



Juni 2017

---

Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2

**Stellungnahme zum  
sicherheitstechnischen Gutachten des ENSI  
zum Vorschlag der in Etappe 3 weiter zu  
untersuchenden geologischen Standortgebiete**

---

KNS-02820



## Zusammenfassung

Ziel der Etappe 2 des Sachplanverfahrens geologische Tiefenlager (SGT) ist die Auswahl von mindestens zwei Standortgebieten je für ein geologisches Tiefenlager für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA) sowie für hochaktive Abfälle (HAA), welche in Etappe 3 SGT weiter zu untersuchen sind. Grundlage dieser Standorteinengung sind die geologischen Standortgebiete, die von den Entsorgungspflichtigen in Etappe 1 SGT vorgeschlagen und auf Beschluss des Bundesrats in den Sachplan geologische Tiefenlager aufgenommen wurden.

Ende 2014 wurde von der Nagra (Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle) im Auftrag der Entsorgungspflichtigen der Vorschlag der in Etappe 3 SGT weiter zu untersuchenden geologischen Standortgebiete bei der verfahrensleitenden Behörde, dem Bundesamt für Energie (BFE), eingereicht. Gemäss Vorgabe im Konzeptteil SGT prüfte das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) als Aufsichtsbehörde des Bundes für die nukleare Sicherheit diesen Vorschlag aus sicherheitstechnischer Sicht. Im Konzeptteil SGT ist ebenfalls festgehalten, dass die Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit (KNS) zum sicherheitstechnischen Gutachten des ENSI Stellung nimmt.

Das ENSI kommt in seinem Gutachten zum Schluss, dass in Übereinstimmung mit dem Vorschlag der Nagra die SMA-Standortgebiete Jura-Südfuss, Südranden und Wellenberg aufgrund eindeutiger Nachteile gegenüber den anderen Standortgebieten zurückzustellen sind. Seitens Nagra wird zusätzlich die Zurückstellung des geologischen Standortgebiets Nördlich Lägern (jeweils HAA- und SMA-Lager) vorgeschlagen. Da das ENSI auf Basis der vorliegenden Daten und Kenntnisse bei Nördlich Lägern keine eindeutigen Nachteile gegenüber den verbleibenden anderen Standortgebieten Jura Ost und Zürich Nordost (jeweils HAA- und SMA-Lager) sieht, stimmt es der vorgeschlagenen Zurückstellung des Standortgebiets Nördlich Lägern nicht zu.

Die KNS stellt fest, dass das ENSI den Vorschlag der Nagra für die Standorteinengung in Etappe 2 SGT im Detail geprüft und seine Ergebnisse umfassend dokumentiert hat. Es hat sich bei seiner Prüfung auch auf eigene Modelle, Berechnungen und Bewertungsmassstäbe abgestützt sowie zu verschiedenen Fragestellungen externe Experten beigezogen. Die KNS kommt zum Schluss, dass die Argumentation des ENSI in seinem Gutachten nachvollziehbar ist. Das Verfahren gemäss Etappe 2 SGT ist von Nagra und ENSI eingehalten worden.

Die KNS stellt weiter fest, dass ausgehend von den in Etappe 1 SGT vorgeschlagenen sechs geologischen Standortgebieten für ein SMA-Lager eine Einengung auf drei Standortgebiete und das Wirtgestein Opalinuston erfolgt ist. Sie begrüsst die Fokussierung auf das Wirtgestein Opalinuston bei den SMA-Standortgebieten und unterstützt die Zurückstellung der Standortgebiete Jura-Südfuss, Südranden und Wellenberg. Hinsichtlich einer möglichen Differenzierung zwischen den Standortgebieten Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost für ein HAA-Lager wie auch ein SMA-Lager teilt die KNS die Einschätzung des ENSI, dass die vorhandene Datenbasis nicht ausreicht, um belastbare Aussagen zu eindeutigen Nachteilen abzuleiten. Somit kann keines dieser Standortgebiete – auch nicht Nördlich Lägern – zum jetzigen Zeitpunkt zurückgestellt werden. Die Ergebnisse der erdwissenschaftlichen Untersuchungen (insbesondere 3D-Reflexionsseismik und Tiefbohrungen) in Etappe 3 SGT können nach Einschätzung der KNS dazu beitragen, die von der Nagra getroffenen Annahmen zu prüfen und belastbare Aussagen zu allenfalls eindeutigen Nachteilen zu erhalten. Die KNS empfiehlt daher, die geologischen Standortgebiete Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost (jeweils für ein HAA- und SMA-Lager) in Etappe 3 SGT weiter zu untersuchen.

Falls sich die Aussagen der Nagra zu den aus ihrer Sicht bestehenden eindeutigen Nachteilen des Standortgebiets Nördlich Lägern durch die Ergebnisse der 3D-Seismik und der Tiefbohrungen bestätigen lassen, empfiehlt die KNS im Hinblick auf eine zielführende Abwicklung der Etappe 3 SGT, die weiteren Arbeiten zur Untersuchung dieses Standortgebiets bereits in einer frühen Phase von Etappe 3 einzustellen.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Ausgangslage	1
1.2	Aufgaben der KNS	2
1.3	Vorgaben zum Vorgehen in Etappe 2	2
<b>2</b>	<b>Zur Stellungnahme der KNS</b>	<b>2</b>
2.1	Vorgehen	3
2.2	Grundlagen	3
<b>3</b>	<b>Beurteilung des Gutachtens des ENSI</b>	<b>5</b>
3.1	Methodik für die Auswahl von mindestens zwei Standortgebieten in Etappe 2 SGT	5
3.2	Lagerkonzept	9
3.3	Abgrenzung optimierter Lagerperimeter und deren Bewertung	14
3.4	Sicherheitstechnischer Vergleich der geologischen Standortgebiete und vergleichende Gesamtbewertung	18
3.4.1	Identifikation eindeutiger Nachteile anhand entscheidrelevanter Merkmale und Indikatoren	19
3.4.2	Entscheidrelevantes Merkmal „Wirksamkeit der geologischen Barriere“	20
3.4.3	Entscheidrelevantes Merkmal „Langzeitstabilität der geologischen Barriere“	22
3.4.4	Entscheidrelevantes Merkmal „Explorier- und Charakterisierbarkeit der geologischen Barriere im Standortgebiet“	28
3.4.5	Entscheidrelevantes Merkmal „Bautechnische Machbarkeit eines Tiefenlagers unter Berücksichtigung der vorgeschlagenen Standortareale“	29
3.4.6	Vergleichende Gesamtbewertung der geologischen Standortgebiete	32
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung und Empfehlungen</b>	<b>34</b>
4.1	Zusammenfassende Beurteilung	34
4.2	Empfehlungen und weitere Hinweise der KNS	36
	<b>Referenzen</b>	<b>39</b>
	<b>Abkürzungen und Symbole</b>	<b>42</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangslage

Die Etappe 2 des Sachplanverfahrens geologische Tiefenlager (SGT) dient der Auswahl von mindestens zwei Standortgebieten<sup>1</sup> je für ein geologisches Tiefenlager für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA)<sup>2</sup> und für hochaktive Abfälle (HAA)<sup>2</sup>, welche in Etappe 3 SGT weiter zu untersuchen sind. Grundlage dieser Standorteinengung sind die geologischen Standortgebiete, die von den Entsorgungspflichtigen in Etappe 1 SGT vorgeschlagen und auf Beschluss des Bundesrats in den Sachplan geologische Tiefenlager aufgenommen wurden. Die Entsorgungspflichtigen müssen im Einengungsschritt im Rahmen von Etappe 2 SGT für jedes Standortgebiet eine provisorische Sicherheitsanalyse sowie zwischen den Standortgebieten einen sicherheitstechnischen Vergleich durchführen. Gestützt darauf ist eine Gesamtbewertung vorzunehmen, welche die Basis für den Vorschlag für die Standorteinengung auf mindestens je zwei Standortgebiete pro Lagertyp darstellt.

Ende 2014 wurde von der Nagra (Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle) im Auftrag der Entsorgungspflichtigen der Vorschlag der in Etappe 3 des Sachplanverfahrens geologische Tiefenlager (SGT) weiter zu untersuchenden geologischen Standortgebiete bei der verfahrensleitenden Behörde, dem Bundesamt für Energie (BFE), eingereicht. Gemäss Vorgabe im Konzeptteil SGT [BFE SGT] prüfte das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) als Aufsichtsbehörde des Bundes für die nukleare Sicherheit diesen Vorschlag aus sicherheitstechnischer Sicht. Im Verlauf seiner Prüfung kam das ENSI zum Schluss, dass die von der Nagra eingereichten felsmechanischen Grundlagen, die getroffenen Annahmen und die Argumente für die Beurteilung der maximalen Tiefenlage im Hinblick auf die bautechnische Machbarkeit nicht ausreichend bzw. nicht nachvollziehbar seien. Aus diesem Grund stellte das ENSI am 6. November 2015 eine entsprechende Nachforderung an die Nagra [ENSI 33/476]. Am 27. Juli 2016 reichte die Nagra ihre Unterlagen zur Erfüllung der Nachforderung ein. Nach Abschluss der Überprüfung des Einengungsvorschlags der Nagra gab das ENSI am 14. Dezember 2016 das Begutachtungsergebnis öffentlich bekannt. Das sicherheitstechnische Gutachten des ENSI ist am 18. April 2017 veröffentlicht worden [ENSI 33/540].

---

<sup>1</sup> Im Konzeptteil des Sachplans geologische Tiefenlager ist als Ziel von Etappe 2 die „Auswahl von mindestens zwei Standorten je für SMA und HAA“ angegeben. Der Begriff „Standort“ ist dabei im Konzeptteil nicht eindeutig definiert. Im Zusammenhang mit dem Einengungsschritt in Etappe 2 ist damit sowohl die Wahl von Standortarealen an der Oberfläche als auch der geologischen Standortgebiete im Untergrund gemeint. Gemäss Präzisierung des ENSI sind die provisorischen Sicherheitsanalysen und der sicherheitstechnische Vergleich in Etappe 2 für die geologischen Standortgebiete unter Berücksichtigung der zugehörigen Standortareale für die Oberflächenanlagen und der jeweils bezeichneten untertägigen Lagerperimeter durchzuführen [ENSI 33/154].

<sup>2</sup> In Art. 51 der Kernenergieverordnung (KEV, SR 732.11) werden drei Kategorien von Abfälle unterschieden: schwach- und mittelaktive Abfälle, alphanukleare Abfälle sowie hochaktive Abfälle. Letztere umfassen neben den verglasten hochaktiven Abfällen aus der Wiederaufarbeitung auch die abgebrannten Brennelemente. Im Lager für die hochaktiven Abfälle (HAA-Lager) werden die abgebrannten Brennelemente (kurz: BE), die verglasten hochaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung (kurz: HAA) und die langlebigen mittelaktiven Abfälle (kurz: LMA) eingelagert. Dabei werden alle schwach- und mittelaktiven Abfälle (kurz: SMA) sowie alphanukleare Abfälle (kurz: ATA), die zusammen mit den BE/HAA ins HAA-Lager eingebracht werden, als LMA bezeichnet [NTB 14-01].

## 1.2 Aufgaben der KNS

Gemäss Art. 71 Abs. 3 des Kernenergiegesetzes (KEG, SR 732.1) verfasst die Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit (KNS) unter anderem Stellungnahmen, die der Bundesrat, das Departement oder das Bundesamt, d. h. das BFE, von ihr verlangen. Sie kann sich dabei auf ausgewählte Punkte beschränken (Art. 5 der Verordnung über die KNS, SR 732 16).

Im Konzeptteil des Sachplans geologische Tiefenlager [BFE SGT] ist festgelegt, dass die KNS in den drei Etappen des Verfahrens zu den jeweiligen Gutachten des ENSI Stellung nimmt. Mit dem vorliegenden Dokument kommt die KNS diesem Auftrag nach und nimmt Stellung zum sicherheitstechnischen Gutachten des ENSI zum Vorschlag der in Etappe 3 SGT weiter zu untersuchenden geologischen Standortgebiete.

## 1.3 Vorgaben zum Vorgehen in Etappe 2

In Etappe 2 SGT müssen eine Gesamtbewertung und ein sicherheitstechnischer Vergleich der Standortgebiete erfolgen. Der sicherheitstechnische Vergleich muss mittels der quantitativen provisorischen Sicherheitsanalysen und der qualitativen Bewertung der Standortgebiete anhand der im Konzeptteil des Sachplans vorgegebenen Kriterien zur Sicherheit und technischen Machbarkeit erfolgen [BFE SGT].

Im Zuge des Prozesses der Standorteinengung in Etappe 2 SGT werden Standortgebiete, die sich als eindeutig weniger geeignet als andere erweisen oder das durch das ENSI festgelegte Dosischutzkriterium von 0.1 mSv/a [ENSI G03] nicht erfüllen, zurückgestellt<sup>3</sup> [BFE SGT]. Konkret erfolgt eine Zurückstellung, falls mindestens eine der folgenden Fragen mit „Ja“ beantwortet wird [ENSI 33/154]:

- Erfüllt das Standortgebiet das Dosischutzkriterium von 0.1 mSv/a gemäss Richtlinie ENSI-G03 zu einem Zeitpunkt des massgebenden Betrachtungszeitraums nicht?
- Ist das Standortgebiet aufgrund der Ergebnisse der Dosis-Berechnungen eindeutig weniger geeignet?
- Ist die Gesamtbewertung des Standortgebiets schlechter als „geeignet“?
- Können beim Standortgebiet anhand der Kriterien zur Sicherheit und technischen Machbarkeit belastbare eindeutige Nachteile gegenüber anderen Standortgebieten festgestellt werden?

Die Ergebnisse des sicherheitstechnischen Vergleichs und der Gesamtbewertung bilden die Grundlage für den Vorschlag von mindestens je zwei Standortgebieten für HAA und SMA.

## 2 Zur Stellungnahme der KNS

Die KNS legt in ihrer Stellungnahme die Schwerpunkte auf die Beurteilung des von den Entsorgungspflichtigen vorzunehmenden sicherheitstechnischen Vergleichs, auf die Identifizierung eindeutiger Nachteile der von der Nagra ausgewiesenen Lagerperimeter in den geologischen Standortgebieten und auf die zusammenfassende Gesamtbewertung, die letztlich die Grundlage für den Vorschlag der Nagra für die in Etappe 3 SGT weiter zu untersuchenden Standortgebiete ist.

---

<sup>3</sup> Zurückgestellte Standortgebiete bleiben als Reserveoption bis zur Erteilung der Rahmenbewilligung als Vororientierung im SGT raumplanerisch gesichert [BFE SGT].

## 2.1 Vorgehen

Die KNS prüft bei ihrer Beurteilung des Gutachtens des ENSI, ob die Argumentation des ENSI nachvollziehbar ist, ob das ENSI in seinem Gutachten alle nach Meinung der KNS wichtigen Punkte anspricht und ob das Verfahren gemäss Etappe 2 SGT von Nagra und ENSI eingehalten worden ist.

Bei der Bewertung des Einengungsschritts orientiert sich die KNS auch an den folgenden Leitfragen für Etappe 2 SGT, welche von der Kommission 2011 in ihrer „Stellungnahme zur Notwendigkeit ergänzender geologischer Untersuchungen in Etappe 2 SGT“ festgelegt worden waren [KNS 23/247]:

- Sind geringdurchlässige homogene Wirtgesteinskörper von ausreichender Mächtigkeit und lateraler Ausdehnung vorhanden?
- Liegen diese Wirtgesteinskörper in geeigneter Tiefe?
- Gibt es unmittelbar angrenzend an diese Wirtgesteinskörper Aquifere?
- Besteht eine Gefährdung der Langzeitsicherheit durch Neotektonik oder Erosion?

Von der KNS wurden schon in ihren bisherigen Stellungnahmen<sup>4</sup> im Rahmen des SGT Empfehlungen im Hinblick auf die weitere Durchführung des Verfahrens abgegeben. Wo angezeigt wird sie bei ihrer Beurteilung auf diese Empfehlungen Bezug nehmen.

Im Zuge der Analyse der Berichterstattung der Nagra zum Einengungsvorschlag hielt die KNS Fragen hierzu zuhanden der Nagra fest. Die Antworten der Nagra auf diese Fragen wurden der Kommission zwischen Februar und September 2016 von Vertretungen der Nagra fortlaufend im Rahmen von KNS-Sitzungen vorgestellt.

Da den Ergebnissen der 2D-reflexionsseismischen Messungen, welche im Auftrag der Nagra im Winter 2011/2012 durchgeführt wurden, aus Sicht der KNS für die Standorteinengung eine wichtige Bedeutung zukommt, liess die KNS Fragen zu den Ergebnissen der Messungen und deren Interpretation durch einen externen Experten für Seismik beantworten.

Die KNS erhielt einen Entwurf des sicherheitstechnischen Gutachtens des ENSI zum Vorschlag der Nagra für die Standorteinengung Ende 2016; der „Final Draft“ des ENSI-Gutachtens wurde der KNS am 5. April 2017 zugestellt. Eine Delegation der KNS tauschte sich mit einer Vertretung des ENSI über dessen Gutachten in einer Fachsitzung am 1. Mai 2017 aus.

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

## 2.2 Grundlagen

Bei ihrer Stellungnahme zum sicherheitstechnischen Gutachten des ENSI stützt sich die KNS ausser auf das Gutachten selber [ENSI 33/540] primär auf den Hauptbericht der Nagra mit dem Vorschlag für die Standorteinengung in Etappe 2 SGT und auf die Schlüsselberichte der Nagra mit den geologischen Grundlagen und den Unterlagen zur Bewertung der Barriersysteme ab:

---

<sup>4</sup> Sachplan geologischer Tiefenlager Etappe 1: Stellungnahme zum sicherheitstechnischen Gutachten des ENSI zum Vorschlag geologischer Standortgebiete; KNS, April 2010 [KNS 23/219] [7]  
Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2: Stellungnahme zur Notwendigkeit ergänzender geologischer Untersuchungen in Etappe 2; KNS, Juni 2011 [KNS 23/247] [7]

- NTB 14-01: SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlagen; Sicherheitstechnischer Bericht zu SGT Etappe 2: Sicherheitstechnischer Vergleich und Vorschlag der in Etappe 3 weiter zu untersuchenden geologischen Standortgebiete; Nagra, Dezember 2014 [NTB 14-01]
- NTB 14-02: SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlagen; Geologische Grundlagen (aufgeteilt in 8 Dossiers [NTB 14-02-i] bis [NTB 14-02-viii]); Nagra, Dezember 2014
- NTB 14-03: SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlagen; Charakteristische Dosisintervalle und Unterlagen zur Bewertung der Barrierensysteme; Nagra, Dezember 2014 [NTB 14-03]

Sie berücksichtigt die im Konzeptteil des Sachplanverfahrens geologische Tiefenlager gemachten Festlegungen und Vorgaben zum Verfahrensablauf, die relevanten Präzisierungen zur Durchführung von Etappe 2 SGT, welche von der Aufsichtsbehörde vorgegeben worden sind, sowie die Richtlinie ENSI-G03 zur Auslegung geologischer Tiefenlager und zu Anforderungen an deren Sicherheitsnachweis:

- Sachplan geologische Tiefenlager, Konzeptteil; BFE, 2. April 2008 (Revision vom 30. November 2011) [BFE SGT]
- ENSI 33/075: Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2, Anforderungen an die provisorischen Sicherheitsanalysen und den sicherheitstechnischen Vergleich; ENSI, April 2010 [ENSI 33/075]
- ENSI 33/154: Präzisierungen zur sicherheitstechnischen Methodik für die Auswahl von mindestens zwei Standortgebieten je für HAA und SMA in Etappe 2 SGT; ENSI, Brugg, Januar 2013 [ENSI 33/154]
- ENSI 33/170: Anforderungen an die bautechnischen Risikoanalysen und an ergänzende Sicherheitsbetrachtungen für die Zugangsbauwerke in Etappe 2 SGT; ENSI, Brugg, Januar 2013 [ENSI 33/170]
- ENSI-G03: Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis; ENSI, Ausgabe April 2009 [ENSI G03]

Bei den Prüfarbeiten zur Etappe 2 SGT wurde das ENSI in geologischen, erdwissenschaftlichen und bautechnischen Fragen durch die „Expertengruppe Geologische Tiefenlagerung“ (EGT), das Bundesamt für Landestopografie (swisstopo) und weitere Experten aus dem In- und Ausland unterstützt. Deren Arbeiten sind in separaten ENSI-Expertenberichten publiziert. Fallweise wurden auch diese Expertenberichte von der KNS zurate gezogen.

