EP21 berücksichtigt, dass

- die Produktion von MIF-Abfällen für die geologische Tiefenlagerung zwar bis ins Jahr 2064 läuft, diese jedoch ab 2050 ohne Belegung der Zwischenlager (BZL-1, BZL-2) 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-1, BZL-2) führt.

Mit diesen Annahmen ergibt sich eine Auslastung der Lager BZL-1 und BZL-2 von 98,5 %.

Zur verfügbaren Zwischenlagerkapazität für radioaktive Abfälle des CERN wurde vom ENSI für das EP21 ein Auflagenantrag A.9 formuliert, wonach von den zuständigen Bundesstellen ausreichende Kapazitäten für die Zwischenlagerung der CERN-Abfälle einschliesslich Kapazitätsreserven für die Abklinglagerung von sehr schwachaktiven Materialien auszuweisen sind. Gemäss EP21 untersucht eine entsprechende Arbeitsgruppe für mögliche CERN-Rückbauabfälle die Option einer Vorkonditionierung beim CERN und einer Zwischenlagerung in einem neu zu erstellendem Zwischenlager (CERN-ZL) auf dem PSI-Areal. Die Positionierung auf dem PSI-Areal würde in der Nähe von BZL-1 und BZL-2 erfolgen; für die Realisierung wäre mit einem Zeitraum von 10 bis 15 Jahren zu rechnen. Die CERN-Betriebsabfälle werden gemäss aktueller Planung im BZL-1 und BZL-2 zwischengelagert.

Der Bundesrat hat im Hinblick auf das EP21 eine spezifische Empfehlung zur Langzeitstabilität von abgebrannten Brennelementen formuliert (Bundesratsaufgabe 6.1 in [BR Vf-EP16]) und die Nagra aufgefordert, Forschungsaktivitäten hinsichtlich Brennelement-Alterung und

Trockenlagerung in zukünftigen RD&D-Plänen zu berücksichtigen. Zudem sind die Ergebnisse der Forschungsprojekte und Experimente, die in der vorherigen Version des RD&D-Plans aufgeführt wurden, aufzuzeigen. In Anhang A.8.7 in [NTB 21-01] finden sich daher entsprechende spezifische Hinweise zu eigenen Untersuchungen sowie zu anderweitigen Arbeiten in Zusammenhang mit der Langzeitstabilität, Brennelement-Alterung und Trockenlagerung von abgebrannten Brennelementen. Zusammenfassend hält die Nagra fest, dass gemäss aktuellem Kenntnisstand davon ausgegangen werden kann, dass keine signifikanten Schäden an Brennelementen durch Alterung und Trockenlagerung zu erwarten sind und in jedem Fall eine sichere Handhabbarkeit und Entsorgung der Abfälle gewährleistet werden kann.

Beurteilung durch das ENSI

Die Angaben der Nagra bezüglich der Kapazitäten der Zwischenlager sind für das ENSI nachvollziehbar. Mit der Berücksichtigung der Zwischenlagerlogistik (Einbringung von Gebinden in Lagercontainer, Randbedingungen für die Stapelhöhen, maximale Bodenbelastungen) kann eine detaillierte Betrachtung der Zwischenlagerkapazität ermittelt werden.

Das ENSI stimmt der Aussage im EP21 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.

Um die Anzahl der Stellplätze für die Zwischenlagerung abgebrannter BE und verglasten hochaktiver Abfälle zu erhöhen, wurden von den Entsorgungspflichtigen mit dem EP21 neue Konzepte erstellt und dem ENSI zur Prüfung eingereicht.

Das ENSI hat das eingereichte Optimierungskonzept auf Plausibilität geprüft und erachtet die vorgeschlagene Erweiterung als verhältnismässig. Die Darlegungen zu den verschiedenen Varianten und die durchgeführten Analysen sind für das ENSI nachvollziehbar. Obwohl die operationellen Strahlenschutzaspekte (z. B. Dosisminimierung für das Personal) bei der Nutzwertanalyse nicht berücksichtigt worden sind, geht das ENSI davon aus, dass diese das Resultat der Analyse nicht nennenswert beeinträchtigen würden. Gleichwohl kann das ENSI zum jetzigen Zeitpunkt keine vertiefte Prüfung der vorgeschlagenen Varianten durchführen, da hierfür vorerst die entsprechenden Nachweise erbracht und vorgelegt werden müssen. Erst nach deren Prüfung kann sich das ENSI zur Bewertung der Optimierungsvariante(n) äussern. Das ENSI kommt zu dem Schluss, dass die Betreiberinnen der KKW die Bundesratsaufgabe 5.8 ([BR Vf-EP16]) im Rahmen des EP21 erfüllt haben. Das Konzept zur Erhöhung der Anzahl Stellplätze für die Zwischenlagerung abgebrannter BE und verglasten HAA ist aus Sicht des ENSI weiter zu konkretisieren (Auflagenantrag A.5 in [ENSI 33/915])

Die für die KKW gewählte Methode der konservativen Abschätzung der maximal benötigten Zwischenlagerkapazität wird im MIF-Bereich 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 sollen aus Sicht des ENSI neue Kapazitätsreserven für die Zwischenlagerung von MIF-Abfällen (Produktion ab 2050) und für die Stilllegung der Anlagen des PSI-West geplant werden.

Das ENSI ist über die Arbeit im Zusammenhang mit der Untersuchung einer Verfügbarkeit für die Zwischenlagerung von CERN-Rückbauabfällen informiert. Das ENSI erachtet die Option einer Vorkonditionierung am CERN und einer Zwischenlagerung in einem neu zu erstellenden Zwischenlager (CERN-ZL) auf dem PSI-Areal als machbar.

Im aktuellen RD&D-Plan beschreibt die Nagra die durchgeführten und geplanten Forschungsaktivitäten hinsichtlich Brennelement-Alterung und Trockenlagerung und fasst den bisherigen Kenntnisstand im EP21 zusammen. Damit wird die Bundesratsaufgabe 6.1 umgesetzt. Zudem wurde das ENSI in Fachgesprächen von der Nagra regelmässig über die Fortschritte der Untersuchungen informiert. Da der Fokus der bisherigen Untersuchungen zum mechanischen Verhalten von Brennstäben unter störfallbedingten Belastungen auf den für Druckwasserreaktoren typischen Materialien lag, empfiehlt das ENSI, in den künftigen Untersuchungen auch das Störfallverhalten von hochabgebrannten Siedewasserreaktor-Brennstäben zu betrachten.

Stellungnahme der KNS

Die KNS kann die Einschätzungen des ENSI zu den Angaben zur Zwischenlagerung im EP21 grundsätzlich nachvollziehen.

Im EP21 wird dargelegt, dass auch für das Szenario «60 Jahre Betrieb KKW» und bei einer allfälligen Verzögerung der Inbetriebnahme des SMA-Lagers genügend Zwischenlagerkapazitäten in den bestehenden Zwischenlagern vorhanden sind und diese im Bedarfsfall auch länger betrieben werden können. Eine verlängerte Zwischenlagerung aufgrund einer verspäteten Inbetriebnahme der geologischen Tiefenlager kann nach Einschätzung der KNS a priori nicht ausgeschlossen werden. Vor diesem Hintergrund sind ausreichende Zwischenlagerkapazitäten zentral und eine darauf ausgerichtete längerfristige Planung unter Berücksichtigung der massgebenden Rand- und Rahmenbedingungen unabdingbar. Entsprechend unterstützt die KNS den Auflagenantrag des ENSI zur Weiterentwicklung des Konzepts zur Erhöhung der Stellplätze für die Zwischenlagerung abgebrannter BE und verglasten hochaktiver Abfälle (A.5 in [ENSI 33/915]). Gleiches gilt für den Hinweis des ENSI, dass bei einer allfälligen Verzögerung der Inbetriebnahme des SMA-Lagers neue Kapazitätsreserven für die Zwischenlagerung von MIF-Abfällen, die ab 2050 anfallen werden, und für die Stilllegung der Anlagen des PSI-West geplant werden sollen. Aus Sicht der KNS ist es zudem von übergeordneter Bedeutung, dass verfahrensbedingte Verzögerungen, die zu einer verlängerten Zwischenlagerung führen könnten, im weiteren Verlauf der Bewilligungsverfahren für die geologischen Tiefenlager möglichst vermieden werden.

Aus Sicht der KNS kann noch nicht abschliessend beurteilt werden, ob die abgebrannten Brennelemente nach einer verlängerten Zwischenlagerung wie heute geplant aus den Transport- und Lagerbehältern entnommen und in die Endlagerbehälter umgelagert werden können. Hierbei spielen Aspekte der Materialalterung unter fortgesetzter Strahleneinwirkung sowie der lizenzierten Lebensdauer der Transport- und Lagerbehälter eine wichtige Rolle. Die KNS hatte daher in ihrer Stellungnahme zum EP16 die damalige Forderung des ENSI unterstützt, dass weiterer Handlungs- und Forschungsbedarf hinsichtlich Brennelement-Alterung und Trockenlagerung in den zukünftigen RD&D-Plänen der Nagra zu berücksichtigen sei. Die KNS begrüsst, dass die Nagra ein eigenes experimentelles Programm initiiert hat, in welchem reale (hoch-)abgebrannte Brennstäbe auf ihre Integrität unter verschiedenen Belastungen geprüft werden und untersucht wird, wie allfällige, bei Beschädigungen des Brennstoffs entstandene Bruchstücke aus einem Transport- und Lagerbehälter entfernt werden können. Auch aus Sicht der KNS ist damit die Auflage 6.1 des Bundesrats für das EP21 erfüllt. Die KNS erwartet, dass seitens Nagra die Thematik sachgerecht weiterverfolgt wird und sie unterstützt den Hinweis des ENSI, in den zukünftigen Untersuchungen der Langzeitstabilität von abgebrannten BE während der Zwischenlagerung auch das Störfallverhalten von hochabgebrannten Siedewasserreaktor-Brennstäben zu betrachten.

2.5 Zu «7 RD&D-Plan»

Sachstand RD&D-Plan

Die Nagra hat Auflage 4.1 aus der Verfügung des Bundesrats zum EP16 folgend zusammen mit dem Entsorgungsprogramm einen aktualisierten Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrations-Plan (RD&D-Plan, [NTB 21-02]) eingereicht. Im RD&D-Plan sind Zweck, Umfang, Art und zeitliche Abfolge der zukünftigen RD&D-Aktivitäten dokumentiert. Zudem wird im RD&D-Plan 2021 erstmals auch im Rahmen von Roadmaps illustrativ aufgezeigt, wie die einzelnen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten miteinander und mit den Meilensteinen und Entscheidungen bei der Realisierung eines geologischen Tiefenlagers vernetzt sind. Für die einzelnen Themenbereiche sind die jeweiligen Ziele dargestellt sowie der bestehende Stand von Wissenschaft und Technik, der Fortschritt seit dem letzten RD&D-Plan 2016 und die geplanten Aktivitäten für die nächsten fünf bis zehn Jahre kurz zusammengefasst.

Beurteilung durch das ENSI

Das ENSI hat sich bei der Beurteilung des RD&D-Plans 2021 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 entsprechenden Forschungsgebieten von der Nagra korrekt eingeschätzt wird, oder ob relevante Aspekte des Forschungsgebietes nicht berücksichtigt wurden.
- **Fortschritte im Vergleich zum RD&D-Plan von 2016**
Die Nagra hat im RD&D-Plan 2016 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 in 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 zum RD&D-Plan der Nagra**
Das ENSI hat geprüft, in wie weit die Auflagen aus der Verfügung des Bundesrats zum EP16 [BR Vf-EP16] mit den eingereichten Dokumenten (EP21 sowie RD&D-Plan 2021) erfüllt wurden und welche Auflagen allenfalls für künftige Aktualisierungen weiterbestehen bleiben. Falls notwendig, stellt das ENSI neue Forderungen für die künftigen Aktualisierungen der oben genannten Dokumente.

Hinsichtlich der Erfüllung derjenigen Auflagen aus der Verfügung des Bundesrats zum EP16 [BR Vf-EP16], welche ausschliesslich den RD&D-Plan betreffen, kommt das ENSI zu folgender Bewertung:

- **Auflage 4.1 Forschungsprogramm**
Die Nagra hat gemäss Auflage 4.1 zusammen mit dem Entsorgungsprogramm einen RD&D-Plan eingereicht. Damit ist dieser Teil der Auflage erfüllt. Die Nagra hat mit den im RD&D-Plan enthaltenen Roadmaps die wichtigen offenen Fragen aufgelistet und einen Zeitplan für deren Beantwortung erstellt. Mit den neu erstellten Roadmaps hat die Nagra das Thema der offenen Fragen angemessen behandelt.

Die von der Nagra erstellten Roadmaps für die Behandlung von offenen Fragen sind im nächsten RD&D-Plan zu aktualisieren. Darüber hinaus haben das ENSI und seine Experten festgestellt, dass die Nagra im RD&D-Plan als einzige Konsequenz anführt, dass es zu zeitlichen Verzögerungen im Bewilligungsprozess kommen kann. Gemäss Art. 31 KEG ist ein Tiefenlager von den Entsorgungspflichtigen rechtzeitig bereitzustellen. Das ENSI empfiehlt der Nagra deshalb, im nächsten Entsorgungsprogramm vertiefter zu erläutern, mit welchen Massnahmen sie plant, Verzögerungen zu vermeiden bzw. möglichst klein zu halten. Die Auflage bleibt aufgrund ihres periodischen Charakters auch für künftige Aktualisierungen des Entsorgungsprogramms bestehen und ist entsprechend im nächsten Entsorgungsprogramm zu ergänzen.

- Auflage 6.1 Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsplan

Die Auflage 6.1 betreffend Forschungsaktivitäten hinsichtlich Brennelement-Alterung und Trockenlagerung wird in Kapitel 6 bzw. in Anhang A.8.7 in [NTB 21-01] behandelt und ist aus Sicht des ENSI erfüllt.

- Auflage 6.5 Berücksichtigung von Erfahrung und des Standes von Wissenschaft und Technik

Die Nagra geht mit dem Bericht [NTB 21-02] auf die Berücksichtigung der Erfahrung und des Stands von Wissenschaft und Technik ein. Das ENSI kommt zum Ergebnis, dass das Vorgehen im RD&D-Plan die Beurteilungskriterien nach Kapitel 7.1 und somit auch die Auflage 6.5 aus der Verfügung des Bundesrats zum Entsorgungsprogramm 2016 erfüllt. Spezifische Hinweise zu einzelnen Aspekten im Entsorgungsprogramm und RD&D-Plan, deren sicherheitstechnische Relevanz von untergeordneter Bedeutung ist und die im Rahmen der laufenden Aufsichtstätigkeit behandelt werden, sind in einer separaten Aktennotiz [ENSI 33/939] aufgeführt.

Das ENSI und seine Experten haben festgestellt, dass im RD&D-Plan der Fortschritt im Vergleich mit dem vorherigen RD&D-Plan nicht immer erläutert wurde. Es ist deshalb dem ENSI nicht klar, ob das Projekt erfolgreich beendet wurde und welche Erkenntnisse gewonnen wurden. Im Auflagenantrag A.6 in [ENSI 33/915] fordert das ENSI daher, dass in künftigen Entsorgungsprogrammen in den RD&D-Plänen zu jedem Forschungsgebiet die Fortschritte der Forschungsprojekte gegenüber dem Stand im vorherigen RD&D-Plan aufzuzeigen sind. Dies betrifft insbesondere auch die Fälle, in denen ein Experiment nicht erfolgreich war oder abgebrochen wurde.