Neben dem Hauptbericht NTB 14-01 und den aufgeführten Schlüsselberichten NTB 14-02 und NTB 14-03 wurden von der Nagra knapp 200 weitere Referenzberichte bei der verfahrensleitenden Behörde eingereicht. Hinzu kommen die Unterlagen, welche die Nagra zur Erfüllung der Nachforderung des ENSI eingereicht hatte. Fallweise wurden auch einzelne dieser Berichte von der KNS konsultiert.



### 3 Beurteilung des Gutachtens des ENSI

#### 3.1 Methodik für die Auswahl von mindestens zwei Standortgebieten in Etappe 2 SGT

Die Auswahl geologischer Standortgebiete für die weiteren Untersuchungen in Etappe 3 SGT gemäss den Vorgaben im Konzeptteil SGT und deren Präzisierungen durch das ENSI ist ein mehrstufiger Prozess, der folgende Elemente enthält [ENSI 33/154]:

- Darlegung der quantitativen Ergebnisse der Freisetzungsberechnungen für die realistischere zu erwartende Entwicklung des Tiefenlagers (Referenzszenarium)
- Diskussion der Robustheit des Tiefenlagersystems, Angaben zum Variationsbereich und Aufzeigen der Ungewissheiten in den bei der Modellierung verwendeten Parametern und deren Einfluss auf die Personendosiskurve unter Berücksichtigung der Vorgaben des ENSI zu den durchzuführenden Rechenfällen
- Qualitative Bewertung der im Konzeptteil SGT vorgegebenen Kriterien hinsichtlich Sicherheit und technischer Machbarkeit
- Zusammenfassende sicherheitstechnische Gesamtbewertung der Standorte (Langzeitsicherheit, technische Machbarkeit, allfällige eindeutige Nachteile)

#### *Angaben der Nagra*

Ausgangspunkt des von der Nagra gewählten Vorgehens bei der Standorteinengung in Etappe 2 SGT sind die in Etappe 1 SGT bezeichneten möglichen geologischen Standortgebiete. Um diese Standortvorschläge möglichst gut zu nutzen, nimmt die Nagra eine dreistufige Optimierung vor:

- Zunächst wird in den Standortgebieten mit zwei Wirtgesteinen geprüft, ob eines als prioritäres Wirtgestein einzustufen ist, d. h. ob es eine optimale Barrierenwirkung gewährleistet und ob das andere Wirtgestein eindeutige Nachteile aufweist. Dazu wird zuerst anhand von Dosisberechnungen geprüft, ob die verschiedenen Wirtgesteine für das SMA-Lager sicherheitstechnisch geeignet und gleichwertig sind. Als nächstes erfolgt eine Charakterisierung und qualitative Bewertung der Wirtgesteine bezüglich der 4 Kriteriengruppen und 13 Kriterien zur Sicherheit und technischen Machbarkeit gemäss [BFE SGT] anhand der zugehörigen wirtgesteinsspezifischen Indikatoren. Wirtgesteine, welche in der Gesamtbewertung unter Berücksichtigung aller Kriterien nicht mindestens das Prädikat „geeignet“ erzielen oder aber im Vergleich mit dem anderen Wirtgestein im Standortgebiet eindeutige Nachteile aufweisen, werden zurückgestellt.<sup>5</sup>
- Danach wird eine optimale räumliche Konfiguration des prioritären Wirtgesteins innerhalb eines jeden geologischen Standortgebiets ausgewählt (als „optimierte untertägige Lagerperimeter“ bezeichnet). Dabei werden zunächst innerhalb der geologischen Standortgebiete Lagerperimeter abgegrenzt, bei denen unter Verwendung der neuen Daten und Erkenntnisse die Mindestanforderungen (MA) und verschärften Anforderungen (VA) gemäss Etappe 1 SGT berücksichtigt werden. Anschliessend wird für die so abgegrenzten Lagerperimeter eine Grobcharakterisierung durchgeführt, welche mögliche Schwachpunkte aufzeigt und damit die Grundlage für die Festlegung der Optimierungsstrategie

---

<sup>5</sup> Die Nagra bezeichnet die übrigen Wirtgesteine in einem Standortgebiet, die nicht als prioritäres Wirtgestein eingestuft werden, als „weitere Wirtgesteine“. Gemäss Nagra bedeutet dies, dass diese Wirtgesteine zwar bei der in Etappe 2 SGT durchgeführten Analyse und Einengung nicht weiter betrachtet werden, grundsätzlich aber als Wirtgestein für Abfälle, welche tiefe Anforderungen an die Barrierenwirkung stellen, zur Verfügung stehen, falls ein entsprechendes Standortgebiet in Etappe 3 weiter betrachtet wird [NTB 14-01].

bildet. Bei der Evaluation der Schwachpunkte werden auch die Variabilität und Ungewissheiten berücksichtigt. Falls es das Platzangebot zulässt, wird anschliessend im zweiten Teilschritt eine entsprechende Optimierung der Lagerperimeter durchgeführt.

- Für die optimierten untertägigen Lagerperimeter werden zunächst in den provisorischen Sicherheitsanalysen die charakteristischen Dosisintervalle<sup>6</sup> ermittelt und anhand derer geprüft, ob die geologischen Standortgebiete bzw. die zugehörigen Lagerperimeter sicherheitstechnisch geeignet und gleichwertig sind. Dann wird der optimierte untertägige Lagerperimeter für jedes geologische Standortgebiet anhand der den Kriterien zur Sicherheit und technischen Machbarkeit zugeordneten Indikatoren bewertet; anschliessend werden die Standortgebiete auf Basis der entscheidungsrelevanten Merkmale und den zugehörigen Indikatoren verglichen. Auf dieser Basis werden diejenigen Standortgebiete identifiziert, welche entweder die Bewertung „geeignet“ nicht erreicht haben oder aber im Vergleich mit den anderen Standortgebieten eindeutige Nachteile aufweisen und deshalb nicht für die weiteren Untersuchungen für Etappe 3 vorgeschlagen werden.

Um bei der Bewertung der Indikatoren differenziertere Ergebnisse zu erhalten, wird von der Nagra in Etappe 2 SGT gegenüber Etappe 1 die Abstufung im oberen Bereich der Bewertungsskala verbessert und eine verfeinert abgestufte Bewertung durchgeführt (Wertebereich von 0 bis 5, mit fünf gleichmässigen Bewertungsstufen, Abstufung 0.2 Punkte).

Gemäss Vorgaben des ENSI [ENSI 33/075] müssen die bei der Auswahl von geologischen Standortgebieten in Etappe 2 verwendeten Unterlagen belastbar sein, d.h. die entscheidenden Aussagen für die Einengung müssen auch unter Berücksichtigung der bestehenden Variabilität und von Ungewissheiten gültig sein. Die relevanten Ungewissheiten werden von der Nagra auf zwei Ebenen erfasst:

- Zur Berücksichtigung von konzeptuellen Ungewissheiten wird ein Spektrum von alternativen Konzeptualisierungen betrachtet.<sup>7</sup> Bei der Beurteilung dieser Konzeptualisierungen beim sicherheitstechnischen Vergleich der geologischen Standortgebiete werden die Möglichkeiten zur Abklärung bzw. zur Reduktion dieser Ungewissheiten im Zuge der Untersuchungen für Etappe 3 SGT berücksichtigt.
- Zur Berücksichtigung von Parameter-Ungewissheiten werden bei der Einengung für die verschiedenen Konzeptualisierungen wo notwendig die vorhandenen Bandbreiten der Parameterwerte berücksichtigt.<sup>8</sup>

Die Betrachtung verschiedener Konzeptualisierungen und Parameterwerte dient zur Untersuchung der Robustheit der Einengungsentscheide bezüglich der vorhandenen

---

<sup>6</sup> In den provisorischen Sicherheitsanalysen werden Dosisberechnungen für jedes Standortgebiet durchgeführt. Gemäss [ENSI 33/075] sind dabei zeitabhängige Dosiscurven für die realistischerweise zu erwartende Entwicklung des Tiefenlagers am Standort (Referenzfall für die Dosisberechnungen) zu berechnen. Um die Robustheit des Referenzszenariums sowie den Einfluss von Ungewissheiten und Variabilitäten zu beurteilen, ist ein auf dem Referenzfall aufbauendes, standardisiertes Parametervariationsverfahren durchzuführen. Aus den Dosismaxima des Referenzfalls und des Parametervariationsverfahrens ergibt sich für jedes Standortgebiet im Betrachtungszeitraum ein charakteristisches Dosisintervall als eine Grundlage für die sicherheitstechnische Bewertung in Etappe 2 SGT.

<sup>7</sup> Das Spektrum der Konzeptualisierungen ist wie folgt definiert:  
*Referenz-Konzeptualisierung* – aufgrund der Erfahrungsbasis plausibelste Konzeptualisierung  
*Günstige Konzeptualisierung* – eine Konzeptualisierung mit günstiger Wirkung auf das Barrierensystem  
*Ungünstige Konzeptualisierung* – eine Konzeptualisierung mit ungünstiger Wirkung auf das Barrierensystem

<sup>8</sup> Die relevanten Bandbreiten der Parameterwerte werden wie folgt abgebildet:  
*Referenzwert* – aufgrund der Erfahrungsbasis plausibelster Wert.  
*Günstiger Eckwert* – ein günstiger Wert, der aufgrund der Evidenzen auch auftreten kann.  
*Ungünstiger Eckwert* – ein ungünstiger Wert, der aufgrund der Evidenzen nicht ausgeschlossen werden kann.

Ungewissheiten. Falls sich die Ungewissheiten durch zukünftige Untersuchungen nicht zuverlässig im erforderlichen Mass reduzieren lassen, werden vorsichtige, die Ungewissheiten berücksichtigende Parameterwerte bzw. alternative Konzeptualisierungen verwendet.

Die für die Einengung massgebende Konzeptualisierung, kombiniert mit den massgebenden Werten für ausgewählte Parameter und Referenzwerten für alle anderen Parameter, wird von der Nagra als massgebender Fall für die Einengung (mFE) bezeichnet, häufig auch abgekürzt als „massgebender Fall“.<sup>9</sup>

### *Beurteilung durch das ENSI*

Nach Ansicht des ENSI erfüllt die Nagra mit dem angewandten Vorgehen grundsätzlich die behördlichen Vorgaben. Deren Umsetzung beurteilt das ENSI als transparent und aus methodischer Sicht nachvollziehbar [ENSI 33/540].

Das ENSI verzichtet in seiner Beurteilung auf den Schritt der Festlegung des prioritären Wirtgesteins und bewertet die jeweiligen wirtgesteinsspezifischen Lagerperimeter in einem Auswahlsschritt. Aus Sicht des ENSI kann die Selektion der Indikatoren für die Ermittlung des prioritären Wirtgesteins einen Einfluss auf die Entscheidungsfindung haben.

Das ENSI beurteilt das methodische Vorgehen zur Abgrenzung der massgebenden Lagerperimeter für die Einengung sowie die dafür verwendeten Indikatoren grundsätzlich als zielführend und nachvollziehbar. Mit der durchgeführten Abgrenzung der Lagerperimeter anhand der Mindestanforderungen und verschärften Anforderungen aus Etappe 1 SGT und unter Berücksichtigung der neuen Daten und Erkenntnisse kommt die Nagra aus Sicht des ENSI den Vorgaben in [ENSI 33/154] nach.

Bezüglich der quantitativen provisorischen Sicherheitsanalysen stellt das ENSI fest, dass die Nagra das standardisierte Parameter variationsverfahren zur Ermittlung der charakteristischen Dosisintervalle gemäss den Vorgaben [ENSI 33/075] durchgeführt hat. Das ENSI beurteilt die zusätzliche Einführung des massgebenden Falls für Einengung (mFE) für die Dosisberechnungen als sicherheitsgerichtet und zielführend.

Nach Ansicht des ENSI hat die Nagra bei der Bewertung der Indikatoren, Kriterien und Kriteriengruppen die Vorgaben des ENSI für Etappe 2 SGT adäquat und stufengerecht berücksichtigt. Das ENSI kommt zum Schluss, dass der Abstand der numerischen Werte von 0.2 angesichts der mehrheitlich bestehenden Ungewissheiten und Variabilitäten zu fein abgestuft ist. Deshalb beschränkt sich die Beurteilung des ENSI jeweils auf ganze Bewertungsstufen (z. B. „sehr günstig“ ( $\triangleq$  4.5) oder „günstig“ ( $\triangleq$  3.5)). Das ENSI erachtet die Aggregation der Bewertungen auf Ebene der Kriterien, der Kriteriengruppen und der Gesamtbewertung mittels gleichgewichteter arithmetischer Mittelung als stufengerecht, da dieses Vorgehen den Vergleich mit den Resultaten aus Etappe 1 SGT erlaubt. Aus Sicht des ENSI wurden seitens Nagra die Vorgaben aus [ENSI 33/075] erfüllt.

Das ENSI erachtet es als zielführend, dass für die Identifikation von eindeutigen Nachteilen dieselben Bewertungen wie für die Indikatoren bei der qualitativen Bewertung der Standortgebiete bzw. Lagerperimeter die Grundlage bilden und die eindeutigen Nachteile argumentativ begründet werden. Die von der Nagra vollzogene Zuordnung der entscheidungsrelevanten Indikatoren zu den entscheidungsrelevanten Merkmalen wird als fachlich nachvollziehbar beurteilt

---

<sup>9</sup> Der massgebende Fall für die Einengung basiert auf der Referenz-Konzeptualisierung und berücksichtigt eine ungünstige Situation, die aufgrund einzelner Evidenzen oder allgemeiner lithologischer Überlegungen für die Dauer des Betrachtungszeitraums nicht auszuschliessen ist und die auch nach zusätzlichen Untersuchungen im Zuge der Lagerrealisierung voraussichtlich nicht ausgeschlossen werden kann.

und die gewählten Ansätze zur Aggregierung als zielführend erachtet. Gleiches gilt für das Vorgehen der Nagra, eindeutige Nachteile argumentativ zu identifizieren. Die Diversität der gewählten methodischen Verfahren („direkter Vergleich der Bewertungen“, „Outranking“ und „Malus-Bilanzierung“, siehe Abschnitt 3.4.1) zum Vergleich der Standortgebiete bezüglich der entscheidungsrelevanten Indikatoren bzw. Merkmale ist sinnvoll. Die Anwendung komplexerer Methoden wäre nach Meinung des ENSI angesichts der Ungewissheiten und des gegenwärtigen Wissensstands bei den relevanten Indikatoren nicht stufengerecht.

Das von der Nagra gewählte Vorgehen zum Umgang mit Variabilitäten und Ungewissheiten wird vom ENSI als zielführend und stufengerecht für Etappe 2 SGT betrachtet. Es erfüllt methodisch die Vorgaben ([BFE SGT], [ENSI 33/075], [ENSI 33/154]). Das ENSI erachtet es als sicherheitsgerichtet, bei der Bestimmung des massgebenden Falls für die Einengung (mFE) die in Etappe 3 SGT mögliche Reduzierbarkeit der Ungewissheiten einfließen zu lassen.

### *Stellungnahme der KNS*

Das ENSI hat das Vorgehen der Nagra bei der Einengung der geologischen Standortgebiete in Etappe 2 SGT vertieft geprüft und ist zum Schluss gekommen, dass dabei die behördlichen Vorgaben erfüllt worden sind. Deren Umsetzung wird vom ENSI als transparent und aus methodischer Sicht nachvollziehbar bewertet. Die KNS kann diese Beurteilung bestätigen.

Die Feststellung des ENSI, dass die Selektion der Indikatoren für die Ermittlung des prioritären Wirtgesteins einen Einfluss auf die Entscheidungsfindung haben kann, ist grundsätzlich richtig. Das Vorgehen des ENSI, seine Prüfung in allen geologischen Standortgebieten für sämtliche Wirtgesteine vorzunehmen, ist daher konsequent. Die vom ENSI vorgenommene qualitative Bewertung der Wirtgesteine unter Berücksichtigung aller Indikatoren führt auf Stufe der Kriteriengruppen und der Gesamtbewertung nicht zu signifikanten Abweichungen von den Ergebnissen der Nagra, bei denen nur die von der Nagra getroffene Auswahl der Indikatoren berücksichtigt wurde. Dieser Umstand ist aus Sicht der KNS ein Indiz für die Robustheit der Bewertung der verschiedenen Wirtgesteine.

Die von der Nagra gewählte relativ feine Abstufung bei der Bewertung der Indikatoren spiegelt eine Genauigkeit der zugrundeliegenden Daten und Modelle vor, die zum jetzigen Stand des Verfahrens noch nicht erreicht ist. Aus diesem Grund unterstützt die KNS den vom ENSI gewählten Ansatz, sich bei der Beurteilung jeweils auf ganze Bewertungsstufen zu beschränken.

Das von der Nagra gewählte Vorgehen zum Umgang mit Variabilitäten und Ungewissheiten wird vom ENSI als zielführend und stufengerecht für Etappe 2 SGT betrachtet. Die KNS teilt diese Einschätzung. Positiv hervorzuheben ist das von der Nagra verwendete Konzept des massgebenden Falls für die Einengung (mFE). Ausgehend von der Referenz-Konzeptualisierung berücksichtigt dieser eine ungünstigere Situation, die für die Dauer des Betrachtungszeitraums nicht gänzlich auszuschliessen ist und auch nach zukünftigen Untersuchungen voraussichtlich nicht ausgeschlossen werden kann.<sup>10</sup>

In ihrer Stellungnahme zur Notwendigkeit ergänzender geologischer Untersuchungen in Etappe 2 SGT [KNS 23/247] hatte die KNS empfohlen, vorgängig zur Standorteinengung in Etappe 2 SGT die Methodik des qualitativen sicherheitstechnischen Vergleichs genauer zu

---

<sup>10</sup> Zum Tragen kommt dieses Konzept insbesondere im Kontext von lithofaziellen Einheiten mit geringem Tonmineralgehalt und entsprechend geringem Selbstabdichtungsvermögen. Diese als „harte Bänke“ bezeichneten Einheiten können potenziell wasserführend sein; dies schlägt sich in den Sicherheitsanalysen in der Annahme einer auf den belastbar barrierenwirksamen Bereich reduzierten Ausdehnung des Wirtgesteins bzw. des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs nieder [NTB 14-03].

spezifizieren und dabei insbesondere Kriterien festzulegen, aufgrund welcher entschieden wird, ob ein Standortgebiet oder Lagerperimeter gegenüber anderen eindeutige Nachteile aufweist. In seinen Vorgaben für Etappe 2 SGT [ENSI 33/154] hat das ENSI diese Empfehlung der KNS aufgegriffen. So wurden die entscheiderelevanten Merkmale vorgegeben, anhand derer eindeutige Nachteile abgeleitet werden sollten. Kriterien hinsichtlich der Feststellung von eindeutigen Nachteilen wurden keine definiert; gemäss [ENSI 33/154] war es Aufgabe der Nagra aufzuzeigen, wie sie eindeutige Nachteile erfasst, beurteilt und für den Einengungsvorschlag berücksichtigt. Die Nagra ist dieser Aufgabe nachgekommen und hat aus Sicht der KNS nachvollziehbar dargelegt, wie bzw. wann sie eindeutige Nachteile feststellt und wie bzw. wo sie diese berücksichtigt (siehe Abschnitt 3.4.1).

In Etappe 3 SGT werden die verbleibenden geologischen Standortgebiete weiter untersucht werden mit dem Ziel, in allen Standortgebieten einen Kenntnisstand zu erreichen, der einen sicherheitstechnischen Vergleich aufgrund standortspezifischer Daten erlaubt. Nach Einschätzung der KNS ist im Hinblick auf die Rahmenbewilligungsgesuche<sup>11</sup> für das HAA- und für das SMA-Lager offen, ob ein Vergleich der Standortgebiete gemäss dem aktuellen, bei der Standorteinengung in Etappe 2 SGT angewendeten Vorgehen zu einem belastbaren, nachvollziehbaren und eindeutigen Ergebnis in Etappe 3 SGT führen wird. Vor diesem Hintergrund und hinsichtlich einer transparenten Standortbestimmung empfiehlt die KNS, dass frühzeitig, d. h. vor Beginn von Etappe 3 SGT, die Methodik des Standortvergleichs präzisiert bzw. konkretisiert wird sowie die erforderlichen Vorgaben festgelegt werden.

### 3.2 Lagerkonzept

Das ENSI fasst von der Nagra verwendete Grundlagen, die es hinsichtlich der Einengung der Standortgebiete als wichtig einschätzt, in Kapitel 2 seines Gutachtens zusammen und beurteilt diese. Wesentliche Teile der vom ENSI beurteilten Grundlagen beruhen auf entsprechenden Daten, Modellen oder Konzepten aus Etappe 1 SGT (z. B. Inventar und Abfallzuteilung oder die Sicherheitskonzepte und Sicherheitsfunktionen für HAA- und SMA-Lager), die in Etappe 2 unter Berücksichtigung neu gewonnener Erkenntnisse aktualisiert bzw. soweit möglich weiterentwickelt worden sind.

Das gewählte Lagerkonzept für ein geologisches Tiefenlager stellt eine zentrale Grundlage für die Standortauswahl dar und beeinflusst diese in verschiedenen Bereichen. So hat das Lagerkonzept unmittelbare Auswirkungen auf die mögliche Tiefenlage eines Lagers, auf den Platzbedarf untertags bzw. die räumlichen Ausdehnung des Lagers sowie auf mögliche Erschliessungsvarianten. Zurückkommend auf entsprechende frühere Empfehlungen der KNS äussert sich die Kommission daher nachfolgend zum Lagerkonzept und zur Prüfung möglicher Varianten durch die Nagra. Wo angezeigt greift die KNS die Bewertung weiterer Grundlagen durch das ENSI bei der eigentlichen Beurteilung der Standorteinengung auf.

#### *Vorgehen und Ergebnisse der Nagra*

Gemäss Angaben der Nagra in [NTB 14-01] entsprechen die dem Einengungsvorschlag zugrunde liegenden Lagerkonzepte für das SMA- und das HAA-Lager den Konzepten, wie sie in der Dokumentation zu der vom Bundesrat genehmigten Etappe 1 SGT definiert wurden [NTB 08-03]. Neben dem jeweiligen Referenzkonzept hat die Nagra auch die sich durch alternative Lager- und Barrierenkonzepte für das SMA- und HAA-Lager ergebenden Möglichkeiten bezüglich maximaler Tiefenlage und Platzbedarf im Hinblick auf die Einengung der

---

<sup>11</sup> Wenn ein geologisches Tiefenlager für alle Abfallkategorien vorgesehen wird (Kombilager), ist nur ein Rahmenbewilligungsgesuch zu erstellen und einzureichen.

Standortgebiete geprüft. Detailliertere Angaben hierzu sind von der Nagra mit den Unterlagen zur Erfüllung der Nachforderung des ENSI [ENSI 33/476] vorgelegt worden [NAB 16-42].

Die Prüfung möglicher alternativer Lager- und Barrierenkonzepte durch die Nagra basiert auf der Auswertung weltweit betrachteter Ansätze für die geologische Tiefenlagerung. In einem ersten Schritt wurden davon ausgehend alle grundsätzlich in der Schweiz möglichen Konzepte festgelegt. Bei deren Evaluation wurden die gesetzlichen und behördlichen Vorgaben in der Schweiz sowie die gegebenen Randbedingungen (z. B. Abfallinventar, geotechnische Eigenschaften der betrachteten möglichen Wirtgesteine) berücksichtigt. In einem zweiten Schritt erfolgt die Beurteilung der Lagerarchitektur (Zugang nach Untertag, Erschliessung der Lagerkammern auf Lagerebene, räumliche Anordnung sowie Geometrie der Lagerkammern) und der Ausgestaltung der Lagerkammern (einschliesslich der technischen Barrieren). Dazu werden die Lagerkammern mit den technischen Barrieren in Subsysteme gegliedert, welche getrennt beurteilt werden. Durch die Nagra wurden dabei unter anderem folgende Varianten in ihre Beurteilung einbezogen:

- Lagerkammern HAA: Betriebstunnel<sup>12</sup> mit langen horizontalen Lagerstollen<sup>13</sup> (Länge: einige 100 m), mit kurzen vertikalen Bohrlöchern<sup>14</sup> (Länge: weniger als 10 m), mit längeren horizontalen Bohrlöchern (Länge: einige 10 m bis 100 m) oder mit kurzen horizontalen Bohrlöchern (Länge: ca. 10 m)
- Verfüllmaterial HAA-Lagerkammern: Hochkompaktierter Bentonit, zementbasiertes Verfüllmaterial oder aufbereiteter Opalinuston
- Material HAA-Behälter: Geschmiedeter Stahl, Innenbehälter aus geschmiedetem Stahl bzw. Gusseisen mit Beschichtung (Cu, Ni, Ti oder Keramik) oder Keramik
- Lagerkammern SMA bzw. LMA: Kavernenquerschnitte (Lichtraumfläche) zwischen 58 m<sup>2</sup> (Profil K04 bzw. K04a) und 110 m<sup>2</sup> (Profil K09)
- Verfüllmaterial Lagerkammern SMA bzw. LMA: Zementbasiertes Verfüllmaterial oder Bentonit
- Abfallbehandlung SMA bzw. LMA: Entsprechend Basisszenarium MIRAM 2014 oder vermehrte Behandlung von Organika (z. B. Pyrolyse) und Nutzung der Möglichkeit, vermehrt metallische Abfälle einzuschmelzen.

Im Ergebnis steht für die Nagra auch nach der Auswertung möglicher Varianten das im Zuge von Etappe 1 SGT gewählte jeweilige Referenzkonzepte für das HAA-Lager<sup>15</sup> bzw. das SMA-Lager im Vordergrund, das wie folgt charakterisiert ist:

- Zugang von über Tage bis auf die Lagerebene (etwa mittig im Wirtgestein) im tieferen geologischen Untergrund

Unter Berücksichtigung der Sicherheit bei Bau, Betrieb und in der Nachbetriebsphase kommt die Nagra zum Schluss, dass die Erschliessung der Lagerebene sowohl mit

---

<sup>12</sup> Betriebstunnel HAA: Durchmesser ca. 5 m

<sup>13</sup> Lagerstollen HAA: Durchmesser ca. 3 m

<sup>14</sup> Bohrlöcher HAA: Durchmesser ca. 1 m

<sup>15</sup> In Zusammenhang mit dem Lagerkonzept werden hierbei nur die abgebrannten Brennelemente und die verglasten hochaktiven Abfälle aus der Wiederaufarbeitung betrachtet. Für den LMA-Lagerteil des HAA-Lagers, in welchem die alphanotoxischen Abfälle (ATA) und die dosisdominierenden SMA-Abfälle eingelagert werden sollen, haben dagegen sinngemäss die Aussagen für das SMA-Lager Gültigkeit.

einem Tunnel als auch mit einem Schacht als Hauptzugang erfolgen kann. Eine frühzeitige weitere Einschränkung der möglichen Erschliessungsvarianten drängt sich somit für die Nagra in Etappe 2 SGT nicht auf.

- Schichtparallele (HAA) bzw. horizontale (SMA) Lagerkammern mit beschränkter vertikaler Ausdehnung
- Langlebige Endlagerbehälter (HAA) von beschränkter Grösse und mit beschränkter Wärmeleistung bzw. Betoncontainer (SMA) entsprechend den Anforderungen der Abfallgebinde, des Querschnitts der Lagerkammern und des Betriebs

Im Rahmen der Standorteinengung wurden von der Nagra als mögliche Behältermaterialien für HAA (abgebrannte Brennelemente und verglaste hochaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung) einerseits geschmiedeter Stahl und andererseits Innenbehälter aus geschmiedetem Stahl bzw. Gusseisen mit einer Cu-Beschichtung berücksichtigt. Keramik als Behältermaterial wurde von der Nagra dagegen nicht in Betracht gezogen, da es seitens Nagra Vorbehalte bezüglich der Festigkeit (langfristige Belastung, Belastung bei einer allfälligen Rückholung) und der Herstellungs- und Verschlusstechnologie gibt.

- Verwendung von Bentonit mit einer geeigneten Einbaudichte als Verfüllmaterial (HAA) bzw. Verwendung von zementbasierten Verfüllmaterialien (SMA)

Für die Verfüllung der HAA-Lagerkammern wird von der Nagra als Variante zur Bentonit-Verfüllung auch der Einsatz zementbasierter Verfüllmaterialien in Erwägung gezogen. Nach Einschätzung der Nagra ist diese Variante aber bedeutend weniger ausgereift als die Variante mit Bentonit als Verfüllmaterial.

Übergeordnet hält die Nagra fest, dass im Rahmen der Standorteinengung in Etappe 2 keine Standortvorschläge gemacht werden sollten, welche die sichere Realisierung des gewählten Referenzkonzepts für die Lagerauslegung verunmöglichen würden.

#### *Beurteilung durch das ENSI*

Für das ENSI sind die Ausführungen der Nagra zur Lagerkonzeption nachvollziehbar und mehrheitlich plausibel [ENSI 33/540]. Es stimmt mit der Nagra überein, dass für die Geometrie der in der Nordschweiz vorhandenen tonreichen Gesteine eine horizontale (SMA) bzw. schichtparallele (HAA) Lagerung der Abfälle mit möglichst beschränkter vertikaler Ausdehnung sicherheitsgerichtet ist.

Seitens ENSI wird festgestellt, dass von der Nagra in ihren Unterlagen zur Nachforderung keine alternativen Konzepte zu allen bezüglich Langzeitsicherheit sinnvollen, aber gegebenenfalls die maximale Tiefenlage einschränkenden Aspekten vorgelegt worden sind. Die gilt nach Einschätzung des ENSI insbesondere für das Element der Zwischensiegel in den HAA-Lagerstollen. Aus Sicht des ENSI sind mehrere Punkte der von der Nagra vorgeschlagenen Ausführung der Versiegelungstrecken (einschliesslich der Zwischensiegel) aus bautechnischer Sicht kritisch zu beurteilen. So kann der beschränkte Ausbauwiderstand der Zwischensiegel zu grösseren Konvergenzen und Gebirgsschädigungen führen. Es ist mit einer vermehrten Auflockerung des Gebirges zwischen den zur Stützung vorgesehenen Stahlbögen zu rechnen, was den angestrebten satten Kontakt zwischen Versiegelungsmaterial und Gebirge entscheidend reduzieren und gegebenenfalls umfangreiche Nacharbeiten vor der Verfüllung erforderlich machen würde. Aus diesem Grund erwartet das ENSI, dass die Nagra in der Weiterentwicklung der Lagerkonzepte zeigt, wie ein satter Kontakt zwischen Versiegelung und Gebirge erreicht werden kann und inwiefern dazu zusätzliche Schritte (z. B. das Entfernen von losem Material) notwendig sind [ENSI 33/540].

Bezüglich möglicher Materialien für die HAA-Lagerbehälter stimmt das ENSI mit der Nagra überein, dass der definitive Entscheid in dieser Frage erst bei kommenden Schritten der La-

gerrealisierung zu fällen ist. Ob eine Beschichtung bzw. Ummantelung der Behälter erforderlich ist, muss nach Einschätzung des ENSI im Zusammenhang mit den zu erwartenden Gasbildungs- bzw. -migrationsraten unter Berücksichtigung der gewählten Stollenverfüllung geklärt werden.

Aus Sicht des ENSI ist aufgrund der bestehenden Ungewissheiten in den Daten und ablaufenden Prozessen eine konkrete Anforderung an das Ausbaukonzept der HAA-Lagerstollen mit einer maximal zulässigen Spritzbetondicke von 30 cm nicht robust ableitbar. Aus Sicht des ENSI sollten zunächst die erforderlichen lagerspezifischen und tiefenabhängigen Ausbaukonzepte und Ausbaumittel erarbeitet werden, und anschliessend für Etappe 3 SGT deren Einfluss auf die Langzeitsicherheit bewertet werden.

Bezüglich einer allfälligen Zementverfüllung der HAA-Lagerstollen stimmt das ENSI mit der Nagra überein, dass diese Variante in ihren Auswirkungen für Bau, Betrieb und Langzeitsicherheit generell weniger umfangreich untersucht ist als die Variante mit Bentonitverfüllung. Daher sind aus Sicht des ENSI für Etappe 3 SGT diese Auswirkungen gleichwertig zu einer Bentonitverfüllung zu untersuchen.

Das ENSI erwartet, dass im Hinblick auf den standortspezifischen Platzbedarfs für Etappe 3 SGT der Einfluss der Kavernengrösse und Kavernenabstände in Abhängigkeit der zu erwartenden felsmechanischen Eigenschaften auf Lagerebene und der Lagertiefe geprüft wird. Von speziellem Interesse ist nach Einschätzung des ENSI der neu vorgestellte Kavernentyp K04a, mit dem zwar gegenüber den K09-Kavernen ein maximaler Platzbedarf auf der Lagerebene verbunden ist, der jedoch aufgrund des kreisrunden Querschnitts günstige Ausbruchseigenschaften aufweist und ohne Konsolen in den Ulmen<sup>16</sup> und entsprechende Krananlagen auskommt.

Abschliessend empfiehlt das ENSI, dass die Nagra im Hinblick auf die weitere Entwicklung der Lagerkonzepte den Fokus verstärkt auch auf folgende Aspekte richten soll:

- Es sind unabhängige Fluchtwege zur Oberfläche einzurichten, insbesondere in Fällen, in denen durch Eintreten bautechnischer Gefährdungen an neuralgischen Stellen im Bereich der Zugangsbauwerke vorhandene Fluchtwege unbrauchbar werden.
- Bereiche mit sich ändernden Querschnitten sind detailliert zu betrachten, z. B. bei den mit Spannweiten von bis zu 12 m geplanten Abzweigern von Betriebstunneln zu den HAA-Stollen. Diese Bereiche sind bautechnisch anspruchsvoll in der Herstellung und kritisch bzgl. Stabilität.
- Falls die geplanten Blindstollen mittels Tunnelbohrmaschine (TBM) erstellt werden sollen, sind Konzepte für den Abbau der TBM und für die Ausbruchsicherung am Stollende zu entwickeln, welche eine minimale Schädigung des Gebirges gewährleisten.

### *Stellungnahme der KNS*

Die KNS kann sich bei der Beurteilung der von der Nagra durchgeführten Arbeiten zur Prüfung alternativer Lager- und Barrierenkonzepte der Position des ENSI grundsätzlich anschliessen. Unter der Prämisse einer Bevorzugung tonreicher Gesteine in der Nordschweiz und unter Berücksichtigung deren räumlicher Ausprägung ist die Fokussierung der Nagra auf eine horizontale bzw. schichtparallele Einlagerung mit möglichst geringer vertikaler Ausdehnung plausibel.

---

<sup>16</sup> Seitenwände des Tunnels



Die KNS hatte empfohlen, die Lagerkonzepte noch in Etappe 2 SGT einer grundsätzlichen Überprüfung zu unterziehen [KNS 23/247]. Mit der im Zuge der Nachforderung des ENSI von der Nagra dokumentierten Prüfung der Lager- und Barrierenkonzepte [NAB 16-42] ist diese Empfehlung der KNS grundsätzlich erfüllt worden. Zu den Ergebnissen der Nagra und deren Bewertung durch das ENSI ist Folgendes anzumerken:

- Der geologischen Barriere des Wirtgesteins ist aus Sicht der KNS bei der Wahl der Lagerkonzeption besondere Sorge zu tragen, d. h. die Untertagebauten sollten derart beschaffen sein und ausgeführt werden, dass die damit verbundene Beeinträchtigung des Wirtgesteins möglichst gering ist. Entsprechend unterstützt die KNS die Forderung des ENSI, dass von der Nagra bei der Weiterentwicklung der Lagerkonzepte aufzuzeigen ist, wie die möglichen felsmechanischen und geotechnischen Auswirkungen der geplanten Zwischensiegel auf das umgebende Wirtgestein minimiert werden können. Positiv ist aus Sicht der KNS der neue mögliche Kavernentyp K04a für SMA- bzw. LMA-Lagerkammern zu bewerten, der aufgrund seines kreisrunden Querschnitts geringerer Grösse bei Annahme von schonendem Ausbruch und raschem Einbau der Ausbruchsicherung vergleichsweise geringe Gebirgsdeformationen nach sich ziehen sollte.
- In welcher Form die abgebrannten Brennelemente nach der verlängerten Zwischenlager in entsprechende Endlagerbehälter transferiert werden (können), und welche Anforderungen sich daraus an die Endlagerbehälter ergeben, kann in der aktuellen Projektphase noch nicht verlässlich abgeschätzt werden. Aus diesem Grund könnten auch kleiner dimensionierte Behälter als die aktuell von der Nagra vorgesehenen eine plausible Variante darstellen, was Auswirkungen auf den Platzbedarf haben kann.
- Auch wenn die Festlegung der zu verwendenden Materialien für die HAA-Lagerbehälter erst in einer späteren Projektphase, wenn die Konkretisierung der Lagerauslegung weiter fortgeschritten ist, erfolgen wird, sollten aus Sicht der KNS die materialtechnischen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Hinblick auf sicherheitstechnisch vorteilhafte HAA-Lagerbehälter zielgerichtet fortgeführt werden. Entsprechende von der Nagra in ihrem aktuellen Forschungs- und Entwicklungsprogramm [NTB 16-02] vorgesehene Arbeiten sind grundsätzlich zu begrüßen; es sollten aber technologische Fortschritte auch bei von der Nagra nicht favorisierten Materialvarianten wie beispielsweise bei keramischen Werkstoffen weiter verfolgt werden.
- Die KNS unterstützt die Empfehlung des ENSI, in Etappe 3 SGT die Auswirkungen einer zementbasierten Verfüllung der HAA-Lagerstollen für Bau, Betrieb und Langzeitsicherheit vertieft zu untersuchen. Im Hinblick auf eine Minimierung der Gasbildung könnte eine zementbasierte Verfüllung der Lagerstollen für abgebrannte Brennelemente (BE) wegen der zu erwartenden kleinen Korrosionsrate für Stahl und der fehlenden bzw. sehr geringen mikrobiellen Aktivität allenfalls eine interessante Alternative zur Bentonitverfüllung darstellen. Um dies abschliessend beurteilen zu können, sind aber noch weitere Untersuchungen notwendig.
- Die KNS nimmt befriedigt zur Kenntnis, dass die Nagra nach Prüfung zum Schluss kommt, dass eine Erschliessung<sup>17</sup> eines Tiefenlagers sowohl über einen Schacht als auch über eine Rampe oder Kombinationen von beiden sicher erfolgen kann (Bau- und Betriebsphase) und keine negative Auswirkungen auf die Langzeitsicherheit damit verbunden sind. Diese Einschätzung wird vom ENSI geteilt. Die KNS bewertet damit ihre Empfehlung zur Abklärung von Erschliessungsvarianten mit Verikalschächten [KNS 23/247] als stufengerecht umgesetzt.

---

<sup>17</sup> Im Zusammenhang mit dem Bau und Betrieb eines Tiefenlagers werden Schachtbauwerke (z. B. zu Lüftungszwecken) erstellt werden, auch wenn der Hauptzugang über eine Rampe erfolgen sollte [NAB 16-42].

- Die Empfehlungen des ENSI zur verstärkten Berücksichtigung der Aspekte „Unabhängige Fluchtwege zur Oberfläche“, „Bautechnik in Bereichen mit sich ändernden Querschnitten“ und „Einsatz von Tunnelbohrmaschinen in Blindstollen“ können von der KNS unterstützt werden. So erachtet die KNS insbesondere die mit dem Einsatz einer Tunnelbohrmaschine verbundene Logistik, die sich aus dem Auffahren der HAA-Lagerstollen mit einer Länge von mehreren 100 m bis zu 1'000 m ergibt, vor dem Hintergrund eines möglichst gebirgsschonenden Ausbruchs als herausfordernd.

### 3.3 Abgrenzung optimierter Lagerperimeter und deren Bewertung

Die Entsorgungspflichtigen haben gemäss Konzeptteil SGT [BFE SGT] in einem ersten Schritt in Zusammenarbeit mit den betroffenen Kantonen und Regionen Vorschläge für die Anordnung und Ausgestaltung der Oberflächenanlagen zu erarbeiten und untertägige Lagergebiete in den geologischen Standortgebieten vorzuschlagen. Im Folgenden werden die von der Nagra vorgeschlagenen untertägigen Lagergebiete betrachtet, konkreter der vorgenommene Optimierungsschritt zur Abgrenzung optimierter Lagerperimeter und deren Bewertung.

#### *Vorgehen und Ergebnisse der Nagra*

##### Abgrenzung der optimierten Lagerperimeter:

Bei der Abgrenzung der optimierten Lagerperimeter werden von der Nagra zunächst für jedes geologische Standortgebiet Lagerperimeter mit den Mindest- und verschärften Anforderungen (MA/VA) gemäss Etappe 1 SGT abgegrenzt. Dabei werden die Indikatoren berücksichtigt, die für die Sicherheit und technische Machbarkeit des geologischen Tiefenlagers besonders wichtig sind und einen ausgeprägten flächenwirksamen Bezug aufweisen.<sup>18</sup> Im nachfolgenden Optimierungsschritt wird versucht, durch gezielt gewählte erhöhte Anforderungen (Optimierungsanforderungen, OA) für jedes geologische Standortgebiet optimierte Lagerperimeter zu bestimmen. Neben den massgebenden Lagerperimetern für die Einengung werden dabei auch alternative Lagerperimeter abgegrenzt. Mit diesen alternativen Lagerperimetern wird untersucht, welchen Einfluss alternative Annahmen bezüglich konzeptioneller geologischer Ungewissheiten und alternative Optimierungsanforderungen auf die Grösse und die Eigenschaften der Lagerperimeter haben und wie gross die Auswirkungen der Ungewissheiten in der Tiefenlage des Wirtgesteins auf die abgegrenzten Lagerperimeter sind.