Betreffend Optimierungsmassnahmen ist aus Sicht des ENSI das von der Nagra in [NTB 21-01] beschriebene übergeordnete Optimierungsverfahren ausreichend für den jetzigen Stand der Lagerrealisierung. Im nächsten Entsorgungsprogramm erwartet das ENSI eine aktualisierte Dokumentation des Optimierungsverfahrens, welches auch konkrete Beispiele aufführt.

Stellungnahme der KNS

Die KNS stellt fest, dass das ENSI den aktuellen RD&D-Plan [NTB 21-02] der Nagra detailliert geprüft hat. Hinweise zu einzelnen Aspekten im Entsorgungsprogramm und RD&D-Plan, deren sicherheitstechnische Relevanz von untergeordneter Bedeutung ist und die vom ENSI im Rahmen der laufenden Aufsichtstätigkeit behandelt werden, sind in einer separaten Aktennotiz [ENSI 33/939] aufgeführt. Nach Einschätzung der KNS stellen die dort aufgelisteten Hinweise des ENSI für künftige Aktualisierungen des RD&D-Plans ein sehr umfangreiches Arbeitsprogramm dar, das von der KNS grundsätzlich unterstützt werden kann. Hervorgehoben werden können aus Sicht der KNS der Hinweis, hinsichtlich der Bewertung von alternativen Behälterkonzepten auch die aktuellen Entwicklungen in Bezug auf Keramikbehälter weiterzuverfolgen und den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik im nächsten RD&D-Plan darzulegen, sowie der Hinweis, die Entwicklung bezüglich des Einsatzes des Bindemittels

Portlandzement in der Zementindustrie zu verfolgen und rechtzeitig zu reagieren, falls andere Materialien bzw. Betongemische zum Einsatz kommen könnten.

Die thematische Bandbreite der Hinweise des ENSI für künftige Aktualisierungen des RD&D-Plans ist gross, ebenso wie die Variation bei deren Detaillierungsgrad. Nach Einschätzung der KNS lässt die Auflistung der Hinweise dabei offen, ob bzw. welche Fragestellungen aus Sicht des ENSI vordringlich zu klären wären, wo also noch die grössten Unsicherheiten gesehen werden. Gleiches gilt teilweise auch für den erwarteten Zeitrahmen, also bis wann ein Hinweis umgesetzt sein sollte bzw. entsprechende Ergebnisse vorliegen sollten.

Ergänzend merkt die KNS an, dass im Felslabor Mont Terri bereits Experimente durchgeführt werden, welche das Langzeitverhalten des Opalinustons und die Thematik von Fluid-Migration durch Diskontinuitäten adressieren. In diesem Zusammenhang wäre von Interesse, wie die vom ENSI empfohlenen Untersuchungen in den Rahmen der aktuellen Forschungsarbeiten im Mont Terri Projekt einzuordnen sind und ob hier gegebenenfalls Synergien genutzt werden könnten.

Im RD&D-Plan 2021 wird von der Nagra entlang von Roadmaps aufgezeigt, wie fachtechnische Themen und Arbeitsschwerpunkte mit den Meilensteinen und Entscheidungen bei der Realisierung eines geologischen Tiefenlagers vernetzt sind und welche massgebenden Fragestellungen die Nagra innert welcher Frist bearbeiten will, damit die Erkenntnisse zeitgerecht in die Bereitstellung einer stufengerechten Grundlage für den jeweiligen Bewilligungsschritt einfließen können. Dieser Aspekt der Auflage 4.1 aus der Verfügung des Bundesrats zum EP16 [BR Vf-EP16] ist damit – ebenso wie die entsprechende Empfehlung 4 der KNS in [KNS-02858] – aus Sicht der KNS erfüllt.

In der Auflage 4.1 zum EP16 ist auch gefordert, dass in künftige RD&D-Plänen eine vollständige Auflistung der aus Sicht der Nagra wichtigen offenen Fragen aufzunehmen ist. Die KNS geht davon aus, dass die im aktuellen RD&D-Plan in den verschiedenen Programmpakten aufgeführten Themen und Fragestellungen in diesem Sinne alle aus Sicht der Nagra wichtigen, noch offenen Fragen darstellen. Sie nimmt zur Kenntnis, dass seitens Nagra keine explizite Priorisierung innerhalb der noch offenen Fragestellungen vorgenommen worden ist, es also offenbar nach Einschätzung der Nagra keine Kernthemen gibt, deren Lösung eine notwendige Voraussetzung für die Realisierung eines geologischen Tiefenlagers für radioaktive Abfälle im Opalinuston gemäss bestehendem Konzept wäre.

Der Hinweis des ENSI, dass die Nagra im nächsten Entsorgungsprogramm vertiefter erläutern soll, mit welchen Massnahmen sie plant, Verzögerungen zu vermeiden bzw. möglichst klein zu halten, wird von der KNS grundsätzlich unterstützt. Aus Sicht der KNS beinhaltet dies auch fachlich-technische Aspekte wie beispielsweise die zeitnahe Evaluation möglicher Alternativen oder Konsequenzen für den Fall, dass angestrebte Ziele nicht erreicht werden oder sich gewählte Lösungsansätze als nicht zweckmässig herausstellen. Diesen Aspekt sieht die KNS im aktuellen RD&D-Plan noch nicht vollumfänglich umgesetzt und bewertet die bundesrätliche Auflage 4.1 zum EP16 diesbezüglich nur als teilerfüllt.

Des Weiteren ist es nach Einschätzung der KNS wichtig, Verzögerungen im weiteren Verfahrensablauf wann immer möglich zu vermeiden. Die KNS empfiehlt daher den zuständigen Behörden zu prüfen, ob allenfalls weitere Möglichkeiten für eine Verfahrensoptimierung bestehen (hinsichtlich z. B. Ressourcenbedarf, Koordination zwischen den involvierten Stellen), sodass zeitlich kritische Entwicklungen frühzeitig erkannt und Verzögerungen im weiteren Verfahrensablauf soweit möglich und planbar vermieden werden können.

3 Auflagen

3.1 Erfüllung der Auflagen des Bundesrats zum EP16

Nachfolgend wird die Berücksichtigung bzw. die Erfüllung der Auflagen aus der Verfügung des Bundesrats zum Entsorgungsprogramm 2016 [BR Vf-EP16] beurteilt.

Auflage 4.1 Forschungsprogramm

«Die Nagra hat zusammen mit dem Entsorgungsprogramm ein Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrations-Plan einzureichen. Darin sind Zweck, Umfang, Art und zeitliche Abfolge der zukünftigen Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrations-Aktivitäten zu dokumentieren. In künftige Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrations-Pläne ist eine vollständige Auflistung der aus Sicht der Nagra wichtigen offenen Fragen aufzunehmen, zusammen mit Angaben darüber, wie und innert welcher Frist die Nagra deren Beantwortung vorsieht. Dabei ist anzugeben, welches die für die jeweils nächsten Meilensteine massgebenden Fragestellungen sind, und es ist aufzuzeigen, wie die hierfür erforderlichen Lösungen zeitgerecht erreicht werden können. Darzustellen sind auch die Konsequenzen, falls die für die Meilensteine angestrebten Ziele nicht oder nicht vollumfänglich erreicht werden können.»

Beurteilung durch das ENSI

Im Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrations-Plan 2021 hat die Nagra für Themen, die eine grosse Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationskomponente haben, spezifische Roadmaps bis 2060, also bis zum Start des Betriebs im HAA-Lager bzw. im HAA-Lager teil des Kombilagers, erstellt. Diese heben die Aktivitäten hervor, die für die Erreichung der nächsten Meilensteine wichtig sind und erläutern, wie die erforderlichen Lösungen zeitnah erreicht werden können. Aus Sicht des ENSI sind die Roadmaps im nächsten Entsorgungsprogramm weiter zu konkretisieren. Das ENSI und seine Experten haben festgestellt, dass die Nagra im RD&D-Plan als einzige Konsequenz anführt, dass es zu zeitlichen Verzögerungen im Bewilligungsprozess kommen kann. Gemäss Art. 31 KEG ist ein Tiefenlager von den Entsorgungspflichtigen rechtzeitig bereitzustellen. Das ENSI empfiehlt der Nagra deshalb, im nächsten Entsorgungsprogramm vertiefter zu erläutern, mit welchen Massnahmen sie plant, Verzögerungen zu vermeiden bzw. möglichst klein zu halten. Damit ist die Auflage 4.1 nicht vollständig erfüllt und entsprechend im nächsten Entsorgungsprogramm zu ergänzen. Die Auflage bleibt aufgrund ihres periodischen Charakters auch für künftige Aktualisierungen des Entsorgungsprogramms bestehen.

Stellungnahme der KNS

Die KNS ist der Ansicht, dass die Nagra mit dem aktuellen RD&D-Plan wie gefordert Zweck, Umfang, Art und zeitliche Abfolge der zukünftigen RD&D-Aktivitäten dokumentiert hat. Entlang von Roadmaps wird aufgezeigt, welche massgebenden Fragestellungen die Nagra innert welcher Frist bearbeiten will, damit die Erkenntnisse zeitgerecht in die Bereitstellung einer stufengerechten Grundlage für den jeweiligen Bewilligungsschritt einfließen können.

Gemäss Auflage 4.1 aus der Verfügung des Bundesrats zum EP16 [BR Vf-EP16] sind auch die Konsequenzen darzustellen, falls die für die Meilensteine angestrebten Ziele nicht oder nicht vollumfänglich erreicht werden können. Dieser Aspekt der Auflage 4.1 ist aus Sicht der KNS für das EP21 noch nicht vollumfänglich umgesetzt, die Auflage wird daher nur als teilerfüllt betrachtet.

Auflage 4.2 Gesamtsystem Tiefenlager

«In den zukünftigen Entsorgungsprogrammen hat die Nagra 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 gesetzt werden. Für sicherheitsrelevante Entscheidungen sind verschiedene Alternativen zu betrachten und ein insgesamt für die Sicherheit günstiges Vorhaben zu wählen. Getroffene Entscheide sollen zusammen mit deren Begründungen in einer Form dokumentiert werden, die langfristig Bestand hat, damit sie auch künftig nachvollziehbar bleiben.»

Beurteilung durch das ENSI

Die Entsorgungspflichtigen haben den zeitlichen Rahmen für die Realisierung des Gesamtsystems der geologischen Tiefenlager im Entsorgungsprogramm 2021 anhand der Planung des SGT und der Bewilligungsschritte gemäss KEG/KEV dargestellt. Ebenfalls wurde im Rahmen der Kostenstudie 2021 eine mögliche technische Umsetzung des Gesamtsystems dokumentiert. Gemäss Nagra werden im aktuellen Tiefenlagerprojekt auch Varianten auf verschiedenen Ebenen entwickelt, die in künftigen Programmphasen weiterentwickelt und bewertet werden. Aus Sicht des ENSI haben die Entsorgungspflichtigen gute Fortschritte gemacht, weshalb die Auflage 4.2 für das bestehende EP21 erfüllt ist. Die Auflage bleibt jedoch aufgrund ihres periodischen Charakters auch für künftige Aktualisierungen des Entsorgungsprogramms bestehen.

Stellungnahme der KNS

Die KNS kommt zum Schluss, dass mit den aktualisierten Angaben der Nagra zur Umsetzung des Gesamtsystems «geologisches Tiefenlager» und dazu, wie fachtechnische Themen und Arbeitsschwerpunkte mit den Meilensteinen und Entscheidungen bei der Realisierung eines geologischen Tiefenlagers vernetzt sind, die Auflage 4.2 aus der Verfügung des Bundesrats zum EP16 als erfüllt zu betrachten ist.

Auflage 5.1 Reduktion potenzieller Gasbildung

«Die Nagra hat im Entsorgungsprogramm 2021 darzulegen, ob eine weitere Reduktion der potenziellen Gasbildung aus metallischen Abfällen notwendig ist, respektive ob daraus folgende Änderungen der Anforderungen an die endlagerspezifischen Abfalleigenschaften im Hinblick auf die Realisierung von Tiefenlagern erfolgen sollen.»

Beurteilung durch das ENSI

Die Nagra kommt gemäss ihren Ausführungen zum erwarteten Druckaufbau der Gase im geologischen Tiefenlager zum Schluss, dass zum jetzigen Zeitpunkt keine Hinweise vorliegen, welche eine weitere Reduktion der Gasbildung, zum Beispiel durch Einschmelzen der metallischen Abfälle, als notwendig erachten liessen. Damit erfüllt die Nagra im vorliegenden Entsorgungsprogramm 2021 die Auflage 5.1 aus der Verfügung des Bundesrats zum Entsorgungsprogramm 2016 bezüglich der Reduktion potenzieller Gasbildung. Da die Nagra erst im Rahmenbewilligungsgesuch den Nachweis erbringen wird, dass der erwartete Druckaufbau der Gase keine negativen Auswirkungen auf die günstigen Eigenschaften des Opalinustons hat, bleibt die Auflage bis zur nächsten Aktualisierung des Entsorgungsprogramms bestehen.

Stellungnahme der KNS

Mit den Darlegungen der Nagra betreffend eine weitere Reduktion der potenziellen Gasbildung aus metallischen Abfällen ist die Auflage 5.1 aus der Verfügung des Bundesrats zum EP16 aus Sicht der KNS als erfüllt zu betrachten.

Die KNS wird sich im Rahmen der Behandlung des RBG mit dem von der Nagra dokumentierten Stand betreffend die sicherheitstechnische Bedeutung der Gasbildung und des mit der Gasbildung verbundenen Druckaufbaus im Tiefenlager befassen. Auch nach Einschätzung der KNS sollte die Auflage bis zur nächsten Aktualisierung des Entsorgungsprogramms bestehen bleiben.

Auflage 5.2 Pilotlager

«Die Nagra hat im nächsten Entsorgungsprogramm Umfang und Inhalt der Messungen zur Überwachung eines Pilotlagers für HAA bzw. SMA weiter zu konkretisieren und die aktuellen Erkenntnisse hinsichtlich des Aspekts der Interpretation bzw. Interpretierbarkeit der erfassten Messwerte sowie hinsichtlich der Gewährleistung der Übertragbarkeit der gewonnenen Erkenntnisse auf das Hauptlager darzulegen.»

Beurteilung durch das ENSI

Die Nagra hat Umfang und Inhalt der Messungen zur Überwachung eines Pilotlagers für HAA bzw. SMA im EP21 weiter konkretisiert und die aktuellen Erkenntnisse hinsichtlich des Aspekts der Interpretation der erfassten Messwerte dargelegt. Damit erachtet das ENSI die Bundesratsauflage 5.2 als erfüllt.

Stellungnahme der KNS

Die KNS stellt fest, dass die Nagra Umfang und Inhalt der Messungen zur Überwachung der Pilotlager weiter konkretisiert und die Aspekte Umfang und Inhalt der für die Überwachung der Pilotlager erforderlichen Messungen, Interpretation bzw. Interpretierbarkeit sowie Gewährleistung der Übertragbarkeit der Ergebnisse der Überwachung auf das Hauptlager aufgegriffen hat. Die Auflage 5.2 des Bundesrats ist nach Ansicht der KNS damit erfüllt.