##### Dosisberechnungen für die optimierten Lagerperimeter:

Die Prüfung der sicherheitstechnischen Eignung und Gleichwertigkeit der geologischen Standortgebiete erfolgt anhand von Dosisberechnungen für die optimierten Lagerperimeter. Dabei werden die realistischerweise zu erwartende Entwicklung des Tiefenlagers (Referenzszenarium mit zugehörigem Referenzfall) sowie Parametervariationen zur Quantifizierung der Auswirkungen der bestehenden Ungewissheiten berücksichtigt. Die gemäss Vorgaben des ENSI mindestens durchzuführenden Rechenfälle des standardisierten Parametervariationsverfahrens sind in [ENSI 33/075] aufgeführt. Im Ergebnis hat die Nagra anhand der resultierenden charakteristischen Dosisintervalle gezeigt, dass alle SMA-Standortgebiete und alle HAA-Standortgebiete sicherheitstechnisch geeignet und gleichwertig sind.

---

<sup>18</sup> Indikator 1 „Tiefenlage im Hinblick auf bautechnische Machbarkeit (u. B. Gesteinsfestigkeiten und Verformungseigenschaften)“ (MA, VA und OA)

Indikator 2 „Tiefenlage unter Terrain im Hinblick auf Gesteinsdekompression (MA, VA und OA)

Indikator 3 „Tiefenlage unter lokaler Erosionsbasis im Hinblick auf die Bildung neuer Rinnen“ (nur OA)

Indikator 4 „Tiefenlage unter Fels im Hinblick auf glaziale Tiefenerosion“ (MA, VA und OA)

Indikator 5 „Mächtigkeit“ (MA und VA)

Indikator 6 „Regionale tektonische Elemente: Abstand zu regionalen Störungszonen“ (MA und OA)

Indikator 8 „Platzangebot untertags“ (VA und OA)

Qualitative Bewertung der optimierten Lagerbereiche:

Bei der anschliessend durchgeführten qualitativen Bewertung der 13 Kriterien zur Sicherheit und technischen Machbarkeit wurden die Lagerperimeter in den geologischen Standortgebieten für das SMA-Lager bzw. für das HAA-Lager auf Stufe der Indikatoren, Kriterien und Kriteriengruppen qualitativ bewertet (massgebender Fall für die Einengung). Alle SMA- und HAA-Lagerperimeter erreichen unter Berücksichtigung aller vier Kriteriengruppen mindestens die Bewertung „geeignet“ und genügen damit bezüglich Gesamtbewertung der Kriterien des SGT den Anforderungen für die weitere Betrachtung in Etappe 3 SGT.

*Beurteilung durch das ENSI*Abgrenzung der optimierten Lagerperimeter:

Das ENSI erachtet das Vorgehen der Nagra zur Optimierung der räumlichen Konfiguration der Lagerperimeter als sicherheitsgerichtet. Die Auswahl der zur Abgrenzung verwendeten Indikatoren ist zielführend [ENSI 33/540].

Das ENSI ist mit den von der Nagra festgelegten optimierten Lagerperimetern im Wesentlichen einverstanden. Abweichende Beurteilungen durch das ENSI ergeben sich wie folgt:

- Der von der Nagra als massgebend bezeichnete Lagerperimeter HAA-ZNO-mLE-r erfüllt die verschärften Anforderungen des Indikators 4 „Tiefenlage unter Fels im Hinblick auf glaziale Tiefenerosion“ aus Sicht des ENSI nicht. Das ENSI betrachtet daher im Unterschied zur Nagra den auf Nachfrage des ENSI von der Nagra nachträglich abgegrenzten alternativen Lagerperimeter HAA-ZNO-aL506-r [NAB 17-01] respektive dessen südliche Teilfläche als massgebenden Lagerperimeter.
- Das ENSI beurteilt die Optimierung der Lagerperimeter im Standortgebiet Nördlich Lägern aufgrund der vorliegenden Datenlage als teilweise nicht belastbar. Bezüglich der Optimierung der Indikatoren 1 und 6 identifiziert das ENSI im Südosten (Indikator 1) sowie im Norden des Standortgebiets (Indikator 6) zusätzliche, potenziell nutzbare Flächen. Der von der Nagra verwendete massgebende Lagerperimeter des Wirtgesteins 'Brauner Dogger' SMA-NL-BD-mLE-r wurde nach Ansicht des ENSI nicht plausibel abgegrenzt. Er wird vom ENSI trotzdem für die qualitative Bewertung verwendet, da aufgrund der Beurteilung der Unterlagen zur Nachforderung bei der maximale Tiefenlage für ein SMA-Lager nach wie vor von der Mindestanforderung von 800 m unter Terrain (u. T.) gemäss Etappe 1 SGT ausgegangen werden muss und der Lagerperimeter somit über ein genügend grosses Platzangebot verfügt.
- Das ENSI verwendet abweichend von der Nagra nicht den Lagerperimeter SMA-WLB-mLE-r sondern den Fall SMA-WLB-mLE-re200 als Basis für die qualitative Bewertung des Standortgebiets [ENSI 33/539]. Im Standortgebiet Wellenberg kann bei Einhaltung der Mindestanforderung bezüglich Tiefenlage unter Terrain im Hinblick auf Gesteins-Dekompaktion (Indikator 2) das Ziel eines genügenden Platzangebotes nur erreicht werden, wenn gleichzeitig die maximale Tiefenlage im Hinblick auf bautechnische Machbarkeit (Indikator 1) überschritten würde. Das ENSI erachtet es als zweckmässig, im Standortgebiet Wellenberg Lagerperimeter unterhalb der Mindestanforderung von 800 m u. T. abzugrenzen, da die Erstellung der Lagerkammer in den Mergel-Formationen des Helvetikums auch in grösseren Tiefen grundsätzlich bautechnisch machbar ist.

Dosisberechnungen für die optimierten Lagerperimeter:

Das ENSI kommt zum Schluss, dass die Nagra das standardisierte Parametervariationsverfahren zur Ermittlung der charakteristischen Dosisintervalle gemäss den behördlichen Vorgaben durchgeführt hat. Das ENSI hat im Rahmen der Überprüfung der Parameter und der Beurteilung der quantitativen provisorischen Sicherheitsanalyse die Ergebnisse der Nagra durch eigene Berechnungen überprüft. Generell kann das ENSI die Resultate der Nagra nachvollziehen. Die von der Nagra verwendeten Bandbreiten der Parameterwerte beurteilt

das ENSI vereinzelt als nicht abdeckend und verwendet in diesen Fällen in den eigenen Berechnungen entsprechend ungünstigere Werte. Dadurch liegen die oberen Grenzen der vom ENSI berechneten charakteristischen Dosisintervalle meist höher als diejenigen der Nagra. Die vom ENSI berechneten charakteristischen Dosisintervalle aller Standortgebiete liegen unterhalb des Dosischutzkriteriums von 0.1 mSv/a [ENSI G03]. Ausser für das Standortgebiet Wellenberg liegen die vom ENSI berechneten charakteristischen Dosisintervalle aller Standortgebiete auch unterhalb des aus der Strahlenschutzverordnung abgeleiteten Optimierungsschwellenwerts<sup>19</sup> von 0.01 mSv/a. Das Dosisintervall des Standortgebiets Wellenberg überlappt jedoch mit den Dosisintervallen aller Nordschweizer SMA-Standortgebiete. Im Rahmen von Etappe 2 SGT gelten damit alle Standortgebiete mit allen Wirtgesteinen als sicherheitstechnisch geeignet. Alle Standortgebiete, mit Ausnahme des Wellenbergs, werden gemäss den Vorgaben für die quantitative provisorische Sicherheitsanalyse [ENSI 33/075] als sicherheitstechnisch gleichwertig betrachtet.

#### Qualitative Bewertung der optimierten Lagerbereiche:

Bei der qualitativen Bewertung der optimierten Lagerperimeter in den geologischen Standortgebieten anhand der 13 Kriterien zur Sicherheit und technischen Machbarkeit stellt das ENSI seine Kriterien- und Indikatorenbewertungen jenen der Nagra gegenüber. Auch nach Einschätzung des ENSI erreichen alle Lagerperimeter in der qualitativen Bewertung die Bewertungsstufe „geeignet“ und erfüllen damit die behördlichen Vorgaben. Die Gesamtbewertungen des ENSI stimmen mit wenigen Ausnahmen mit derjenigen der Nagra überein. Für die Lagerperimeter in den Standortgebieten Zürich Nordost und Jura Ost kommt das ENSI sowohl für die HAA- als auch SMA-Lagerperimeter zu einer tieferen Bewertung („geeignet“ anstelle von „sehr geeignet“).

#### *Stellungnahme der KNS*

#### Abgrenzung der optimierten Lagerperimeter:

Die KNS ist der Ansicht, dass das ENSI das Vorgehen der Nagra zur Optimierung der räumlichen Konfiguration der Lagerperimeter sorgfältig geprüft hat. Sie teilt die Einschätzung des ENSI, dass die von der Nagra gewählte Vorgehensweise sicherheitsgerichtet und die Auswahl der zur Abgrenzung verwendeten Indikatoren zielführend ist. Die Nagra hat nach Einschätzung der KNS ihren Ansatz transparent und nachvollziehbar dokumentiert.

Die Anpassungen, die vom ENSI gegenüber den von der Nagra abgegrenzten optimierten Lagerperimetern vorgenommen worden sind, können von der KNS nachvollzogen werden.

Bezüglich der Beurteilung der von der Nagra ausgewiesenen optimierten Lagerperimeter durch das ENSI ist Folgendes anzumerken:

- Indikator 6 „Regionale tektonische Elemente: a) Abstand zu regionalen Störungszonen, b) zu meidende tektonische Zonen“

Die KNS teilt die Einschätzung des ENSI, dass die von der Nagra ausgewiesene zu meidende tektonische Zonen im Norden des Standortgebiets Nördlich Lägern gemäss heutiger Datenlage eine mögliche, jedoch keine zwingende Abgrenzung darstellt. Auch wenn aufgrund der jetzt vorliegenden Daten die zu meidende tektonische Zone nicht exakt abgegrenzt und der Grad der tektonischen Zergliederung nicht belastbar belegt werden können, gibt es nach Einschätzung der KNS Hinweise, die für eine stärkere Tektonisierung im nördlichen Bereich des Standortgebiets Nördlich Lägern sprechen. Die KNS teilt die Einschätzung des ENSI, dass mit vertieften Untersuchungen in Nördlich Lägern im

---

<sup>19</sup> Art. 6 Abs. 3 der Strahlenschutzverordnung (StSV, SR 814.501, Stand am 1. Januar 2014)  
„Der Grundsatz der Optimierung gilt als erfüllt bei Tätigkeiten, welche in keinem Fall zu einer effektiven Dosis [...] von mehr als 10 µSv pro Jahr für nichtberuflich strahlenexponierte Personen führen.“

Rahmen von Etappe 3 SGT (3D-Seismik, Tiefbohrungen) die Annahmen der Nagra bezüglich der Ausdehnung und der Tektonisierung der zu meidenden tektonischen Zonen überprüft und allenfalls bestätigt bzw. präzisiert werden können.

– Indikator 8 „Platzangebot untertags“

Die Einschätzung des ENSI, dass ein genügendes Platzangebot untertags entscheidend für den Einengungsprozess ist, wird von der KNS geteilt; entsprechend ist das Optimierungsziel der Nagra, ein genügendes Platzangebot zur Anordnung der untertägigen Lagerbauten für das umhüllende Abfallinventar bereit zu stellen, aus Sicht der KNS sachgerecht.

Die KNS anerkennt das Bestreben der Nagra, standortspezifische Gegebenheiten bei der Festlegung des Platzbedarfs zu berücksichtigen und letztlich zu standortspezifischen Angaben des Platzbedarfs zu kommen. Wie das ENSI hat aber auch die KNS Vorbehalte bezüglich des von der Nagra gewählten Ansatzes zur Festlegung des standortspezifischen Platzbedarfs. Die Annahmen, welche die Nagra bei der Abschätzung des Platzbedarfs pro Lagerperimeter bzw. Standortgebiet getroffen hat [NAB 14-99], sind teilweise nicht nachvollziehbar. Dies gilt insbesondere für die Herleitung der Werte des von der Nagra verwendeten Parameters „Anzahl anordnungsbestimmende geologische Elemente“. Aus Sicht der KNS ist die zur Verfügung stehende Datengrundlage in den Standortgebieten<sup>20</sup> noch nicht ausreichend, um bezüglich des Auftretens von anordnungsbestimmenden Elementen in den Lagerperimetern belastbare Aussagen treffen zu können.

In diesem Zusammenhang stellt die KNS fest, dass hinsichtlich Datengrundlage und Sach- und Kenntnisstand Diskrepanzen bestehen können zwischen den Anforderungen für den Nachweis der grundsätzlichen technischen Machbarkeit in Etappe 2 SGT und den Anforderungen für die Ableitung standortspezifischer Merkmale und eindeutiger Nachteile. Bei der Bewertung der Standorteinengung ist dies zu berücksichtigen.

Dosisberechnungen für die optimierten Lagerperimeter:

Die KNS kann die Feststellung des ENSI bestätigen, dass die Nagra das standardisierte Parametervariationsverfahren zur Ermittlung der charakteristischen Dosisintervalle gemäss den behördlichen Vorgaben durchgeführt hat. Aus den Ergebnissen der Dosisberechnungen, die vom ENSI anhand eigener Berechnungen überprüft wurden, folgt, dass alle Standortgebiete mit allen Wirtgesteinen als sicherheitstechnisch geeignet und alle Standortgebiete, mit Ausnahme des Wellenbergs, als sicherheitstechnisch gleichwertig zu betrachten sind.<sup>21</sup>

Qualitative Bewertung der optimierten Lagerbereiche:

Bei seiner eigenen qualitativen Bewertung der optimierten Lagerperimeter in den geologischen Standortgebieten kommt das ENSI zum gleichen Schluss wie die Nagra: Alle Lagerperimeter erreichen mindestens die Bewertungsstufe „geeignet“. Die KNS kann die Bewertung des ENSI grundsätzlich nachvollziehen. Einzelne Indikatoren bewertet die KNS zwar abweichend vom ENSI, sie kommt aber dennoch zum gleichen Gesamtergebnis auf Stufe der 13 Kriterien zur Sicherheit und technischen Machbarkeit.

Hinsichtlich des Kriteriums „Nutzungskonflikte“ und bezugnehmend auf eine frühere Empfehlung der KNS zur Berücksichtigung von Nutzungskonflikten im Standortauswahlprozess [KNS 23/219] stellt die Kommission fest, dass das ENSI und seine Experten die Angaben der Nagra zu möglichen zukünftigen Nutzungskonflikten [NTB 14-02-vii] analysiert und bewertet

---

<sup>20</sup> Ausgenommen ist das Standortgebiet Zürich Nordost (ZNO), in dem im Zusammenhang mit dem Entsorgungsnachweis HAA bereits 3D-reflexionsseismische Messungen durchgeführt wurden.

<sup>21</sup> Dies bestätigt die frühere Einschätzung der KNS, dass die quantitativen provisorischen Sicherheitsanalysen nicht zum Zurückstellen von geologischen Standortgebieten oder Lagerperimetern führen werden [KNS 23/247].

haben [ENSI 33/454]. Die KNS ist der Ansicht, dass im Zusammenhang mit dem Nordschweizer Permokarbondrog der Frage zukünftiger Nutzungskonflikte in den von der Nagra für Etappe 3 vorgeschlagenen Standortgebieten in der Nordschweiz von Relevanz ist. Aus Sicht der KNS ist es folglich sicherheitsgerichtet, dass mögliche Auswirkungen einer potentiellen Rohstoffförderung sowie geothermaler Nutzungen, insbesondere auch des „hydraulic fracturing“, in Etappe 3 SGT genauer zu untersuchen sind, wie dies die Experten des ENSI empfehlen. Auch wenn heute eine Exploration und Nutzung von Rohstoffen im Bereich der möglichen geologischen Standortgebiete oftmals nicht wirtschaftlich bzw. nicht sinnvoll wäre, kann aus Sicht der KNS nicht belastbar abgeschätzt werden, wie sich die Bedeutung einzelner Rohstoffe und deren materielle Bewertung in Zukunft entwickeln werden. Aus Sicht der KNS ist daher der Vorrang des Schutzes eines geologischen Tiefenlagers vor Interessen der Rohstofferkundung und -nutzung langfristig sicherzustellen. In diesem Zusammenhang weist die KNS darauf hin, dass aus ihrer Sicht eine bessere Kenntnis der räumlichen Ausdehnung und des Aufbaus der Füllung des Nordschweizer Permokarbondrogs im weiteren Verlauf des Verfahrens angestrebt werden sollte.<sup>22</sup>

Hinsichtlich der in der Umgebung der möglichen geologischen Standortgebiete in der Nordschweiz bestehenden Mineral- und Thermalwasservorkommen hält die KNS fest, dass die von der Nagra entwickelten hydrogeologischen Lokalmodelle die Herkunft und die Fliesswege der Mineral- und Thermalwässer noch nicht in einem hinreichenden Detaillierungsgrad abbilden bzw. erklären können. Zur Bewertung zukünftiger Auswirkungen der untertägigen Lagerteile und deren Erschliessung auf bestehende Mineral- und Thermalwasservorkommen sowie möglicher Einflüsse geänderter bzw. neuer Nutzungen von Mineral- und Thermalwasservorkommen auf ein geologisches Tiefenlager sollte aus Sicht der KNS im weiteren Verlauf des Verfahrens eine detailliertere modelltechnische Lösung angestrebt werden, welche bereits vorliegende und neu gewonnene Daten integriert und entsprechende belastbare Aussagen ermöglicht.

### **3.4 Sicherheitstechnischer Vergleich der geologischen Standortgebiete und vergleichende Gesamtbewertung**

Der sicherheitstechnische Vergleich der Standorte erfolgt gemäss Vorgaben im Konzeptteil SGT [BFE SGT] durch eine standardisierte Methode, die auch einen Vergleich der numerischen Berechnungen beinhaltet. Dabei werden die erwartete Entwicklung des Gesamtsystems (Tiefenlager, Nahfeld, Geosphäre) sowie seine Robustheit und die Ungewissheiten und Variabilitäten in den quantitativen Parametern berücksichtigt. Standorte, die sich bei diesem Vergleich als eindeutig weniger geeignet als andere erweisen oder das Dosischutzkriterium nicht erfüllen, scheiden aus. Die verbleibenden Standorte werden anschliessend anhand der qualitativen Sicherheitskriterien bewertet. Ein Standort kann ausscheiden, falls bei dieser Bewertung eindeutige Nachteile gegenüber den anderen Standorten festgestellt werden.

Die Nagra hat beim sicherheitstechnischen Vergleich in Etappe 2 SGT nach Vorgabe des ENSI [ENSI 33/154] aufzuzeigen, wie die eindeutigen Nachteile erfasst, beurteilt und im Entscheid für den Vorschlag von Standortgebieten berücksichtigt werden. Sie hat dabei die eindeutigen Nachteile anhand mindestens folgender entscheidrelevanter Merkmale zu beurteilen und zu begründen: Der Wirksamkeit der geologischen Barriere, der Langzeitstabilität der geologischen Barriere, der Explorier- und Charakterisierbarkeit der geologischen Barriere im Standortgebiet und der bautechnischen Machbarkeit eines Tiefenlagers.

---

<sup>22</sup> In NTB 14-02, Dossier II „Sedimentologische und tektonische Verhältnisse“, hält die Nagra fest, dass der Nordschweizer Permokarbondrog nachweislich einen grossen Einfluss auf die tektonische Entwicklung und das aktuelle tektonische Regime in der Region hatte. Im Hinblick auf die Beurteilung möglicher zukünftiger Entwicklungen sind aus Sicht der KNS genauere Kenntnisse des Permokarbondrogs ebenfalls von Interesse.

### 3.4.1 Identifikation eindeutiger Nachteile anhand entscheidrelevanter Merkmale und Indikatoren

#### *Vorgehen und Ergebnisse der Nagra*

Die Identifikation eindeutiger Nachteile erfolgt durch den Vergleich der verschiedenen geologischen Standortgebiete bzw. der zugehörigen Lagerperimeter anhand der vom ENSI vorgegebenen entscheidrelevanten Merkmale und der zugehörigen Indikatoren. Dazu wird für die entscheidrelevanten Merkmale und die zugehörigen Indikatoren eine Bewertung der geologischen Standortgebiete bzw. der zugehörigen Lagerperimeter durchgeführt, wozu die Bewertungen der Indikatoren verwendet werden, welche unverändert aus der qualitativen Bewertung der Standortgebiete bzw. Lagerperimeter übernommen werden. Bei der Aggregation der Bewertungen wird wie folgt vorgegangen:

- Bei den Merkmalen „Wirksamkeit der geologischen Barriere“ und „Explorier- und Charakterisierbarkeit der geologischen Barriere im Standortgebiet“ werden die Bewertungen der zugehörigen Indikatoren jeweils durch arithmetische, gleich gewichtete Mittelung aggregiert. Dies ist deshalb gerechtfertigt, weil die entsprechenden Indikatoren kompensierbare Beiträge zum übergeordneten Merkmal leisten.
- Bei den Merkmalen „Langzeitstabilität der geologischen Barriere“ und „Bautechnische Machbarkeit eines Tiefenlagers unter Berücksichtigung der vorgeschlagenen Standortareale“ wird jeweils das Minimum der Bewertungen der zugehörigen Indikatoren übernommen. Dies ist deshalb gerechtfertigt, weil die zugehörigen Indikatoren nicht-kompensierbare Beiträge zum übergeordneten Merkmal leisten.

Aus den Bewertungen der entscheidrelevanten Merkmale und zugehörigen Indikatoren können Hinweise auf eindeutige Nachteile (von unterschiedlicher Ausprägung) durch den direkten Vergleich der Bewertungen der Standortgebiete bzw. der zugehörigen Lagerperimeter pro Lagertyp wie folgt abgeleitet werden: Liegt die Bewertung eines Lagerperimeters für ein entscheidrelevantes Merkmal oder für einen zugehörigen Indikator um mindestens zwei Bewertungsstufen tiefer als die Bewertung der besten Lagerperimeter bzw. Standortgebiete für dasselbe Merkmal oder für denselben Indikator, so wird dies als Hinweis auf einen eindeutigen Nachteil interpretiert; liegt die Bewertung nur um eine Bewertungsstufe tiefer, so besteht ein Hinweis auf einen vertieft zu prüfenden Nachteil. Diese Hinweise werden anschliessend auf Stichhaltigkeit geprüft und können dann allenfalls zu eindeutigen Nachteilen führen.

Für den Vergleich der Bewertungen der entscheidrelevanten Merkmale und der zugehörigen Indikatoren der geologischen Standortgebiete werden drei alternative Verfahren verwendet, welche die eindeutigen Nachteile der geologischen Standortgebiete bzw. der zugehörigen Lagerperimeter klarer hervorheben und welche sich im Vergleich mit der qualitativen Bewertung durch einen geringeren Kompensationsgrad bei der Aggregation der Bewertungen auszeichnen (direkter Vergleich der Bewertung der entscheidrelevanten Merkmale und Indikatoren, „Outranking-Methode“, „Malus-Bilanzierung“). Zunächst werden anhand des direkten Vergleichs alle Hinweise auf eindeutige Nachteile ausgewiesen, und es wird dann argumentativ dargelegt, welche dieser Hinweise tatsächlich als eindeutige Nachteile eingestuft werden. Danach wird anhand der alternativen Vergleichsmethoden („Outranking-Methode“, „Malus-Bilanzierung“) geprüft, ob sie weitere Hinweise auf eindeutige Nachteile aufzeigen und ob diese gegebenenfalls als eindeutige Nachteile einzustufen sind (Differenzanalyse). Ferner wird auch geprüft, ob alternative Annahmen bei der Abgrenzung der Lagerperimeter bzw. alternative Konzeptualisierungen der Rahmengesteine zu anderen Entscheidungen führen würden.

### *Beurteilung durch das ENSI*

Das ENSI stellt fest, dass die Nagra die in [ENSI 33/154] gestellten Anforderungen umgesetzt hat und kann der Vorgehensweise der Nagra bei der Auswahl der entscheiderelevanten Merkmale und der Identifikation der eindeutigen Nachteile weitgehend folgen. Abweichungen ergeben sich für die Indikatoren 29 („Auflockerungszone im Nahbereich der Untertagebauten“) und 31 („Verhalten des Wirtgesteins bzgl. Gas“), welche das ENSI im Gegensatz zur Nagra zusätzlich als entscheiderelevant einstuft. Bei der Beurteilung des ENSI fliessen diese Indikatoren in das entscheiderelevante Merkmal „Langzeitstabilität der geologischen Barriere“ ein.

### *Stellungnahme der KNS*

Die KNS bestätigt, dass die Nagra die Vorgaben des ENSI bei der Auswahl der entscheiderelevanten Indikatoren und der Identifikation eindeutiger Nachteile umgesetzt hat. Zusätzlich zu den vom ENSI vorgegebenen entscheiderelevanten Merkmalen werden von der Nagra keine weiteren entscheiderelevanten Merkmale bezeichnet.

Zur Einstufung der Indikatoren 29 („Auflockerungszone im Nahbereich der Untertagebauten“) und 31 („Verhalten des Wirtgesteins bezüglich Gas“) als entscheiderelevant durch das ENSI äussert sich die KNS bei der Beurteilung des entscheiderelevanten Merkmals „Langzeitstabilität der geologischen Barriere“.

## **3.4.2 Entscheiderelevantes Merkmal „Wirksamkeit der geologischen Barriere“**

### *Vorgehen und Ergebnisse der Nagra*

Die Nagra hat das Merkmal „Wirksamkeit der geologischen Barriere“ und die dafür berücksichtigten Indikatoren für den massgebenden Fall (mFE) bewertet. Die daraus abgeleiteten eindeutigen Nachteile sind in [NTB 14-01] tabellarisch zusammengefasst.

### *Beurteilung durch das ENSI*

Das ENSI kann in weiten Teilen der Bewertung der zum entscheiderelevanten Merkmal „Wirksamkeit der geologischen Barriere“ gehörenden Indikatoren durch die Nagra folgen. Abweichungen ergeben sich bei folgenden Indikatoren [ENSI 33/540]:

- Indikator 9 „Hydraulische Durchlässigkeit“: Die hydraulische Durchlässigkeit der Mergel-Formationen des Helvetikums im Standortgebiet Wellenberg wird vom ENSI „bedingt günstig“ bewertet. Dies wird vom ENSI vor dem Hintergrund weiterer Argumente (wenig wahrscheinliche Vernetzung und unabhängige Evidenzen der Langzeitisolation) als Schwäche, jedoch nicht als eindeutiger Nachteil angesehen.
- Den Indikator 17 „Art der Transportpfade und Ausbildung des Porenraums“ bewertet das ENSI für das SMA-Standortgebiet Wellenberg und die Effinger Schichten im Standortgebiet Jura-Südfuss ungünstiger als die Nagra (nur „bedingt günstig“), weil der Stofftransport in diskreten Klüften gegenüber homogen-porösen Medien zu einem deutlich geringeren Radionuklidrückhalt führt (geringere Aufenthaltszeiten, kleinere Kontaktflächen zur Matrix).
- Indikator 22 „Selbstabdichtungsvermögen“: Die Effinger Schichten werden aufgrund ihres internen Lagenbaus und der in den Kalkmergelabfolgen erhöhten Karbonatgehalte vom ENSI – wie von der Nagra – nur „günstig“ bewertet. Ein eindeutiger Nachteil ergibt sich aus Sicht des ENSI daraus jedoch nicht, weil das selbstabdichtende Verhalten für die mergeligen Lagen der Effinger Schichten im Standortgebiet Jura-Südfuss (bzw. in dessen Nähe) nachgewiesen worden ist.



- Indikator 18 „Homogenität des Gesteinsaufbaus“: Die Lagerperimeter SMA-ZNO-BD und SMA-NL-BD werden durch das ENSI aufgrund einer differenzierteren Betrachtung der Sandkalkabfolgen als „günstig“ beurteilt. Trotz der gegenüber der Nagra besseren Bewertung für den 'Braunen Dogger' liegt aus Sicht des ENSI weiterhin ein eindeutiger Nachteil gegenüber dem Wirtgestein Opalinuston vor, da in Bezug auf die Barrierenwirkung des 'Braunen Doggers' Ungewissheiten (z. B. Wasserführung der „harten Bänke“) existieren, deren weitere Reduktion nicht zuverlässig erreicht werden kann.
- Indikator 5 „Mächtigkeit“: Gemäss der geologischen Konzeptualisierung des ENSI auf Basis des aktuellen Kenntnisstandes in Etappe 2 SGT sind die „harten Bänke“ in den Effinger Schichten sowohl im Referenzfall als auch im massgebenden Fall für die Eingengung (mFE) als nicht barrierenwirksam zu betrachten, da die Ungewissheiten auch durch aufwändige zusätzliche Untersuchungen (Bohrungen, 3D-Seismik, Felslabor vor Ort etc.) nicht genügend zuverlässig reduziert werden können. Der nutzbare einschlusswirksame Gebirgsbereich reduziert sich somit für den Lagerperimeter SMA-JS-EFF auf die lithofazielle Einheit KMA-5 mit 44 m Mächtigkeit. Folglich wird die Mindestanforderung aus Etappe 1 SGT von 100 m Mächtigkeit nicht erreicht und SMA-JS-EFF seitens ENSI als „ungenügend“ beurteilt.

Da das ENSI im Referenzfall die Barrierenwirkung der oberen Rahmengesteine im Faziesraum West abweichend zur Nagra als nicht barrierenwirksam betrachtet, reduziert sich die Mächtigkeit des nutzbaren einschlusswirksamen Gebirgsbereichs für das Wirtgestein Opalinuston im Lagerperimeter SMA-JS-OPA auf 90 m. Die Mindestanforderungen aus Etappe 1 SGT werden somit für den Lagerperimeter SMA-JS-OPA ebenfalls nicht erfüllt und das ENSI beurteilt den Indikator als „ungenügend“.

Nach Auffassung des ENSI stellt das Nicht-Erreichen der Mindestanforderungen für den Indikator „Mächtigkeit“ einen eindeutigen Nachteil für die im Standortgebiet Jura-Südfuss befindlichen Wirtgesteine Opalinuston und Effinger Schichten im Vergleich zu den anderen Standortgebieten dar.

Das ENSI folgt der Einschätzung der Nagra, dass im Standortgebiet Südranden infolge der relativ geringen Tiefenlage des SMA-Lagers und der dadurch anzunehmenden Gesteinsdekompaktion die oberen Rahmengesteine des Opalinustons als nicht barrierenwirksam angesehen werden können. Entsprechend beschränkt sich die Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs auf den Opalinuston sowie den Tonigen Lias. Dies wertet das ENSI – anders als die Nagra – als eindeutigen Nachteil des Lagerperimeters SMA-SR-OPA gegenüber anderen Lagerperimetern.

### *Stellungnahme der KNS*

Die Unterschiede in der Bewertung der Indikatoren für das entscheidrelevante Merkmal „Wirksamkeit der geologischen Barriere“ durch die Nagra und das ENSI fallen relativ gering aus. Aus Sicht der KNS kann dies als Indiz für die Robustheit der Bewertung der Indikatoren gewertet werden.

Auf Stufe des Merkmals sind die Abweichungen zwischen der resultierenden Gesamtbewertung durch die Nagra und durch das ENSI ebenfalls gering. Das ENSI leitet zusätzlich für die Lagerperimeter SMA-SR-OPA, SMA-NL-BD und SMA-ZNO-BD eindeutige Nachteile für dieses Merkmal ab.

Die KNS kann sich der Bewertung der unter dem entscheidrelevanten Merkmal „Wirksamkeit der geologischen Barriere“ betrachteten Indikatoren durch das ENSI anschliessen. Im Detail kann folgendes angemerkt werden:

- Indikator 5 „Mächtigkeit“: Die KNS teilt die Ansicht des ENSI, dass für die Bewertung des Indikators „Mächtigkeit“ die Einschätzung der Barrierenwirksamkeit der „harten Bänke“ in

den möglichen Standortgebieten im 'Braunen Dogger' und in den Effinger Schichten von zentraler Bedeutung ist [ENSI 33/539]. Die bestehenden Ungewissheiten bezüglich einer möglichen Wasserführung in den „harten Bänken“ werden sich dabei auch durch die im weiteren Verlauf des Verfahrens vorgesehenen Untersuchungen nicht zuverlässig reduzieren lassen. Es erscheint sachgerecht, im Standortgebiet Jura-Südfuss die barrierenwirksame Mächtigkeit der Effinger Schichten auf die lithofazielle Einheit der Kalkmergelabfolge KMA-5 zu beschränken und für das obere Rahmengestein keine Barrierenwirkung zu unterstellen. Die KNS stimmt mit dem ENSI überein, dass damit ein eindeutiger Nachteil für die Lagerperimeter SMA-JS-OPA und SMA-JS-EFF verbunden ist.

Ergänzend ist hinsichtlich der Beurteilung der Herleitung der Mächtigkeiten der Wirt- und Rahmengesteine anzumerken, dass die KNS die Einschätzung des ENSI teilt, dass das von der Nagra gewählte Vorgehen, sich bei den Angaben zu Mächtigkeiten hauptsächlich auf belastbare Daten aus Bohrungen und Aufschlüssen abzustützen, zielführend ist, weil die durch Interpolation zwischen den vorhandenen Seismiklinien ermittelten Tiefenangaben mit erheblichen Ungewissheiten verbunden sind und kaum belastbare Aussagen zulassen.<sup>23</sup> Da die entsprechende Datengrundlage insgesamt noch recht klein ist, kann aus Sicht der KNS die Frage, wie gross die Mächtigkeit der Wirtgesteinskörper in den Standortgebieten tatsächlich ist, in Etappe 2 SGT noch nicht abschliessend beantwortet werden. Nachdem zumindest bei den Wirtgesteinen in den möglichen Standortgebieten in der Nordschweiz grundsätzlich vergleichbare Ungewissheiten bezüglich deren Mächtigkeit bestehen und diese Ungewissheiten von der Nagra in den provisorischen Sicherheitsanalysen über die gewählten oberen und unteren Eckwerte der Mächtigkeit hinreichend berücksichtigt werden, spricht dieser Umstand letztlich nicht gegen eine Standorteinengung.

- Indikator 9 „Hydraulische Durchlässigkeit“  
Indikator 18 „Homogenität des Gesteinsaufbaus“  
Indikator 22 „Selbstabdichtungsvermögen“

Die KNS hatte in ihrer Stellungnahme zu Etappe 1 SGT [KNS 23/219] empfohlen, sich im weiteren Verfahren auf homogene, dichte und gut prognostizierbare Wirtgesteine mit einem hohen Anteil an quellfähigen Tonmineralien zu konzentrieren. In diesem Kontext nimmt die KNS befriedigt zur Kenntnis, dass im Vorschlag der Nagra für die Etappe 3 SGT weiter zu untersuchenden Standortgebiete jeweils Opalinuston das (prioritäre) Wirtgestein darstellt.

### 3.4.3 Entscheiderelevantes Merkmal „Langzeitstabilität der geologischen Barriere“

#### *Vorgehen und Ergebnisse der Nagra*

Die Nagra hat das Merkmal „Langzeitstabilität der geologischen Barriere“ und die dafür berücksichtigten Indikatoren für den massgebenden Fall (mFE) bewertet. Die daraus abgeleiteten eindeutigen Nachteile sind in [NTB 14-01] tabellarisch zusammengefasst.

#### *Beurteilung durch das ENSI*

Das ENSI kann in weiten Teilen der Bewertung der zum entscheiderelevanten Merkmal „Langzeitstabilität der geologischen Barriere“ gehörenden Indikatoren durch die Nagra folgen. Abweichungen ergeben sich unter anderem bei folgenden Indikatoren [ENSI 33/540]:

---

<sup>23</sup> Eine Ausnahme stellt hierbei derjenige Teil des Standortgebiets Zürich Nordost dar, in welchem im Rahmen des Entsorgungsnachweises für abgebrannte Brennelemente, verglaste hochaktive Abfälle und langlebige mittelaktive Abfälle bereits 3D-reflexionsseismischen Messung durchgeführt wurden.

- Indikator 23 „Modellvorstellungen zur Langzeitentwicklung (Geodynamik und Neotektonik; weitere Prozesse): Gemäss Nagra [NTB 14-02-iii] ist bei den „weiteren Prozessen“ insbesondere an die Entstehung von Durchbruchsrinnen gedacht worden. Das ENSI berücksichtigt bei seiner Bewertung explizit keine „weiteren Prozesse“, da die damit adressierte Bildung von Durchbruchsrinnen bereits im Rahmen der Indikatoren 3 und 4 bewertet wird. Seitens ENSI resultiert aufgrund dieser Betrachtungsweise für das SMA-Standortgebiet Südranden eine „sehr günstige“ Bewertung und, im Unterschied zur Nagra, kein eindeutiger Nachteil gegenüber den anderen SMA-Standortgebieten.

- Indikator 29 „Auflockerungszone im Nahbereich der Untertagebauten“: Abweichend von der Nagra beurteilt das ENSI den Indikator 29 als entscheidend relevant. Die Langzeitentwicklung der Auflockerungszone kann eine hohe Bedeutung für die Integrität der sicherheitstechnischen Barrieren haben und andere sicherheitsrelevante Aspekte wie Radionuklid- und Gastransport sowie chemische Wechselwirkungen beeinflussen.

Das ENSI bewertet den Indikator 29 für alle Standortgebiete (SMA- und HAA-Lager) einheitlich mit „günstig“. Dies steht im Einklang mit der Bewertung der Nagra für die SMA-Standortgebiete, weicht aber von jener der Nagra für die HAA-Standortgebiete ab. Das ENSI kann aufgrund der vorliegenden felsmechanischen Daten und der zu konservativen Berechnungsannahmen die Aussage der Nagra in [NAB 16-41] nicht nachvollziehen, dass das Standortgebiet Nördlich Lägern bezüglich möglicher Veränderungen im konturnahen Wirtgestein (in der Auflockerungszone) des HAA-Lagerstollens im Vergleich mit den Standortgebieten Zürich Nordost und Jura Ost wegen der grösseren Tiefenlage als nachteilig beurteilt wird.

- Indikator 3 „Tiefenlage unter lokaler Erosionsbasis im Hinblick auf die Bildung neuer Rinnen“: In der Bewertung des geologischen SMA-Standortgebiets Jura Ost berücksichtigt das ENSI in Abweichung zur Nagra die Absenkung der lokalen Erosionsbasis um 50 Meter in 100'000 Jahren, wodurch sich im Vergleich zur Nagra nur die Bewertung „günstig“ ergibt. Für das SMA-Standortgebiet Jura Ost resultiert daraus eine Schwäche, welche aber keinen eindeutigen Nachteil darstellt, da bezüglich des Niveaus der lokalen Erosionsbasis als Bewertungsobjekt des Indikators 3 keine Ungewissheitsbetrachtungen vorliegen und somit keine robuste Ableitung eines eindeutigen Nachteils erfolgen kann.

Für das SMA-Standortgebiet Südranden ergibt sich nach Einschätzung des ENSI zwar eine Schwäche aufgrund der im Vergleich mit den weiteren SMA-Standortgebieten geringeren Überdeckung des Wirtgesteins. Im Unterschied zur Nagra identifiziert das ENSI jedoch keinen eindeutigen Nachteil, da bezüglich des Niveaus der lokalen Erosionsbasis als Bewertungsobjekt des Indikators 3 keine Ungewissheitsbetrachtungen vorliegen, diese aber mit zusätzlichen Untersuchungen abgeklärt werden könnten. Somit ist zum jetzigen Zeitpunkt keine robuste Ableitung eines eindeutigen Nachteils möglich.

Die Bewertung des Standortgebiets Wellenberg orientiert sich an Szenarien zur Entwicklung der Terrainoberfläche, da sich in den Alpentälern eine Erosionsbasis wie in der Nordschweiz nicht rechtfertigen lässt. Somit wird der Einfluss der Dekompaktion am Ende des Betrachtungszeitraums bewertet und die Bewertung erfolgt analog zum Indikator 2 „Tiefenlage unter Terrain im Hinblick auf Gesteins-Dekompaktion“ für den Lagerperimeter SMA-WLB-MGL mit „bedingt günstig“. Ein eindeutiger Nachteil wird vom ENSI trotz der geringen Bewertung nicht identifiziert, da innerhalb des Wirtgesteinskörpers eine ausreichend grosse Flexibilität bezüglich der tatsächlichen Anordnung der Lagerkammern besteht [ENSI 33/539].