Auflage 5.3 Konsequenzen Kombilager

«Im Entsorgungsprogramm 2021 hat die Nagra die grundsätzlich bestehenden Varianten bei einer Kombilager-Lösung aufzuzeigen, um mögliche sicherheitsrelevante Beeinträchtigungen der einzelnen Lagerteile zu vermeiden. Ausserdem soll der relative Platzbedarf und die sicherheitstechnisch anzustrebenden Varianten dokumentiert werden.»

Beurteilung durch das ENSI

Aus Sicht des ENSI hat die Nagra die Auflage 5.3 grösstenteils erfüllt. Die in der Auflage angesprochenen Aspekte werden seitens Nagra stufengerecht dargestellt. In [ENSI 33/649] wird gefordert, dass die Nagra für jeden einschlusswirksamen Gebirgsbereich den mindestens erforderlichen Platzbedarf für die Anordnung der untertägigen Teile innerhalb des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs sowie die Ungewissheiten des mindestens erforderlichen Platzbedarfs standortspezifisch darstellt. Daher wird der Aspekt des relativen Platzbedarfs zusammen mit den Rahmenbewilligungsgesuchen durch das ENSI geprüft werden, so dass die Auflage zum Entsorgungsprogramm geschlossen werden kann.

Stellungnahme der KNS

Die KNS kommt zum Schluss, dass im EP21 und den massgebenden Hintergrundberichten die Auflage 5.3 aus der Verfügung des Bundesrats zum EP16 dem aktuellen Projektstand entsprechend behandelt worden ist und somit als erfüllt betrachtet werden kann.

Auflage 5.4 Verschlussvarianten

«Die Nagra hat im Entsorgungsprogramm 2021 als Vorarbeit zur Erstellung eines Konzepts für das Rahmenbewilligungsgesuch mögliche Verschlussvarianten aufzuzeigen und zu vergleichen.»

Beurteilung durch das ENSI

Mit dem Aufzeigen und Vergleichen möglicher Verschlussvarianten im Rahmen des Entsorgungsprogramms 2021 hat die Nagra aus Sicht des ENSI die Auflage 5.4 des Bundesrates umgesetzt. Mit den von der Nagra berücksichtigten Varianten werden die wichtigsten Aspekte abgedeckt und sowohl hinsichtlich der Bautechnik aber auch des zeitlichen Verlaufs ausreichend Optionen zur Optimierung im weiteren Verlauf des Verfahrens gegeben.

Stellungnahme der KNS

Die KNS teilt die Einschätzung des ENSI und beurteilt die Auflage 5.4 aus der Verfügung des Bundesrats zum EP16 als erfüllt.

Auflage 5.5 Nullmessungen

«Die Nagra hat im Entsorgungsprogramm 2021 Vorarbeiten zu Nullmessungen zu dokumentieren. Darin ist begründet darzulegen, welche Prozesse und Parameter wichtig für die Umweltüberwachung und die Nullmessungen sind und wie diese zu erfassen sind.»

Beurteilung durch das ENSI

Vorarbeiten der Nagra zu den Nullmessungen sind bereits erfolgt und die teilweise seit 2016 weiter ausgebauten Messnetze für die Langzeitbeobachtungen erachtet das ENSI als sinnvoll und zielführend. Die von der Nagra aufgezeigte Liste von Prozessen und zu messenden Parametern ist für das ENSI nachvollziehbar. Damit ist die Bundesratsauflage 5.5 erfüllt.

Stellungnahme der KNS

Die KNS stellt fest, dass seitens Nagra die Vorarbeiten zu den Nullmessungen dokumentiert wurden und darin auch dargelegt wurde, welche Messprogramme, Probenahmen und Analysen vorgesehen sind. Die Auflage 5.5 aus der Verfügung des Bundesrats zum EP16 ist damit erfüllt.

Auflage 5.6 Nutzungsphasen der Bauten für erdwissenschaftliche Untersuchungen untertage

«Die Nagra hat bei der Aktualisierung des Entsorgungsprogramms die Anforderungen für die verschiedenen Nutzungsphasen der Bauten für erdwissenschaftliche Untersuchungen untertage darzulegen. Zudem haben sie die Art und den Zeitplan der vorgesehenen technischen Nachweise für eine spätere Umnutzung zu erläutern.»

Beurteilung durch das ENSI

Die Nagra hat die Anforderungen an die verschiedenen Nutzungsphasen und die technische Umnutzung im Entsorgungsprogramm und im dazugehörigen Hintergrundbericht plausibel und stufengerecht erläutert. Die Nachweise zur Umnutzung der erdwissenschaftlichen Untersuchungen untertag werden im Rahmen des nuklearen Baugesuchs erfolgen. Damit erachtet das ENSI die Bundesratsaufgabe 5.6 als erfüllt.

Stellungnahme der KNS

Die KNS erachtet die Auflage 5.6 des Bundesrats als erfüllt: Die Nagra hat die Anforderungen an die verschiedenen Nutzungsphasen der Bauten für EUU dargelegt und das geplante Vorgehen betreffend die technischen Nachweise für die spätere Umnutzung der Bauten erläutert.

Auflage 5.7 Erfahrungsgewinn Lagerauslegung

«Im Rahmen des Entsorgungsprogramms 2021 hat die Nagra darzulegen, ob und gegebenenfalls durch welche zusätzlichen Untersuchungen hinsichtlich der Umsetzbarkeit möglichst frühzeitig konkrete Erfahrungen für die Optimierung der Lagerauslegung gewonnen werden können.»

Beurteilung durch das ENSI

Der Optimierung der Lagerauslegung liegt ein schrittweises Vorgehen zugrunde, das im schweizerischen Bewilligungsverfahren vorhanden ist und durch die zwischen Rahmen- und Baubewilligung geplanten erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag noch einen weiteren Schritt erfährt. Die Nagra zeigt in ihren Ausführungen auf, dass jeder dieser Schritte im Rahmen der Roadmaps und der Prüfung durch das Nagra-interne Anforderungs- und Konfigurationsmanagement eine Optimierung in der Lagerauslegung vorsieht und dabei auch Bedeutung auf die notwendige Flexibilität (Reserven) gelegt wird. Das ENSI beurteilt die Auflage 5.7 aus der Verfügung des Bundesrats zum Entsorgungsprogramm 2016 damit als erfüllt.

Stellungnahme der KNS

Die KNS begrüsst, dass seitens Nagra die verschiedenen Aspekte der Optimierung im Verfahrensablauf bei der Realisierung des geologischen Tiefenlagers im Rahmen eines strukturierten, übergeordneten Verfahrens behandelt bzw. berücksichtigt werden. Dies beinhaltet auch die Optimierung der Lagerauslegung. Die KNS teilt die Einschätzung des ENSI, dass die von der Nagra in den verschiedenen Felslaboren geplanten, laufenden oder bereits abgeschlossenen Forschungsprojekte zu frühzeitiger, konkreter Erfahrung im Hinblick auf die Optimierung der Lagerauslegung beitragen. Entsprechender, von der Nagra identifizierter RD&D-Bedarf ist im aktuellen RD&D-Plan [NTB 21-02] dargestellt. Die KNS ist mit der Beurteilung des ENSI einverstanden, dass die Auflage 5.7 aus der Verfügung des Bundesrats zum EP16 als erfüllt betrachtet werden kann.

Auflage 5.8 Anzahl Stellplätze für Zwischenlagerung

«Die Betreiber/innen der Kernkraftwerke haben bei der Aktualisierung des Entsorgungsprogramms neue Konzepte zur Erhöhung der Anzahl Stellplätze für die Zwischenlagerung abgebrannter Brennelemente und verglasten hochaktiver Abfälle zu erstellen. Diese Konzepte haben vorzusehen, dass die einzelnen Behälter für Inspektionen und allfällige Instandhaltungsarbeiten kurzfristig zugänglich sind.»