Bei der Bewertung des Lagerperimeters HAA-ZNO wird der Teilbeitrag zur Berücksichtigung glazialer Tiefenerosion vom ENSI kritischer bewertet, was zu einer nur „günstigen“ Bewertung führt. Daraus ergibt sich für das HAA-Standortgebiet Zürich Nordost aus Sicht des ENSI eine Schwäche aber kein eindeutiger Nachteil, da bezüglich des Niveaus der lokalen Erosionsbasis als Bewertungsobjekt des Indikators 3 keine Ungewissheitsbetrachtungen vorliegen. Zusätzlich sieht das ENSI bezüglich der Erosionsresistenz der

Malmkalke bei zukünftiger glazialer Tiefenerosion bestehende Ungewissheiten, die zukünftig abklärbar sind. Eine robuste Ableitung eines eindeutigen Nachteils kann daher zum jetzigen Zeitpunkt nicht erfolgen.

Bei der Bewertung des Lagerperimeters HAA-JO wird die glaziale Tiefenerosion vom ENSI als weniger relevant angesehen und dieser erhält knapp eine „günstige“ Bewertung. Aufgrund der fehlenden Reserven bezüglich Schutz vor Erosion identifiziert das ENSI eine Schwäche für das Standortgebiet Jura Ost, einen eindeutigen Nachteil leitet das ENSI jedoch nicht ab, da bezüglich des Niveaus der lokalen Erosionsbasis als Bewertungsobjekt des Indikators 3 keine Ungewissheitsbetrachtungen vorliegen. Zusätzlich erachtet das ENSI auch hier die bestehenden Ungewissheiten bezüglich glazialer Tiefenerosion und Erosionsresistenz der Malmkalke als zukünftig abklärbar. Eine robuste Ableitung eines eindeutigen Nachteils kann somit nicht erfolgen.

- Indikator 4 „Tiefenlage unter Fels im Hinblick auf glaziale Tiefenerosion“: Die zur Anwendung der Mindest- und verschärften Anforderungen sowie zur Bewertung des Indikators vorgenommene Festlegung der Nagra, dass übertiefte Felsrinnen erst ab einer Tiefe von 50 m unter Erosionsbasis berücksichtigt werden, ist aus Sicht des ENSI weder plausibel noch sicherheitsgerichtet. In Anlehnung an das gegenwärtige Prozessverständnis bezüglich glazialer Tiefenerosion berücksichtigt das ENSI für die Betrachtungen sämtliche Felsrinnen, welche unter die lokale Erosionsbasis greifen.

Die Neuhauserwald-Rinne im SMA-Standortgebiet Südranden reicht nach vorliegenden Daten nicht unter die Felsoberfläche und ist somit im Gegensatz zur Bewertung der Nagra nicht glazial übertieft. Aufgrund der Tiefenlage des Wirtgesteins unter Felsoberfläche ergibt sich für den Lagerperimeter SMA-NL-OPA die Bewertung „günstig“ (ohne Reserven). Im Vergleich mit den anderen SMA-Standortgebieten der Nordschweiz weist der Lagerperimeter SMA-SR-OPA die mit Abstand geringste Tiefenlage unter Fels und somit die geringsten Reserven bezüglich den potenziell nicht weiter reduzierbaren Ungewissheiten in der zukünftigen Klimaentwicklung (z. B. Zeitpunkt und Intensität der nächsten Vorlandvergletscherung) auf. Im Vergleich mit den anderen SMA-Standortgebieten der Nordschweiz identifiziert das ENSI daher einen eindeutigen Nachteil für das Standortgebiet Südranden.

Da das ENSI für die räumliche Abgrenzung glazialer Felsrinnen keinen Schwellenwert verwendet, erfüllt der von der Nagra vorgeschlagene massgebende HAA-Lagerperimeter im Standortgebiet Zürich Nordost die verschärften Anforderungen von 500 m unter Fels im Bereich der Rheinau- und insbesondere der Rudolfinger-Rinne nicht. Dies würde zu einer Bewertung „bedingt günstig“ führen. Das ENSI legt seiner Bewertung daher abweichend von der Nagra den südlichen Teil des Lagerperimeters HAA-ZNO-aL506-r (siehe Abschnitt 3.2) zugrunde und bewertet diesen als „günstig“.

Der Lagerperimeter HAA-JO wird vom ENSI aufgrund der Tiefenlage des Wirtgesteins von 400 m unter Felsoberfläche gerade noch mit „günstig“ (statt „sehr günstig“) bewertet. Der Lagerperimeter erfüllt damit die verschärften Anforderungen an den Indikator nur knapp. Aufgrund fehlender Anzeichen für bestehende glaziale Tiefenerosion im Standortgebiet sowie der ausgeprägten Geländemorphologie erachtet das ENSI eine signifikante zukünftige Tiefenerosion für unwahrscheinlich. Da jedoch nicht weiter reduzierbare Ungewissheiten bezüglich Zeitpunkt, Anzahl und Intensität zukünftiger Vorlandvergletscherungen im Betrachtungszeitraum von 1 Million Jahren bestehen, kann glaziale Tiefenerosion nicht vollständig ausgeschlossen werden. Das ENSI beurteilt das knappe Erreichen der verschärften Anforderungen daher als Schwäche, aber nicht als eindeutigen Nachteil.

Der Lagerperimeter HAA-NL weist eine relativ zentral gelegene glaziale Übertiefung auf. Diese ist zwar gegenwärtig nur sehr schwach ausgebildet, eine mögliche Reaktivierung/Vergrosserung kann aufgrund bestehender, nicht weiter reduzierbarer Ungewissheiten bezüglich Zeitpunkt, Anzahl und Intensität zukünftiger Vorlandvergletscherungen

jedoch nicht ausgeschlossen werden, so dass das ENSI den Lagerperimeter im Unterschied zur Nagra mit „günstig“ (statt „sehr günstig“) bewertet.

- Indikator 31 „Verhalten des Wirtgesteins bezüglich Gas“: Das ENSI stuft im Unterschied zur Nagra den Indikator als entscheidend relevant ein, da er eine Bedeutung für die Langzeitsicherheit haben kann. Unter Berücksichtigung der Ungewissheiten kann beim Gastransport die Barrierenwirkung des Tiefenlagers ohne technische Massnahmen beeinträchtigt werden und es können sich daraus neue Wegsamkeiten für die Radionuklide bilden. Das ENSI stützt sich deshalb für die Bewertung des Indikators 31 nur auf die Gastransportkapazitäten der Wirtgesteine ab. Generell ist festzuhalten, dass geklüftete Gesteine bessere Gastransporteigenschaften aufweisen als homogen-poröse Gesteine. So sind z. B. in den Mergel-Formationen des Helvetikums aufgrund von verschiedenen Typen diskreter wasserführender Strukturen wie Klüfte, Störungen und Scherzonen massgebende Beiträge zum Gastransport möglich (Bewertung „sehr günstig“ statt „günstig“). Im 'Braunen Dogger' und den Effinger Schichten sind aus Sicht des ENSI die harten Bänke potenzielle wasserführende Strukturen, die das Gas abführen können (Bewertung „günstig“ statt „bedingt günstig“). Der Opalinuston wird hinsichtlich seines Gastransportverhaltens wie von der Nagra als „bedingt günstig“ bewertet.

Wirtgesteinsunabhängig kann bei einem Nachweis der Funktionsfähigkeit des EGTS<sup>24</sup> oder anderer technischer Massnahmen die sicherheitstechnische Relevanz des Verhaltens des Wirtgesteins bezüglich Gas reduziert werden. Daher identifiziert das ENSI in Etappe 2 SGT für diesen Indikator keinen eindeutigen Nachteil für das Wirtgestein Opalinuston.

### *Stellungnahme der KNS*

Die Unterschiede in der Bewertung der Indikatoren für das entscheidend relevante Merkmal „Langzeitstabilität der geologischen Barriere“ durch die Nagra und das ENSI sind grösstenteils gering; bei einzelnen Indikatoren und für einzelne Lagerperimeter sind allerdings auch grössere Abweichungen feststellbar (z. B. bei den Indikatoren 2 und 3 für den Lagerperimeter im Standortgebiet Wellenberg).

Auf Stufe des Merkmals wird die resultierende Gesamtbewertung des ENSI durch die Bewertung des Indikators 31 „Verhalten des Wirtgesteins bezüglich Gas“ bestimmt<sup>25</sup>, welcher vom ENSI, anders als von der Nagra, als entscheidend relevant eingestuft wird (siehe Abschnitt 3.4.1). Dies bedingt entsprechende Abweichungen gegenüber der resultierenden Gesamtbewertung der Nagra. Hinsichtlich der Identifikation eindeutiger Nachteile auf Merkmalsstufe ergeben sich daraus aber keine Konsequenzen: Das Ergebnis der Nagra wird durch das ENSI bestätigt.

Das ENSI berücksichtigt bei seiner Bewertung, ob im Fall einer identifizierten Schwäche eines Lagerperimeters bei einem Indikator auch entsprechende Ungewissheitsbetrachtungen vorliegen, welche die sicherheitstechnische Bedeutung der Schwäche aufzeigen. Ohne Ungewissheitsbetrachtungen lassen sich aus Sicht des ENSI eindeutige Nachteile nicht belastbar ableiten. Die Vorgehensweise des ENSI ist aus Sicht der KNS im Hinblick auf robuste Aussagen sachgerecht.

---

<sup>24</sup> EGTS      Engineered Gas Transport System

<sup>25</sup> Die Gesamtbewertung des entscheidend relevanten Merkmals „Langzeitstabilität der geologischen Barriere“ ergibt sich aus dem Minimum der Bewertungen der zugehörigen Indikatoren.

Die KNS kann sich der Bewertung der unter dem entscheiderelevanten Merkmal „Langzeitstabilität der geologischen Barriere betrachteten Indikatoren durch das ENSI im Wesentlichen anschliessen. Im Detail wird seitens KNS angemerkt:

- Indikator 28 „Erosion im Betrachtungszeitraum“: Grundsätzlich teilt die KNS die Einschätzung des ENSI, dass die Lagerperimeter in der Nordschweiz bezüglich der sicherheitstechnischen Bedeutung der Erosion im Betrachtungszeitraum vergleichsweise günstig eingestuft werden können. Aus Sicht der KNS bleibt aber die zukünftige Entwicklung der Erosion grundsätzlich noch mit grossen Ungewissheiten behaftet, insbesondere im Betrachtungszeitraum von 1 Million Jahre für das HAA-Lager. Hinsichtlich der wirksamen Erosionsbasis und des zukünftigen Erosionspotenzials werden dabei auch die Entwicklung des Oberrheingrabens und der mögliche Verlauf der Hebung des Südschwarzwaldes eine wichtige Rolle für die Nord(west)schweiz spielen. Nach Einschätzung der KNS wurde vor allem der Aspekt der Hebung des Südschwarzwalds in den bisherigen Überlegungen der Nagra zu wenig berücksichtigt.<sup>26</sup> Bei weiteren Untersuchungen zur zukünftigen Entwicklung der Erosion sollte die mögliche Bedeutung der Hebung des Südschwarzwalds gegenüber dem Jura-Gebirge sachgerecht in die Überlegungen mit einbezogen werden. Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass die Tiefenerosion infolge verstärkter lokaler oder regionaler extensiver bruchtektonischer Beanspruchung vermutlich ein deutlich grösseres Gefährdungspotential hinsichtlich der Langzeitsicherheit eines geologischen Tiefenlagers darstellt als der flächenhafte Abtrag in den Standortgebieten in der Nordschweiz.
- Indikatoren 29 „Auflockerungszone im Nahbereich der Untertagebauten“: Die KNS teilt die Einschätzung des ENSI, dass die felsmechanische Datenbasis zur Bewertung der sicherheitstechnischen Bedeutung der Auflockerungszone beschränkt ist und die Prozesse, die zur Selbstabdichtung, d. h. zur Reduktion der Porosität und hydraulischen Leitfähigkeit, führen, noch nicht genau verstanden sind. Die Empfehlung des ENSI, dass die kurz- und langfristigen Konsolidations- und Quellprozesse in der Auflockerungszone einer Lagerkammer zum besseren Verständnis der Selbstabdichtungsprozesse im Opalinuston in Etappe 3 SGT vertieft untersucht werden sollen, wird von der KNS unterstützt. Zu betrachten sind dabei auch die Zeitskalen, auf denen die relevanten Prozesse ablaufen, sowie für das HAA-Lager die Auswirkungen der Wärmefreisetzung aus den abgebrannten Brennelementen auf diese Prozesse.

Unter Berücksichtigung des beschränkten Prozessverständnisses und der vergleichsweise kleinen Datenbasis kann der Ansatz des ENSI, den Indikator 29 als entscheiderelevant zu betrachten, als mit Vorsicht im Hinblick auf die Langzeitsicherheit gewählt beurteilt werden. Die vom ENSI vorgenommene einheitlich günstige Beurteilung des Indikators in allen Standortgebieten bzw. Lagerperimetern ist nach Einschätzung der KNS dabei nicht zwingend. Bei exemplarischer Betrachtung der HAA-Standortgebiete kann unter Berücksichtigung der Tiefenlage der Lagerebene und der tektonischen Überprägung des Standortgebiets nach Einschätzung der KNS der Lagerperimeter im Standortgebiet Jura Ost (im Vergleich geringste Tiefenlage, nach heutigem Kenntnisstand vergleichsweise ruhige tektonische Lagerung) bezüglich des Indikators 29 günstiger eingeschätzt werden als die Lagerperimeter für das HAA-Lager in den Standortgebieten Zürich Nordost und Nördlich Lägern (grössere bzw. im Vergleich grösste Tiefenlage, vergleichsweise höherer Tektonisierungsgrad in Nördlich Lägern). Auf das Gesamtergebnis für das entscheiderelevante Merkmal „Langzeitstabilität der geologischen Barriere“ hat dies keinen Einfluss.

---

<sup>26</sup> Die mit der Hebung des Südschwarzwalds verbundene Extension kann potenziell auch zu Zugspannungen bis hin zu Brüchen und allfälligen Reaktivierungen von Verwerfungen im autochthonen Grundgebirge und im darüber liegenden Sedimentstapel führen.

- Indikator 3 „Tiefenlage unter lokaler Erosionsbasis im Hinblick auf die Bildung neuer Rinnen“: Das Potenzial zur Bildung neuer Rinnen ist aus Sicht der KNS abhängig unter anderem von der Ausdehnung der nächsten Eiszeit, von der Dynamik und der räumlichen Verteilung der dabei auftretenden Schmelzwässer sowie von den Eigenschaften des Untergrunds bezüglich Erosionsverhalten. In diesem Zusammenhang teilt die KNS die Einschätzung des ENSI, dass bezüglich der Erosionsresistenz der Malmkalke in den Standortgebieten Jura Ost und Zürich Nordost noch Ungewissheiten bestehen. Deren Einfluss auf die glaziale Tiefenerosion ist in Etappe 3 SGT zu bewerten bzw. die Ungewissheit durch weitere Untersuchungen zu reduzieren.
- Indikator 4 „Tiefenlage unter Fels im Hinblick auf glaziale Tiefenerosion“: Der minimal notwendigen Tiefenlage unter Fels als Schutz vor erosiven Prozessen kommt nach Einschätzung der KNS grundsätzlich eine grosse Bedeutung zu. Eine belastbare Prognose zukünftiger Vereisungen im nördlichen Alpenvorland im Zeitraum von 1 Million Jahre (Betrachtungszeitraum für ein HAA-Lager) ist nicht möglich. Basierend auf der Entwicklung während der letzten 1 Million Jahre erscheint es aber plausibel, die Bedeutung der glazialen Erosion im Standortgebiet Zürich Nordost am höchsten und in Jura Ost am geringsten einzuschätzen. Die grössere Tiefenlage der Lagerebene im Standortgebiet Nördlich Lägern bietet zwar grundsätzlich den besten Schutz vor erosiven Prozessen; das Standortgebiet selber ist bezüglich der Erosion aber zweigeteilt: Der östliche Teil von Nördlich Lägern, in welchem auch die massgebenden Lagerperimeter für die Einengung platziert sind, ist bezüglich Erosion eher mit dem Standortgebiet Zürich Nordost vergleichbar und deutlich weniger günstig als der westliche Teil von Nördlich Lägern zu bewerten [Hantke 1967]. Das untere Glattal und seine geologische Umgebung, also der östlicher Teil des Standortgebiets Nördlich Lägern, können flussgeschichtlich als sensibles Gebiet bezeichnet werden. Auffallend ist, dass vergleichsweise grosse Flussstrecken im anstehenden Fels liegen. Dieser Umstand, der nach Einschätzung der KNS im Zusammenhang mit den dortigen geologisch-tektonischen Strukturen steht, sollte im weiteren Verlauf des Standortauswahlverfahrens vertieft untersucht werden. Von Interesse ist dabei auch, wieso in diesem Bereich die Lägernstruktur in östlicher Richtung abrupt endet.

Zwar ist die belastbare Prognose zukünftiger Vereisungen im nördlichen Alpenvorland in der nächsten 1 Million Jahre nicht möglich; da aufgrund des radioaktiven Zerfalls das Gefährdungspotenzial der eingelagerten hochaktiven Abfälle aber mit der Zeit abnimmt, relativiert sich diese Ungewissheit bezüglich der sicherheitstechnischen Bedeutung der glazialen Tiefenerosion.<sup>27</sup>

- Indikator 31 „Verhalten des Wirtgesteins bezüglich Gas“: Der Problematik der Gasbildung in Tiefenlagern für radioaktive Abfälle kommt aus Sicht der KNS eine grosse sicherheitstechnische Bedeutung zu. Die Gasbildung kann unabhängig vom Wirtgestein und Lagertyp durch entsprechende Massnahmen beim Bau und bei der Einlagerung der Abfälle (Minimierung bzw. Optimierung der eingebrachten Stahl- und Organikamengen) reduziert werden. Falls derartige Massnahmen ergriffen werden, spielt der Indikator 31 für die Beurteilung der Langzeitstabilität der geologischen Barriere nach Meinung der KNS eine nur untergeordnete Rolle; er ist daher nicht zwingend als entscheidend relevant einzustufen.

Ergänzend merkt die KNS an, dass im weiteren Prozess der Standortauswahl und der Lagerkonkretisierung robuste Ansätze zur Lösung der Problematik der Gasentwicklung in einem geologischen Tiefenlager evaluiert werden sollten. Dies können Massnahmen zur Reduktion der Gasbildung ebenso wie Massnahmen zum kontrollierten Abführen der

---

<sup>27</sup> Für die hochaktiven Abfälle liegt deren Radiotoxizität (angegeben als Radiotoxizitätsindex RTI) bereits nach rund 100'000 Jahren (entspricht einem glazialen Zyklus) im Bereich natürlich vorkommender Uranerze bei Betrachtung vergleichbarer Volumina [NTB 14-03].

im Tiefenlager gebildeten Gase sein, wobei aus Sicht der KNS die Vermeidung bzw. Reduktion der Gasbildung Priorität hat. Wichtig ist der Nachweis der Funktionalität der geplanten Massnahmen, insbesondere im Fall von technischen Massnahmen zum Abführen von Gas aus einem Tiefenlager.

#### **3.4.4 Entscheidrelevantes Merkmal „Explorier- und Charakterisierbarkeit der geologischen Barriere im Standortgebiet“**

##### *Vorgehen und Ergebnisse der Nagra*

Die Nagra hat das Merkmal „Explorier- und Charakterisierbarkeit der geologischen Barriere im Standortgebiet“ und die dafür berücksichtigten Indikatoren für den massgebenden Fall (mFE) bewertet. Die daraus abgeleiteten eindeutigen Nachteile sind in [NTB 14-01] tabellarisch zusammengefasst.

##### *Beurteilung durch das ENSI*

Das ENSI kann in weiten Teilen der Bewertung der zum entscheidrelevanten Merkmal „Explorier- und Charakterisierbarkeit der geologischen Barriere im Standortgebiet“ gehörenden Indikatoren durch die Nagra folgen [ENSI 33/540]. Abweichungen ergeben sich für den Indikator 39 „Variabilität der Gesteinseigenschaften im Hinblick auf ihre Charakterisierbarkeit“.

Das ENSI verwendet im Gegensatz zur Nagra das Wirtgestein als Bewertungsobjekt, da die Abgrenzung des Wirtgesteins *sensu stricto*<sup>28</sup> (WG-ss) bereits von den methodischen Möglichkeiten einer detaillierten Charakterisierbarkeit des Wirtgesteins abhängt. Bei einer schlechten Charakterisierbarkeit eines Wirtgesteins kann auch das WG-ss kaum bis gar nicht abgegrenzt werden.

Bei der Betrachtung des 'Braunen Doggers' sind die lateral schlecht korrelierbaren harten Bänke zu berücksichtigen und es resultiert eine nur „bedingt günstige“ Bewertung.

Bei einem Vergleich mit dem Wirtgestein Opalinuston ergeben sich für alle Standortgebiete mit anderen Wirtgesteinen deutlich erhöhte Variabilitäten und damit eindeutige Nachteile gegenüber den Standortgebieten mit dem Wirtgestein Opalinuston.