Beurteilung durch das ENSI

Aus Sicht des ENSI haben die Betreiberinnen der Kernkraftwerke die Bundesratsauflage 5.8 im Rahmen des Entsorgungsprogramms 2021 erfüllt. Das Konzept zur Erhöhung der Anzahl Stellplätze für die Zwischenlagerung abgebrannter Brennelemente und verglaste hochaktiver Abfälle ist aus Sicht des ENSI weiter zu konkretisieren, weshalb dazu ein neuer Auflagenantrag formuliert wurde.

Stellungnahme der KNS

Auch nach Einschätzung der KNS ist die Auflage 5.8 aus der Verfügung des Bundesrats zum EP16 im Rahmen des EP21 umgesetzt worden.

Auflage 6.1 Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsplan

«Die Nagra hat Forschungsaktivitäten hinsichtlich Brennelement-Alterung und Trockenlagerung in zukünftigen Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsplänen zu berücksichtigen. Die Ergebnisse der Forschungsprojekte und Experimente, die in der vorherigen Version des Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsplans aufgeführt wurden, sind aufzuzeigen.»

Beurteilung durch das ENSI

Das ENSI kommt zu dem Schluss, dass die Bundesratsauflage 6.1 im Entsorgungsprogramm 2021 erfüllt wurde. Die Nagra hat den Stand von Wissenschaft und Technik bezüglich Langzeitverhalten der Brennelement-Hüllrohre und die sich daraus ergebenden Konsequenzen im Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsplan 2021 ausgewiesen und die diesbezüglich erfolgten und geplanten Arbeiten beschrieben.

Stellungnahme der KNS

Mit der im Rahmen des EP21 erfolgten zusammenfassenden Darstellung bisheriger und aktueller Forschungsarbeiten betreffend BE-Alterung und verlängerter Trockenlagerung erachtet die KNS die Auflage 6.1 des Bundesrats als erfüllt.

Auflage 6.3 Abfallmengen

«Die Nagra muss 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 durch das ENSI

Das ENSI kommt zu dem Schluss, dass die Nagra die Bundesratsauflage 6.3 im Rahmen des Entsorgungsprogramm 2021 erfüllt hat. Die Auflage bleibt jedoch aufgrund ihres periodischen Charakters auch für künftige Aktualisierungen des Entsorgungsprogramms bestehen.

Stellungnahme der KNS

Mit den Angaben zu Herkunft, Art und Menge der radioaktiven Abfälle im EP21 und der Ausweisung der Unterschiede zum EP16 ist die entsprechende Auflage 6.3 nach Ansicht der KNS für das EP21 erfüllt.

Auflage 6.4 Realisierungsplan

«In zukünftigen Entsorgungsprogrammen hat die Nagra 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 durch das ENSI

Die vorbereitenden Arbeiten zu den in der Bundesratsauflage 6.4 genannten Themen wurden im Entsorgungsprogramm dargelegt. Somit ist aus Sicht des ENSI dieser Teil der Auflage zum Realisierungsplan erfüllt. Die vorbereitenden Arbeiten zu diesen Themen in der Bundesratsauflage sind in zukünftigen Entsorgungsprogrammen bzw. RD&D-Plan zu konkretisieren und gemäss jeweiligem Projektstand weiter zu entwickeln. Die Arbeiten zur Langzeitarchivierung der Information und der Markierung werden insbesondere vom BFE beurteilt und somit in deren Stellungnahme festgehalten. Die Auflage 6.4 bleibt aufgrund ihres periodischen Charakters auch für künftige Aktualisierungen des Entsorgungsprogramms bestehen.

Stellungnahme der KNS

Die KNS stellt fest, dass sich im EP21 bzw. im aktuellen RD&D-Plan der Nagra Angaben finden zum Stand der Arbeiten betreffend die Punkte Langzeitarchivierung und Markierung, Verschluss der Tiefenlager, Rückholung sowie temporärer Verschluss in Krisenzeiten. Die KNS geht davon aus, dass bis zur nächsten Aktualisierung des Entsorgungsprogramms bzw. des RD&D-Plans die Planung sowie die Entwicklung der entsprechenden Konzepte weiter fortgeschritten sein werden und dieser Fortschritt entsprechend dokumentiert wird. Für das EP21 beurteilt die KNS die bundesrätliche Auflage 6.4 als erfüllt.

Auflage 6.5 Berücksichtigung von Erfahrung 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 durch das ENSI

Im RD&D-Plan geht die Nagra auf die Berücksichtigung der Erfahrung und des Stands von Wissenschaft und Technik ein. Der Bericht behandelt eine ganze Palette von Forschungsthemen. Betreffend Optimierungsmassnahmen ist aus Sicht des ENSI das von der Nagra im Entsorgungsprogramm beschriebene übergeordnete Optimierungsverfahren ausreichend für den jetzigen Stand der Lagerrealisierung. Für die nächsten Entsorgungsprogramme erwartet das ENSI eine aktualisierte Dokumentation des Optimierungsverfahrens, welches auch konkrete Beispiele aufführt. Das ENSI kommt zum Schluss, dass das Vorgehen im RD&D-Plan die Bundesratsauflage 6.5 ([BR Vf-EP16]) erfüllt.

Stellungnahme der KNS

Die KNS kommt zum Schluss, dass mit den Angaben im EP21 bzw. im aktuellen RD&D-Plan der Nagra zur Berücksichtigung von vorliegenden Erfahrungen und des Standes von Wissenschaft und Technik in den Arbeiten und Konzepten der Nagra und zum Optimierungsverfahren die Auflage 6.5 aus der Verfügung des Bundesrats zum EP16 grundsätzlich erfüllt worden ist.

3.2 Neue Auflagenanträge des ENSI

Aufgrund seiner Beurteilung der von den Entsorgungspflichtigen eingereichten Unterlagen formuliert das ENSI in seinem Gutachten [ENSI 33/915] die folgenden sieben Anträge für neue Auflagen für die nächste Aktualisierung bzw. für weitere Aktualisierungen des Entsorgungsprogramms und des RD&D-Plans:

Auflagenantrag A.1

Für das Rahmenbewilligungsgesuch sowie für künftige Aktualisierungen des Entsorgungsprogramms ist das Verpackungskonzept für die in Endlagerbehältern verpackten Abfälle sowie das verpackte Abfallvolumen an die aus dem Standortvorschlag der Nagra resultierenden Lagerkonzepte anzupassen. Zudem ist das Transportkonzept für die radioaktiven Abfälle von der Verpackungsanlage in das Tiefenlager zu erläutern. Bei der Wahl der Endlagerbehälter sind weitere sicherheitsrelevante Aspekte, wie die Handhabbarkeit, zu berücksichtigen.

Auflagenantrag A.2

Im nächsten Entsorgungsprogramm ist vertiefter auf die Übertragbarkeit der gewonnenen Erkenntnisse im Pilotlager auf das Hauptlager mit Hilfe von Simulationswerkzeugen einzugehen. Zudem ist der Umfang und der Inhalt der Messungen im Pilotlager weiter zu konkretisieren und dabei das Messprogramm auch im Hinblick auf die Lieferung von Information zum Kurz- und Langzeitverhalten des Mehrfachbarrierensystems und zur Entdeckung von unerwarteten Entwicklungen während der Beobachtungsphase zu erweitern.