##### *Stellungnahme der KNS*

Die KNS ist mit der Bewertung der Indikatoren des entscheidrelevanten Merkmals „Explorier- und Charakterisierbarkeit der geologischen Barriere im Standortgebiet“ durch das ENSI einverstanden. Insbesondere stützt sie die Einschätzung, dass gegenüber dem Wirtgestein Opalinuston alle anderen Wirtgesteine aufgrund deutlich erhöhter Variabilitäten eindeutige Nachteile aufweisen.

---

<sup>28</sup> Wirtgestein *sensu stricto*:

Derjenige Teil des Wirtgesteins, der bei der Radionuklidfreisetzung den dominierenden Beitrag zur Barrierenwirkung beisteuert. Dabei handelt es sich jeweils um eine tonmineralreiche Gesteinsabfolge von genügender Mächtigkeit, innerhalb derer die Lagerkammern platziert werden.



### 3.4.5 Entscheidrelevantes Merkmal „Bautechnische Machbarkeit eines Tiefenlagers unter Berücksichtigung der vorgeschlagenen Standortareale“

#### *Vorgehen und Ergebnisse der Nagra*

Die Nagra hat das Merkmal „Bautechnische Machbarkeit eines Tiefenlagers unter Berücksichtigung der vorgeschlagenen Standortareale“ und die dafür berücksichtigten Indikatoren für den massgebenden Fall (mFE) bewertet. Die daraus abgeleiteten eindeutigen Nachteile sind in [NTB 14-01] tabellarisch zusammengefasst.

#### *Beurteilung durch das ENSI*

Das ENSI beurteilt die Indikatoren des entscheidrelevanten Merkmals „Bautechnische Machbarkeit eines Tiefenlagers unter Berücksichtigung der vorgeschlagenen Standortareale“ und deren Bewertung durch die Nagra wie folgt [ENSI 33/540]:

- Indikator 1 „Tiefenlage im Hinblick auf bautechnische Machbarkeit“: Die Schlussfolgerungen und Beurteilungen der Nagra in [NAB 16-45] und [NAB 16-41] bezüglich der Tiefe der Lagerebene und der geotechnischen Bedingungen im Standortgebiet Nördlich Lägern für den Bau der HAA-Lagerstollen und SMA-Kavernen basieren vor allem auf felsmechanischen Berechnungen mit den Gebirgsmodellen (Parametersätzen) GMmin und GMref des Opalinustons. Die Annahme der Nagra, dass das Gebirgsmodell GMmax irrelevant für ihre felsmechanischen Berechnungen ist, ist nach Einschätzung des ENSI aufgrund der vorliegenden Daten nicht nachvollziehbar.

Die Annahme des Gebirgsmodells GMmin als „abdeckend für die Prüfung der Machbarkeit“ sowie weitere von der Nagra getroffene konservative Annahmen zur Vereinfachung des Berechnungsmodells (also eine Anhäufung konservativer Annahmen) ist aus Sicht des ENSI sinnvoll für die Prüfung der Machbarkeit eines Standortgebiets, jedoch nicht um eindeutige Nachteile eines Standortgebiets gegenüber anderen Standortgebieten nachzuweisen.

Die von der Nagra getroffenen Annahmen führen aus Sicht des ENSI zur Überschätzung der Gebirgsverformungen im Umfeld der Lagerkammern.

Das ENSI kommt zum Schluss, dass die Nagra den Einfluss der Bandbreite der geometrischen Parameter stark unterschätzt bzw. im Vergleich dazu den Einfluss der Tiefenlage stark überschätzt.

Aus genannten Gründen stimmt das ENSI den Schlussfolgerungen der Nagra zur Begrenzung der Tiefenlage auf 600 m unter Terrain (u. T.) bzw. 700 m u. T. für SMA- bzw. HAA-Lager nicht zu. Aufgrund der fehlenden Nachvollziehbarkeit der von der Nagra verwendeten tiefenabhängigen Bewertungsskala für den Indikator 1 und seiner Beurteilung der Wirtgesteine Opalinuston, 'Brauner Dogger' und Effinger Schichten bewertet das ENSI den Indikator 1 für alle HAA- und SMA-Standortgebiete der Nordschweiz einheitlich mit „bedingt günstig“.

Eindeutige Nachteile für die Standortgebiete in der Nordschweiz bezüglich der Tiefen der Lagerebene können nicht identifiziert werden. Das ENSI sieht die bautechnische Machbarkeit eines HAA-Lagers bzw. eines SMA-Lagers in der Nordschweiz unter Berücksichtigung aller Wirtgesteine bis zu einer Tiefe der Lagerebene von 900 m u. T. (HAA-Lager) bzw. 800 m u. T. (SMA-Lager), gemäss den weiterhin gültigen Mindestanforderungen aus Etappe 2 SGT, basierend auf den aktuellen Grundlagen als gegeben an.

- Indikator 48 „Geotechnische und hydrogeologische Verhältnisse in überlagernden Gesteinsformationen“: Das ENSI und seine Experten beurteilen die tiefenabhängige Einwirkung des Wasserdrucks, insbesondere in verkarsteten Gebirgsformationen, als

massgebend für die Wirksamkeit und den Erfolg der vorausseilenden Abdichtungsinjektionen beim Vortrieb bzw. Schachtaushub für die Zugangsbauwerke. Der Erfolg von vorausseilenden und nachträglichen Abdichtungs- und Verfestigungsinjektionen ist in einem unter hohen bis sehr hohen Wasserdrücken stehenden verkarsteten Gebirge auf Basis des heutigen Wissensstands und des Stands der Technik nicht ohne Einschränkung gewährleistet. Der aktuelle Wissensstand bezüglich Verkarstung in der Nordschweiz lässt keine eindeutige und standortspezifische Beurteilung zu.

Aus Sicht des ENSI kann eine Bewertung der geotechnischen und hydrogeologischen Verhältnisse in überlagernden Gesteinsformationen entlang der Zugangsbauwerke anhand dieses Indikators nur qualitativ erfolgen. Das ENSI hat eine eigene Bewertung der Standortgebiete allein aufgrund der standortspezifischen Baugrundmodelle und Gefährdungsbilder durchgeführt.

Das ENSI bewertet den Indikator 48 bei allen betrachteten Standortgebieten für SMA- und HAA-Lager ungünstiger als die Nagra. Die beste Bewertung dieses Indikators erhält das HAA- und SMA-Standortgebiet Jura Ost („günstig“), da mit den geplanten Hauptzugängen (Konfigurationen mittels Rampen, Linienführung im Opalinuston) die verkarstungsgefährdeten Gebirgsabschnitte ganz vermieden werden können. Die übrigen HAA- und SMA-Standortgebiete werden aufgrund der potenziell zu erwartenden anspruchsvollen geotechnischen und hydrogeologischen Gebirgsverhältnisse entlang der Zugangsbauwerke und der bestehenden Ungewissheiten in den geologisch-geotechnischen Daten mit „bedingt günstig“ bewertet. Diese Bewertung berücksichtigt insbesondere die langen potenziell wasserführenden und fallenden Gebirgsabschnitte mit potenziell hohen Wasserdrücken sowie die bestehenden Ungewissheiten bezüglich des Verkarstungsgrades des Mals in der Nordschweiz.

- Indikator 8 „Platzangebot untertags“: Für die Bewertung des Indikators „Platzangebot untertags“ wird die zur Verfügung stehende Fläche des massgebenden Lagerperimeters für die Einengung (Platzangebot) dem standortspezifischen Platzbedarf gegenübergestellt.

Die standortspezifische Abschätzung des Platzbedarfs durch die Nagra in Etappe 2 SGT wird seitens ENSI aufgrund der aktuellen Datenlage als nicht belastbar beurteilt. Die Berücksichtigung des verwendeten Lagerkonzepts, der geotechnischen und der standortspezifischen geologischen Bedingungen erscheint grundsätzlich zielführend, sofern die Eingangsparameter wissenschaftlich abgestützt sind. Da mit den vorliegenden 2D-Seismikdaten anordnungsbestimmende Störungen weder vollständig noch vergleichbar zwischen den Standortgebieten erfasst werden können, erachtet das ENSI die Herleitung des standortspezifischen Platzbedarfs als nicht belastbar [ENSI 33/539]. Entsprechend erachtet es das ENSI als für Etappe 2 SGT zielführend, keine standortspezifische Differenzierung aufgrund des notwendigen Platzbedarfs vorzunehmen. Das ENSI geht in seiner eigenen Beurteilung für die qualitative Bewertung im massgebenden Fall aufgrund der bestehenden 3D-Seismik in Zürich Nordost von einem einheitlichen Platzbedarf von 6 km<sup>2</sup> für das HAA-Lager bzw. von 3-4 km<sup>2</sup> für das SMA-Lager aus.

Um die Optimierungsanforderungen hinsichtlich „Platzangebot untertags“ zu erfüllen (Ziel der Optimierung ist ein mindestens genügendes „Platzangebot untertags“), bezieht sich das ENSI bis zur Festlegung der Tiefenlage hinsichtlich Bautechnik im Standortgebiet Nördlich Lägern auf jene alternative Lagerperimeter, welche unter Berücksichtigung der Referenzwerte für die Tiefenlage des Wirtgesteins ein genügendes Platzangebot bieten (HAA-NL-aL1-r und SMA-NL-aL1-r für 'Brauner Dogger' und Opalinuston).

Entsprechend bewertet das ENSI den Indikator 8 für die Lagerperimeter SMA-NL-BD, SMA-NL-OPA, SMA-WLB-MGL, HAA-ZNO und HAA-NL mit „günstig“ und für die Lagerperimeter SMA-ZNO-OPA, SMA-ZNO-BD, SMA-JO-OPA, SMA-JS-EFF, SMA-JS-OPA und HAA-JO mit „sehr günstig“. Aus Sicht des ENSI ist für das Standortgebiet Nördlich Lägern die von der Nagra ausgewiesene zu meidende tektonische Zone im Norden und

die Abgrenzung des massgebenden Lagerperimeters hinsichtlich der Tiefenlage im Hinblick auf bautechnische Machbarkeit im Süden nicht belastbar. Entsprechend geht das ENSI aufgrund der vorliegenden Daten von einem ausreichenden Platzangebot untertags aus und identifiziert daher keinen eindeutigen Nachteil für das HAA- und das SMA-Standortgebiet Nördlich Lägern.

### *Stellungnahme der KNS*

Die Unterschiede, die bei den Indikatoren des entscheiderelevanten Merkmals „Bautechnische Machbarkeit eines Tiefenlagers unter Berücksichtigung der vorgeschlagenen Standortareale“ zwischen den Bewertungen der Nagra und des ENSI feststellbar sind, spiegeln insbesondere die Differenzen bei der Beurteilung der Entscheidungsbasis wider. Während die Nagra aus den vorliegenden Daten und Erkenntnissen beispielsweise beim Indikator 1 „Tiefenlage im Hinblick auf bautechnische Machbarkeit“ standortspezifische Bewertungen ableitet, verwendet das ENSI standortunabhängig eine einheitliche Bewertung, da es zum Schluss kommt, dass die Datengrundlage für eine differenzierte Bewertung und letztlich auch für die Feststellung von eindeutigen Nachteilen noch nicht ausreichend ist. Die KNS nimmt diese Diskrepanz zur Kenntnis und hält fest, dass belastbare Aussagen bei der Standorteinengung von zentraler Bedeutung sind.

Im Detail wird Folgendes angemerkt:

- Indikator 1 „Tiefenlage im Hinblick auf bautechnische Machbarkeit“: Die KNS ist wie das ENSI der Ansicht, dass ein geologisches Tiefenlager an allen Standortgebieten in der Nordschweiz mit dem Wirtgestein Opalinuston sicher gebaut und betrieben werden kann.

Die Nagra betrachtet das von ihr verwendete Gebirgsmodell GMmin und die daraus resultierenden Werte für die effektiven Festigkeiten und die Steifigkeit des Opalinustons als abdeckend für die Prüfung der bautechnischen Machbarkeit. Diese Annahme ist zwar konservativ, nach Einschätzung der KNS aber für Etappe 2 SGT (Stufe Machbarkeit) sicherheitsgerichtet und somit angebracht. Die KNS ist der Ansicht, dass die Gebirgsmodelle GMref und GMmin grundsätzlich eine Grundlage für das Ableiten von Schwächen oder eindeutigen Nachteilen eines Standortgebiets sein können. Im Rahmen von Etappe 3 SGT sind die von der Nagra getroffenen Annahmen und deren Grundlagen zu verifizieren bzw. weiter zu vertiefen.

Die Einschätzung der Nagra, dass die grosse Tiefenlage insbesondere der HAA-Lagerebene im Opalinuston im Standortgebiet Nördlich Lägern eine erhebliche bautechnische Herausforderung darstellt, wird von der KNS geteilt. Sie sieht bezüglich bautechnischer Machbarkeit im Opalinuston in Nördlich Lägern eine Schwäche im Vergleich mit den anderen Standortgebieten in der Nordschweiz. Ein eindeutiger Nachteil kann aufgrund der vorliegenden Daten daraus aber nicht abgeleitet werden.

- Indikator 8 „Platzangebot untertags“: Die KNS ist der Ansicht, dass das Standortgebiet Nördlich Lägern ein vergleichsweise knappes Platzangebot aufweist. Die tektonische Überprägung und die vergleichsweise grosse Tiefenlage der Lagerperimeter sprechen nach Einschätzung der KNS dafür, dass in Nördlich Lägern bei der weiteren Konkretisierung der Lagerauslegung, konkret der Anordnung der Lagerstollen und Endlagerbehälter in diesen, von einer begrenzten Flexibilität auszugehen ist. Aus diesem Grund sieht die KNS bezüglich des Platzangebots untertags im Standortgebiet Nördlich Lägern eine Schwäche insbesondere gegenüber den anderen möglichen HAA-Standortgebieten. Ein eindeutiger Nachteil kann aufgrund der vorliegenden Daten daraus aber nicht abgeleitet werden.

### 3.4.6 Vergleichende Gesamtbewertung der geologischen Standortgebiete

#### *Vorgehen und Ergebnisse der Nagra*

Die Nagra kommt bei der vergleichenden Gesamtbewertung, bei welcher diejenigen geologischen Standortgebiete zu identifizieren sind, die für die weiteren Untersuchungen in Etappe 3 SGT vorzusehen sind, zu folgenden Schlüssen:

- Alle geologischen Standortgebiete für das SMA- und das HAA-Lager sind sicherheitstechnisch geeignet.
- Die geologischen Standortgebiete sind gemäss [ENSI 33/075] als sicherheitstechnisch gleichwertig zu betrachten.
- Die qualitative Bewertung ergibt für alle geologischen Standortgebiete für das SMA- und HAA-Lager mindestens die Gesamtbewertung „geeignet“.

Da aufgrund der Dosisberechnungen und der qualitativen Bewertung keines der Standortgebiete zurückgestellt werden muss, erfolgt die Standorteinengung über eindeutige Nachteile eines Standortgebiets im Vergleich zu anderen Standortgebieten im Rahmen des sicherheitstechnischen Vergleichs.

Basierend auf den abgegrenzten optimierten Lagerperimetern und ihrer Bewertung kommt die Nagra zum Schluss, dass die Standortgebiete Südranden, Nördlich Lägern, Jura-Südfuss und Wellenberg für das SMA-Lager und das Standortgebiet Nördlich Lägern für das HAA-Lager gegenüber den anderen Standortgebieten des gleichen Lagertyps eindeutige Nachteile aufweisen. Dies führt dazu, dass die geologischen Standortgebiete Südranden, Nördlich Lägern, Jura-Südfuss und Wellenberg für das SMA-Lager und das Standortgebiet Nördlich Lägern für das HAA-Lager zurückgestellt werden. Für die weiteren Untersuchungen in Etappe 3 SGT werden die Standortgebiete Jura Ost (SMA- und HAA-Lager) und Zürich Nordost (SMA- und HAA-Lager) vorgeschlagen.

Eine Analyse der vorhandenen Informationen (Dosisberechnungen und charakteristische Dosisintervalle für das Kombilager sowie die Platzverhältnisse in den Standortgebieten) zeigen, dass in diesen beiden Standortgebieten zudem auch die Möglichkeit für ein Kombilager besteht.

Die bautechnischen Risikoanalysen und die ergänzenden Sicherheitsbetrachtungen für die einzelnen Standortgebiete zeigen, dass die technische Machbarkeit der Zugangsbauwerke und Untertageanlagen trotz Unterschiede im Ausmass der erwarteten geologischen Erschwerisse für alle Standortgebiete und für die zugehörigen Standortareale als gegeben betrachtet werden kann und der sichere Betrieb der Zugangsbauwerke gewährleistet ist.

#### *Beurteilung durch das ENSI*

Das ENSI hat die Unterlagen der Nagra geprüft und festgestellt, dass die Nagra die vorgegebenen Kriterien zu Sicherheit und technischer Machbarkeit bei der Erarbeitung der Vorschläge adäquat und stufengerecht berücksichtigt hat. Der Vorschlag der Nagra wurde gemäss den Vorgaben des Sachplans transparent und grösstenteils nachvollziehbar dargelegt. Die Nagra hat die verfügbaren relevanten geologischen Informationen und deren Berücksichtigung ausführlich erläutert. Das ENSI kommt zum Schluss, dass diese geologischen Informationen ausreichend für die Zwecke einer provisorischen Sicherheitsanalyse und den Standortvergleich in Etappe 2 SGT sind und dass die Nagra diese Informationen in ihrem Vorschlag berücksichtigt hat.

Das ENSI stellt fest, dass die Nagra das standardisierte Parametervariationsverfahren zur Ermittlung der charakteristischen Dosisintervalle gemäss den behördlichen Vorgaben durchgeführt hat. Basierend auf der Überprüfung der Ergebnisse der Nagra durch eigene Berechnung kommt das ENSI zum Schluss, dass im Rahmen von Etappe 2 SGT alle Standortgebiete mit allen Wirtgesteinen sicherheitstechnisch geeignet sind, und alle Standortgebiete – mit Ausnahme des Wellenbergs – gemäss den Vorgaben für die quantitative provisorische Sicherheitsanalyse [ENSI 33/075] als sicherheitstechnisch gleichwertig zu betrachten sind.

Die qualitative Bewertung der optimierten Lagerperimeter in den geologischen Standortgebieten erfolgt gemäss den Vorgaben im Konzeptteil SGT anhand der 13 Kriterien zu Sicherheit und technischer Machbarkeit. Die 13 Kriterien werden, wie in Etappe 1 SGT, jeweils in mehrere Indikatoren unterteilt und bewertet. Die Überprüfung der qualitativen Bewertung durch das ENSI bestätigt die Eignung aller Standortgebiete aus Etappe 1 SGT mit den jeweiligen Wirtgesteinen.

Aus Sicht des ENSI sind keine Standortgebiete aufgrund der Resultate der Dosisberechnungen oder der qualitativen Bewertung zurückzustellen. Damit bestätigt das ENSI die Aussage der Nagra, dass in allen Standortgebieten grundsätzlich sichere geologische Tiefenlager erstellt werden können. Die Zurückstellung eines Standortgebiets in Etappe 2 SGT ist daher nur über eindeutige Nachteile basierend auf den Kriterien zu Sicherheit und technischer Machbarkeit möglich.

Das ENSI kommt bezüglich der von der Nagra identifizierten eindeutigen Nachteile insbesondere bei der Beurteilung der maximalen Tiefenlage und des Platzangebots zu einer von der Nagra abweichenden Beurteilung. Deshalb kann das ENSI dem Vorschlag der Nagra, das Standortgebiet Nördlich Lägern zurückzustellen, nicht zustimmen.

Eindeutige Nachteile sieht das ENSI

- für die SMA-Standortgebiete Südranden, Jura-Südfuss und Wellenberg im Vergleich zu den anderen SMA-Standortgebieten,
- für die SMA-Standortgebiete Nördlich Lägern und Zürich Nordost bezüglich des Wirtgesteins 'Brauner Dogger'

Bei den HAA-Standortgebieten wird vom ENSI aufgrund der vorliegenden Daten sowie der bestehenden Ungewissheiten kein HAA-Standortgebiet als eindeutig weniger geeignet als die anderen Standortgebiete bewertet. Daher ist keines der HAA-Standortgebiete zurückzustellen. Es ist davon auszugehen, dass insbesondere die fehlenden standortspezifischen Daten durch erdwissenschaftlichen Untersuchungen in Etappe 3 SGT ergänzt werden können.

Aus Sicht des ENSI sind die drei geologischen Standortgebiete Zürich Nordost, Jura Ost und Nördlich Lägern jeweils für ein SMA-Lager und ein HAA-Lager in Etappe 3 SGT vertieft weiter zu untersuchen.