Auflagenantrag A.3

Ein aktualisierter Datenmanagement-Plan ist im Rahmen der zukünftigen Entsorgungsprogramme jeweils einzureichen und in diesem festzulegen, wie mit den im Rahmen des Sachplans erarbeiteten und in den folgenden Schritten der Realisierung eines geologischen Tiefenlagers gesammelten und verarbeiteten Daten und Informationen umgegangen wird. Im Datenmanagement-Plan ist zu regeln, ab wann, für wie lange und in welcher Qualität welche Daten und Informationen aktiv verfügbar sind, welche Informationen langfristig archiviert werden, welche Technologien dafür eingesetzt werden und welche Ressourcen dazu notwendig sind.

Auflagenantrag A.4

Im nächsten Entsorgungsprogramm ist die Parallelisierung von Prozessen in Zusammenhang mit der Abwicklung der EUU und der Erarbeitung der nuklearen Bau- und Betriebsbewilligungsgesuche zu konkretisieren. Ebenfalls sind darzustellen, welche zusätzlichen Daten bis zum Baugesuch SMA-Lager teil, Hierarchiestufe H1, benötigt werden, um die Lagerteile für ein Kombilager sicherheitstechnisch optimal zu platzieren.

Auflagenantrag A.5

Das Konzept zur Erhöhung der Anzahl Stellplätze für die Zwischenlagerung abgebrannter Brennelemente und verglaste hochaktiver Abfälle ist unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus der aktuell laufenden Aktualisierung des Stellplatzkonzeptes für das nächste Entsorgungsprogramm weiter zu entwickeln.

Auflagenantrag A.6

In künftigen Entsorgungsprogrammen sind in den RD&D-Plänen zu jedem Forschungsgebiet die Fortschritte der Forschungsprojekte gegenüber dem Stand im vorherigen RD&D-Plan aufzuzeigen. Dies betrifft insbesondere auch die Fälle, in denen ein Experiment nicht erfolgreich war oder abgebrochen wurde.

Auflagenantrag A.7

Im Rahmen des nächsten Entsorgungsprogramms sind darzulegen, welche Strategien für die Verknüpfung von Daten, geometrischen Informationen und mathematischen Modellen für den Sicherheitsnachweis verfolgt werden. Dabei ist auch die mögliche Rolle moderner digitaler Konzepte, wie z. B. «Building Information Modelling» und «digitale Zwillinge», zu erläutern.

Stellungnahme der KNS

Die KNS kann den vom ENSI gemachten Auflagenanträgen für zukünftige Aktualisierung des Entsorgungsprogramms bzw. des RD&D-Plans folgen. Die Anträge adressieren Aufgaben und Inhalte, die aus Sicht der KNS im Hinblick auf die weiteren Schritte im Prozess der Realisierung geologischer Tiefenlager für radioaktive Abfälle bzw. für die nächste Aktualisierung des Entsorgungsprogramms und des RD&D-Plans grundsätzlich von Relevanz sind. Von besonderer Bedeutung sind aus Sicht der KNS die Auflagenanträge A.2 zu Umfang und Inhalt der Messungen im Pilotlager, A.3 zum Datenmanagement-Plan sowie A.6 zur Ausweisung von Fortschritten in den Forschungsprojekten im RD&D-Plan.

4 Beurteilung und Empfehlungen

4.1 Zusammenfassende Beurteilung

Die KNS stellt fest, dass das ENSI das Entsorgungsprogramm 2021 (EP21) im Detail geprüft und seine Ergebnisse umfassend dokumentiert hat. Die Prüfung umfasste auch den aktuellen Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsplan (RD&D-Plan 2021) der Nagra. Das ENSI kommt nach seiner Prüfung zum Schluss, dass die Nagra mit dem Einreichen des EP21 und des aktuellen RD&D-Plans den gesetzlichen Auftrag gemäss Art. 32 KEG und Art. 52 KEV – bezogen auf die vom ENSI zu prüfenden Aspekte – erfüllt hat. Als Ergebnis hält das ENSI Auflagenanträge für zukünftige Aktualisierungen des Entsorgungsprogramms und des RD&D-Plans fest. Spezifische Hinweise zu einzelnen Aspekten im Entsorgungsprogramm und RD&D-Plan, deren sicherheitstechnische Relevanz von untergeordneter Bedeutung ist und die im Rahmen der laufenden Aufsicht behandelt werden, sind vom ENSI in einer separaten Aktennotiz [ENSI 33/939] aufgeführt.

Die KNS hat sich mit dem EP21 und dem aktuellen RD&D-Plan der Nagra sowie mit dem Entwurf des Gutachtens des ENSI hierzu befasst. In der vorliegenden Stellungnahme zum Entwurf des ENSI-Gutachtens beschränkt sie sich auf ausgewählte Punkte. Aus Sicht der KNS ist die vom ENSI bei der Prüfung des EP21 gewählte Vorgehensweise und sind speziell die Fragen bzw. Kriterien, anhand derer das ENSI das EP21 und den aktuellen RD&D-Plan der Nagra beurteilt, sachgerecht und zielführend. Die KNS kann sich der Beurteilung des EP21 durch das ENSI grundsätzlich anschliessen und unterstützt die vom ENSI formulierten Auflagenanträge und Hinweise.

4.2 Empfehlungen der KNS

Als Ergebnis ihrer Beurteilung formuliert die KNS nachfolgende Empfehlungen im Hinblick auf die nächste Aktualisierung des Entsorgungsprogramms. Die KNS empfiehlt dem Bundesrat, diese Empfehlungen in entsprechenden Auflagen zu berücksichtigen.

Empfehlung 1

Aufgrund der Heterogenität der schwach- und mittelaktiven Abfälle (SMA) dürfte es vergleichsweise schwierig sein, diese bezüglich Inventar und stofflicher Zusammensetzung im Pilotlager repräsentativ abzubilden. Es stellt sich daher die Frage, nach welchen Kriterien die Auswahl einer repräsentativen kleinen Menge von radioaktiven Abfällen für die Einlagerung in das Pilotlager SMA erfolgen kann bzw. soll. Die KNS empfiehlt der Nagra, im weiteren Projektverlauf diese Frage zeitnah zu behandeln und im Rahmen der nächsten Aktualisierung des Entsorgungsprogramms den dann aktuellen Stand in der Sache darzulegen.

Die weiteren Empfehlungen richten sich nicht an die Entsorgungspflichtigen, sondern sind an die in der jeweiligen Sache zuständige(n) Bundesstelle(n) adressiert.

Empfehlung 2

Aufgrund der grundsätzlichen Bedeutung der maximalen Lagerkapazität, die mit der Rahmenbewilligung für ein geologisches Tiefenlager festgelegt wird, empfiehlt die KNS, die weiterhin gültige bundesrätliche Auflage 6.3 «Abfallmengen» im Sinne des entsprechenden Hinweises des ENSI dahingehend zu ergänzen, dass in künftigen Aktualisierungen des Entsorgungsprogramms die erwarteten Abfallmengen für Szenarien mit Laufzeiten der Kernkraftwerke über 60 Jahre hinaus ausgewiesen und die damit verbundenen Auswirkungen auf die Entsorgung bewertet werden sollen.

Empfehlung 3

Die KNS empfiehlt den zuständigen Behörden zu evaluieren, ob allenfalls weitere Möglichkeiten für eine Verfahrensoptimierung bestehen (hinsichtlich z. B. Ressourcenbedarf, Koordination zwischen den involvierten Stellen), sodass zeitlich kritische Entwicklungen frühzeitig erkannt und Verzögerungen im weiteren Verfahrensablauf soweit möglich und planbar vermieden werden können.

Die vorliegende Stellungnahme wurde von der KNS am 31. März 2023 in ihrer 172. Sitzung verabschiedet.

Brugg, 12. April 2023

Eidgenössische Kommission
für nukleare Sicherheit

Der Präsident

Dr. B. Müller
(ohne Unterschrift)

Geht an: Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und
Kommunikation (UVEK)
Bundesamt für Energie (BFE)
Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI)

Referenzen

- [BR Vf-EP16] Verfügung zum Entsorgungsprogramm 2016 der Entsorgungspflichtigen Schweizerische Bundesrat, Bern, 21. November 2018 [↗]
- [ENSI 33/540] Sicherheitstechnisches Gutachten zum Vorschlag der in Etappe 3 SGT weiter zu untersuchenden geologischen Standortgebiete, Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2
ENSI 33/540; ENSI, Brugg, April 2017 [↗]
- [ENSI 33/649] Präzisierung der sicherheitstechnischen Vorgaben für Etappe 3 des Sachplans geologische Tiefenlager
ENSI 33/649; ENSI, Brugg, November 2018
- [ENSI 33/915] Stellungnahme zum Entsorgungsprogramm 2021 der Entsorgungspflichtigen
ENSI 33/915; ENSI, Brugg, Entwurf 7. November 2022
- [ENSI 33/939] Empfehlungen aus der Beurteilung des Entsorgungsprogramms und des RD&D-Plans 2021
ENSI 33/939; ENSI, Brugg, Entwurf 7. November 2022
- [ENSI AIPL 2021] Schlussbericht zum AGNEB-Projekt «Auslegung und Inventar des Pilotlagers»; ENSI 33/809;
ENSI, Brugg, 24. Mai 2021 [↗]
- [ENSI G03] Geologische Tiefenlager, Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen ENSI-G03; ENSI, Brugg, Dezember 2020 [↗]
- [KNS-02820] Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2, Stellungnahme zum sicherheitstechnischen Vorschlag der in Etappe 3 weiter zu untersuchenden geologischen Standortgebiete
KNS-02820; Brugg, Juni 2017 [↗]
- [KNS-02858] Stellungnahme des ENSI zum Entsorgungsprogramm 2016 der Entsorgungspflichtigen
Stellungnahme der KNS
KNS-02858; Brugg, April 2018 [↗]
- [NAB 19-15] Standortunabhängiger Vergleich eines Kombilagers mit zwei Einzel lagern hinsichtlich Bau- und Betriebsabläufe und Umwelt
NAB 19-15; Nagra, Wettingen, September 2020
- [NAB 20-28] *Fanger, L., Müller, H. & Vogt, T.:*
Überwachung Umwelt und geologisches Umfeld
NAB 20-38 Rev. 1; Nagra, Wettingen, Januar 2022
- [NAB 20-31] Methodik zur Definition des Mindestabstands zwischen den HAA- und SMA-Lagerteilen im Kombilager
NAB 20-31; Nagra, Wettingen, Oktober 2021
- [NAB 21-11] Pilot Repository Monitoring: First Concept Report
NAB 21-11; Nagra, Wettingen, Dezember 2021

- [NAB 21-12] Verschlusskonzept für ein geologisches Tiefenlager
NAB 21-12; Nagra, Wettingen, Dezember 2021
- [NAB 21-14] Konzept erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag (EUU)
NAB 21-14; Nagra, Wettingen, November 2021
- [NTB 16-03] *Diomidis, N., Cloet, V., Leupin, O.X., Marschall, P., Poller, A. & Stein, M.:*
Production, consumption and transport of gases in deep geological
repositories according to the Swiss disposal concept
NTB 16-03; Nagra, Wettingen, Dezember 2016
- [NTB 21-01] Entsorgungsprogramm 2021 der Entsorgungspflichtigen
NTB 21-01; Nagra, Wettingen, Dezember 2021
- [NTB 21-02] The Nagra Research, Development and Demonstration (RD&D) Plan
for the Disposal of Radioactive Waste in Switzerland
NTB 21-02; Nagra, Wettingen, November 2021

Abkürzungen und Symbole

Weblink bzw.
SR-Nummer
↓

[↗]	Referenz im Internet verfügbar (Stand bei Redaktionsschluss) Verweis in der elektronischen Version der Stellungnahme verlinkt	
Agneb	Arbeitsgruppe des Bundes für die nukleare Entsorgung → Kernenergie → Radioaktive Abfälle → Grundlagen Entsorgung → Agneb	www.bfe.admin.ch → Versorgung
ATA	Alphatoxische Abfälle: Radioaktive Abfälle, deren Gehalt an Alphastrahlern den Wert von 20'000 Becquerel/g konditionierter Abfall übersteigt (Art. 51 Kernenergieverordnung KEV)	
BE	(abgebrannte) Brennelemente	
BFE	Bundesamt für Energie	www.bfe.admin.ch
BZL	Bundeszwisehenlager	
CERN	Vom <u>C</u> onseil <u>E</u> uropéen pour la <u>R</u> echerche <u>N</u> ucléaire gegründete europäische Organisation für Kernforschung	home.cern
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat	www.ensi.ch
EP08	Entsorgungsprogramm 2008	
EP16	Entsorgungsprogramm 2016	
EP21	Entsorgungsprogramm 2021	
EUU	Erdwissenschaftliche Untersuchungen untertag	
HAA	Hochaktive Abfälle: abgebrannte Brennelemente und verglaste Spaltprodukte aus der Wiederaufarbeitung (Art. 51 KEV)	
KEG	Kernenergiegesetz	SR 732.1
KEV	Kernenergieverordnung	SR 732.11
KKB	Kernkraftwerk Beznau	
KKG	Kernkraftwerk Gösgen	
KKL	Kernkraftwerk Leibstadt	
KKM	Kernkraftwerk Mühleberg	
KKW	Kernkraftwerk(e)	
KNS	Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit	www.kns.admin.ch
MIF	(Radioaktive Abfälle aus) Medizin, Industrie, Forschung	
Nagra	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle	www.nagra.ch
NTB	Nagra Technischer Bericht	
OFA	Oberflächenanlage	
OFI	Oberflächeninfrastruktur: Umfasst die Oberflächenanlagen, die Nebenzugangsanlagen (Anlageteile an der Oberfläche und am oberen Ende eines Zugangsbauwerks, über das keine Transporte radioaktiver Abfälle erfolgen), Erschliessungsbauwerke, Baustelleninstallationen und Standorte für die Verwertung und Ablagerung von anfallendem Ausbruchs- und Aus-hubmaterial.	

PSI	Paul Scherrer Institut	www.psi.ch
RCM	Requirements and Configuration Management <i>Anforderungs- und Konfigurationsmanagement</i>	
RD&D	Research, Development and Demonstration <i>Forschung, Entwicklung und Demonstration</i> ¹²	
RBG	Rahmenbewilligungsgesuch	
SGT	Sachplan geologische Tiefenlager Versorgung → Kernenergie → Radioaktive Abfälle → Sachplan geologische Tiefenlager	www.bfe.admin.ch
SMA	schwach- und mittelaktive Abfälle: Alle radioaktiven Abfälle, die nicht den hochaktiven oder den alphanotoxischen zugeteilt sind (Art. 51 KEV)	
SR ...	Systematische Rechtssammlung → Bundesrecht → Systematische Rechtssammlung	www.admin.ch
StSV	Strahlenschutzverordnung	SR 814.501
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation	www.uvek.admin.ch
ÜUG	Überwachung der Umwelt und des geologischen Umfelds	
VKNS	Verordnung über die Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit	SR 732.16
ZWILAG	Zentrales Zwischenlager der Zwischenlager Würenlingen AG	www.zwilag.ch
ZWIBEZ	Zwischenlager des Kernkraftwerks Beznau	

¹² Demonstration im Sinne von „Ausführung“, „Veranschaulichung“ oder „Darlegung“

Eidgenössische Kommission
für nukleare Sicherheit
Gaswerkstrasse 5
5200 Brugg
Schweiz / Switzerland

Telefon +41 58 481 86 86
contact@kns.admin.ch
www.kns.admin.ch