Das ENSI nimmt die Überlegungen der Nagra zu einem Kombilager zur Kenntnis. Es nimmt im Rahmen seiner Beurteilung zu Etappe 2 SGT dazu nicht explizit Stellung, da das Ziel der Etappe 2 SGT auf der Standorteinengung liegt. Die Vor- und Nachteile eines Kombilagere sind im Vergleich zu zwei Lagern in separaten Standortgebieten sind von der Nagra in Etappe 3 SGT darzulegen.

### *Stellungnahme der KNS*

Die KNS kann der Beurteilung der geologischen Standortgebiete für ein SMA- und HAA-Lager durch das ENSI weitgehend folgen. Die Argumentation des ENSI und die Schlussfolgerungen, die vom ENSI gezogen werden, sind aus Sicht der KNS grösstenteils plausibel und nachvollziehbar.

Das Zurückstellen der SMA-Standortgebiete Jura-Südfuss, Südranden und Wellenberg aufgrund eindeutiger Nachteile gegenüber den übrigen SMA-Standortgebieten ist aus Sicht der KNS korrekt.

Die Priorisierung des Wirtgesteins Opalinuston in den SMA-Standortgebieten Nördlich Lägern und Zürich Nordost aufgrund eindeutiger Nachteile des Wirtgesteins 'Brauner Dogger' gegenüber Opalinuston in diesen Standortgebieten ist aus Sicht der KNS korrekt.

Die Feststellung, dass sich beim SMA-Standortgebiet Nördlich Lägern für das Wirtgestein Opalinuston auf Basis der vorliegenden Daten keine eindeutigen Nachteile belastbar ableiten lassen und dieses somit zum jetzigen Zeitpunkt nicht zurückgestellt werden kann, ist aus Sicht der KNS zwar nachvollziehbar. Für die KNS bestehen aber beim SMA-Standortgebiet Nördlich Lägern Schwächen hinsichtlich des Platzangebots untertags und der Tiefenlage im Hinblick auf die bautechnische Machbarkeit. Aufgrund der bestehenden Datenlage und der damit verbundenen Ungewissheiten kann daraus allerdings kein eindeutiger Nachteil belastbar abgeleitet werden.

Die Feststellung, dass sich bei den drei HAA-Standortgebieten aufgrund der vorliegenden Daten keine belastbaren eindeutigen Nachteile ableiten lassen und somit keines der HAA-Standortgebiete zurückgestellt werden kann, ist aus Sicht der KNS nachvollziehbar. Für die KNS bestehen beim HAA-Standortgebiet Nördlich Lägern Schwächen hinsichtlich des Platzangebots untertags und der Tiefenlage im Hinblick auf die bautechnische Machbarkeit. Aufgrund der bestehenden Datenlage und der damit verbundenen Ungewissheiten kann daraus aber kein eindeutiger Nachteil belastbar abgeleitet werden.

Die KNS stimmt der Schlussfolgerung des ENSI zu, dass die Standortgebiete Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost (Wirtgestein jeweils Opalinuston) sowohl für ein HAA- als auch für ein SMA-Lager in Etappe 3 SGT weiter zu untersuchen sind.

Bezüglich der Variante eines Kombilagers ist davon auszugehen, dass diese im weiteren Verfahrensablauf sicherheitstechnisch im Vergleich zu zwei getrennten Lagern für HAA und SMA zu beurteilen sein wird. Hierzu sind zunächst entsprechende Grundlagen hinsichtlich Lagerkonzeption bzw. -auslegung unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Anforderungen der Abfalltypen zu erarbeiten.

## **4 Zusammenfassung und Empfehlungen**

### **4.1 Zusammenfassende Beurteilung**

Die KNS stellt fest, dass das ENSI den Vorschlag der Nagra für die Standorteinengung in Etappe 2 SGT im Detail geprüft und seine Ergebnisse umfassend dokumentiert hat. Es hat sich bei seiner Prüfung auch auf eigene Modelle und Bewertungsmaßstäbe sowie eigene Berechnungen abgestützt. Zu verschiedenen Fragestellungen hat das ENSI externe Experten beigezogen. Die KNS kommt zum Schluss, dass die Argumentation des ENSI in seinem Gutachten nachvollziehbar ist und alle nach Meinung der KNS wichtigen Punkte im Gutachten

angesprochen sind. Das Verfahren gemäss Etappe 2 SGT ist von Nagra und ENSI eingehalten worden.

Die KNS stellt weiter fest, dass ausgehend von den in Etappe 1 SGT vorgeschlagenen sechs geologischen Standortgebieten für ein SMA-Lager eine Einengung auf drei Standortgebiete und das Wirtgestein Opalinuston erfolgt ist. Dem Vorschlag der Nagra zufolge und in Übereinstimmung mit der Beurteilung des ENSI sind die SMA-Standortgebiete Jura-Südfuss, Südranden und Wellenberg aufgrund eindeutiger Nachteile gegenüber den anderen Standortgebieten zurückzustellen.

Die KNS begrüsst die Fokussierung<sup>29</sup> auf das Wirtgestein Opalinuston bei den SMA-Standortgebieten und unterstützt die Zurückstellung der Standortgebiete Jura-Südfuss, Südranden und Wellenberg. Hinsichtlich einer möglichen Differenzierung zwischen den Standortgebieten Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost für ein HAA-Lager wie auch ein SMA-Lager teilt die KNS die Einschätzung des ENSI, dass die vorhandene Datenbasis und der Kenntnisstand nicht ausreichen, um belastbare Aussagen zu eindeutigen Nachteilen abzuleiten. Somit kann keines dieser Standortgebiete – auch nicht Nördlich Lägern – zum jetzigen Zeitpunkt zurückgestellt werden. Die Ergebnisse der erdwissenschaftlichen Untersuchungen (insbesondere 3D-Reflexionsseismik und Tiefbohrungen) in Etappe 3 SGT können nach Einschätzung der KNS dazu beitragen, die von der Nagra getroffenen Annahmen zu prüfen, belastbare Aussagen zu eindeutigen Nachteilen zu erhalten und bestehende Ungewissheiten zu reduzieren. Die KNS empfiehlt daher, in Etappe 3 SGT die geologischen Standortgebiete Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost (jeweils für ein HAA- und ein SMA-Lager) weiter zu untersuchen.

Falls sich die Aussagen der Nagra zu den aus ihrer Sicht bestehenden eindeutigen Nachteilen des Standortgebiets Nördlich Lägern durch die Ergebnisse der 3D-Reflexionsseismik und der Tiefbohrungen bestätigen lassen, ist es aus Sicht der KNS im Hinblick auf eine zielführende Abwicklung der Etappe 3 SGT sachdienlich, die weiteren Arbeiten zur Untersuchung dieses Standortgebiets bereits in einer frühen Phase von Etappe 3 einzustellen.

Bezugnehmend auf die Leitfragen, die von der KNS in ihrer Stellungnahme zur Notwendigkeit ergänzender geologischer Untersuchungen in Etappe 2 SGT [KNS 23/247] festgehalten worden waren (siehe Abschnitt 2.1), kommt die KNS zu folgenden Einschätzungen:

- Sind geringdurchlässige homogene Wirtgesteinskörper von ausreichender Mächtigkeit und lateraler Ausdehnung vorhanden?

Die KNS ist der Ansicht, dass mit dem Opalinuston in der Nordschweiz ein geringdurchlässiges und vergleichsweise homogenes Wirtgestein vorliegt, das aufgrund seiner Eigenschaften die erforderliche Barrierenfunktion effektiv erfüllen kann. Die Kommission teilt die Einschätzung von Nagra und ENSI, dass in Standortgebieten mit weiteren möglichen Wirtgesteinen diese gegenüber dem Opalinuston eindeutige Nachteile aufweisen. Bezüglich der Mächtigkeit des Opalinustons in den in Etappe 1 SGT vorgeschlagenen Standortgebieten stellt die KNS fest, dass diese aufgrund der bisher vorliegenden, vergleichsweise kleinen Datenbasis noch mit Ungewissheiten behaftet ist.

- Liegen diese Wirtgesteinskörper in geeigneter Tiefe?

Die vorliegenden Erkenntnisse zeigen nach Einschätzung der KNS, dass der Opalinuston als bevorzugtes Wirtgestein in den Standortgebieten in der Nordschweiz in einer

---

<sup>29</sup> In den verbleibenden SMA-Standortgebieten ist der Opalinuston das Wirtgestein (Standortgebiet Jura Ost) bzw. die weiterzuverfolgende Wirtgesteinsoption (in den Standortgebieten Nördlich Lägern und Zürich Nordost, wo mit dem 'Braunen Dogger' ein zweites mögliches Wirtgestein vorliegt).

Tiefe vorliegt, die grundsätzlich als geeignet für die geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle bezeichnet werden kann. Bei der Bewertung sind die noch bestehenden Ungewissheiten bezüglich der Tiefenlage ebenso wie die standortspezifischen Anforderungen bezüglich minimaler Tiefenlage (Schutz vor erosiven Prozessen) und maximaler Tiefenlage (bautechnische Machbarkeit) zu berücksichtigen.

- Gibt es unmittelbar angrenzend an diese Wirtgesteinskörper Aquifere?

Nach aktuellem Wissensstand gibt es unmittelbar angrenzend an den Opalinuston in den Standortgebieten in der Nordschweiz keine im Hinblick auf mögliche grossräumige Transportpfade relevanten Aquifere. Aus Sicht der KNS sollte aber im weiteren Verfahren auch untersucht werden, ob allenfalls kleinräumigere Grundwasserfliesssysteme im Bereich der Rahmengesteine von sicherheitstechnischer Bedeutung sein könnten.

- Besteht eine Gefährdung der Langzeitsicherheit durch Neotektonik oder Erosion?

Die KNS stellt fest, dass insbesondere bezüglich der Bedeutung erosiver Prozesse für die Langzeitsicherheit geologischer Tiefenlager in der Nordschweiz nach wie vor Ungewissheiten bestehen. Die Lagerperimeter in den Standortgebieten in der Nordschweiz können aber auch unter Berücksichtigung dieser Ungewissheiten als vergleichsweise günstig hinsichtlich einer Gefährdung durch erosive Prozesse in den relevanten Zeiträumen betrachtet werden.

In ihrem Hauptbericht zum Einengungsvorschlag [NTB 14-01] nimmt auch die Nagra Bezug auf die Leitfragen der KNS für Etappe 2 SGT. Die Nagra hält fest, dass in den für das SMA-Lager und das HAA-Lager vorgeschlagenen Standortgebieten mit dem Wirtgestein Opalinuston ein homogener Wirtgesteinskörper vorliegt, der in den abgegrenzten optimierten Lagerperimetern in geeigneter Tiefe liegt und eine ausreichende Mächtigkeit und eine geeignete Grösse hat. Die Nagra kommt zum Schluss, dass in den vorgeschlagenen Standortgebieten angrenzend an den Opalinuston zusätzlich wenig durchlässige Rahmengesteine vorliegen und dass es unmittelbar angrenzend an das Wirtgestein in den vorgeschlagenen Standortgebieten keine stärker wasserführenden Schichten gibt. Weiter legt die Nagra dar, dass aus ihrer Sicht für die abgegrenzten Lagerperimeter keine Gefährdung der Langzeitsicherheit durch Neotektonik oder Erosion besteht.

Die KNS stellt befriedigt fest, dass sich die Nagra im Zuge der Erarbeitung ihres Einengungsvorschlags mit den Leitfragen der KNS befasst hat, auch wenn die Kommission der durchweg positiven Einschätzung der Nagra im Detail nicht immer folgen kann.

## 4.2 Empfehlungen und weitere Hinweise der KNS

Als Ergebnis ihrer Beurteilung gibt die KNS folgende Empfehlungen ab:

### Empfehlung 1

Anders als in den geologischen Standortgebieten Jura-Südfuss, Südranden und Wellenberg sind belastbare Aussagen zu möglichen eindeutigen Nachteilen in den geologischen Standortgebieten Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost (jeweils für ein HAA- und ein SMA-Lager) auf Basis der vorliegenden Daten und Erkenntnisse nicht möglich; keines der drei letztgenannten Standortgebiete kann daher zum jetzigen Zeitpunkt zurückgestellt werden. Da die Ergebnisse der erdwissenschaftlichen Untersuchungen in Etappe 3 SGT dazu beitragen können, die standortspezifische Datengrundlage zu verbessern und belastbare Aussagen zu allfälligen eindeutigen Nachteilen zu erhalten, empfiehlt die KNS, die drei geologischen Standortgebiete Jura Ost, Nördlich Lägern und Zürich Nordost (jeweils für ein HAA- und ein SMA-Lager) in Etappe 3 SGT weiter zu untersuchen.



## Empfehlung 2

Falls sich die Aussagen der Nagra zu den aus ihrer Sicht bestehenden eindeutigen Nachteilen des Standortgebiets Nördlich Lägern durch die Ergebnisse der 3D-Reflexionsseismik und der Tiefbohrungen bestätigen lassen, empfiehlt die KNS im Hinblick auf eine zielführende Abwicklung der Etappe 3 SGT, die weiteren Arbeiten zur Untersuchung dieses Standortgebiets bereits in einer frühen Phase von Etappe 3 einzustellen.

## Empfehlung 3

Nach Einschätzung der KNS ist im Hinblick auf die Rahmenbewilligungsgesuche<sup>30</sup> für das HAA- und für das SMA-Lager offen, ob ein Vergleich der Standortgebiete gemäss dem aktuellen, bei der Standorteinengung in Etappe 2 SGT angewendeten Vorgehen zu einem belastbaren, nachvollziehbaren und eindeutigen Ergebnis in Etappe 3 SGT führen wird. Vor diesem Hintergrund und hinsichtlich einer transparenten Standortbestimmung empfiehlt die KNS, dass frühzeitig, d. h. vor Beginn von Etappe 3 SGT, die Methodik des Standortvergleichs präzisiert bzw. konkretisiert wird sowie die erforderlichen Vorgaben festgelegt werden.

Die KNS gibt zusätzlich folgende Hinweise für Etappe 3 des Sachplanverfahrens geologische Tiefenlager:

- Im Hinblick auf die weitere Konkretisierung der Lagerprojekte bleibt die Forschung und Entwicklung im Bereich möglicher Behältermaterialien für HAA und bei der Konditionierung von SMA ein wichtiges Thema. Entsprechende Arbeiten der Nagra sollten zielgerichtet fortgeführt bzw. intensiviert werden.
- Im weiteren Prozess der Standortauswahl und der Lagerkonkretisierung sollten robuste Ansätze zur Lösung der Problematik der Gasentwicklung in einem geologischen Tiefenlager evaluiert werden. Dies können Massnahmen zur Reduktion der Gasbildung ebenso wie Massnahmen zum kontrollierten Abführen der im Tiefenlager gebildeten Gase sein, wobei aus Sicht der KNS die Vermeidung bzw. Reduktion der Gasbildung Priorität hat. Wichtig ist der Nachweis der Funktionalität der geplanten Massnahmen, insbesondere im Fall von technischen Massnahmen zum Abführen von Gas aus einem Tiefenlager.
- Das Prozessverständnis zur Selbstabdichtung im Opalinuston sollte anhand vertiefter Untersuchungen in Etappe 3 SGT verbessert werden.<sup>31</sup> Zu betrachten sind dabei insbesondere die Zeitskalen, auf denen die relevanten Prozesse ablaufen, sowie für das HAA-Lager die Auswirkungen der Wärmefreisetzung aus den abgebrannten Brennelementen auf diese Prozesse. Die Thematik des Selbstabdichtungsvermögens ist auch für den angestrebten satten Kontakt zwischen Versiegelungsmaterial und Gebirge im Bereich der von der Nagra geplanten Zwischensiegel in den HAA-Lagerstollen von Relevanz.
- Die von der Nagra entwickelten hydrogeologischen Lokalmodelle können nach Ansicht der KNS die Herkunft und die Fliesswege der Mineral- und Thermalwässer im Bereich der geologischen Standortgebiete noch nicht in einem hinreichenden Detaillierungsgrad erklären bzw. abbilden. Im Zusammenhang mit der Nutzung und dem Schutz von Mineral- und Thermalwasservorkommen sollten daher im weiteren Verlauf des Sachplanverfahrens detailliertere hydrogeologische Modelle angestrebt werden, die bereits vorliegende und neu gewonnene Daten integrieren.

---

<sup>30</sup> Wenn ein geologisches Tiefenlager für alle Abfallkategorien vorgesehen wird (Kombilager), ist nur ein Rahmenbewilligungsgesuch zu erstellen und einzureichen.

<sup>31</sup> Quellprozesse im Opalinuston, die für dessen Selbstabdichtungsvermögen eine wichtige Rolle spielen, können insbesondere in der Bau- und Betriebsphase auch unerwünschten Auswirkungen auf die Untertagebauwerke haben.

- Bezüglich der Variante eines Kombilagers ist davon auszugehen, dass diese im weiteren Verfahrensablauf sicherheitstechnisch im Vergleich zu zwei getrennten Lagern für HAA und SMA zu beurteilen sein wird. Die hierfür erforderlichen Grundlagen hinsichtlich Lagerkonzeption bzw. -auslegung sollten unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Anforderungen der Abfalltypen im Zuge von Etappe 3 SGT erarbeitet werden.
- Aus Sicht der KNS ist der Vorrang des Schutzes eines geologischen Tiefenlagers vor Interessen der Rohstofferkundung und -nutzung langfristig sicherzustellen. Vor diesem Hintergrund sollte im weiteren Verlauf des Standortauswahlverfahrens eine bessere Kenntnis der räumlichen Ausdehnung und des Aufbaus der Füllung des Nordschweizer Permokarbondrogs angestrebt werden.

---

Die vorliegende Stellungnahme wurde von der KNS am 23. Juni 2017 in ihrer 107. Sitzung verabschiedet.

Brugg, 26. Juni 2017

Eidgenössische Kommission  
für nukleare Sicherheit

Der Präsident

sign. Dr. B. Covelli

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

## Referenzen

- [BFE SGT] Sachplan geologische Tiefenlager, Konzeptteil; BFE, 2. April 2008 (Revision vom 30. November 2011) [↗]
- [ENSI 33/075] Anforderungen an die provisorischen Sicherheitsanalysen und den sicherheitstechnischen Vergleich; Sachplan geologische Tiefenlager, Etappe 1; ENSI 33/075; ENSI, Brugg, April 2010 [↗]
- [ENSI 33/154] Präzisierungen zur sicherheitstechnischen Methodik für die Auswahl von mindestens zwei Standortgebieten je für HAA und SMA in Etappe 2 SGT; ENSI 33/154; ENSI, Brugg, Januar 2013 [↗]
- [ENSI 33/170] Anforderungen an die bautechnischen Risikoanalysen und an ergänzende Sicherheitsbetrachtungen in Etappe 2 SGT; ENSI 33/170; ENSI, Brugg, Januar 2013 [↗]
- [ENSI 33/454] Nutzungskonflikte; Expertenbericht im Rahmen der Beurteilung des Vorschlags von mindestens zwei geologischen Standortgebieten pro Lagertyp, Etappe 2, Sachplan geologische Tiefenlager; Dr. von Moos AG, Zürich, 04.09.2015
- [ENSI 33/476] Nachforderung zum Indikator „Tiefenlage im Hinblick auf bautechnische Machbarkeit“ in Etappe 2 SGT; ENSI 33/476; ENSI, Brugg, 6. November 2015 [↗]
- [ENSI 33/539] Qualitative Bewertung der optimierten Lagerperimeter in den geologischen Standortgebieten, Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2; ENSI 33/539; ENSI, Brugg, 18.04.2017
- [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 G03] Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis, Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen ENSI-G03; ENSI, Brugg, April 2009 [↗]
- [Hantke 1967] Geologische Karte des Kantons Zürich und seiner Nachbargebiete (In: Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft Zürich, Jahrgang 112, Heft 2); René Hantke, 1967
- [KNS 23/219] Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 1, Stellungnahme zum sicherheitstechnischen Gutachten des ENSI zum Vorschlag geologischer Standortgebiete; KNS 23/219; Brugg, April 2010 [↗]
- [KNS 23/247] Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2, Stellungnahme zur Notwendigkeit ergänzender geologischer Untersuchungen in Etappe 2; KNS 23/247; Brugg, Juni 2011 [↗]
- [NAB 14-99] Unterlagen zum Platzbedarf in den Lagerperimetern der geologischen Standortgebiete; NAB 14-99; Nagra, Wettingen, Dezember 2014

- [NAB 16-41] ENSI-Nachforderung zum Indikator „Tiefenlage im Hinblick auf bautechnische Machbarkeit“ in SGT Etappe 2: Zusammenfassende Darstellung der Zusatzdokumentation (Hauptbericht); NAB 16-41; Nagra, Wettingen, Juli 2016
- [NAB 16-42] ENSI-Nachforderung zum Indikator „Tiefenlage im Hinblick auf bautechnische Machbarkeit“ in SGT Etappe 2: Prüfung der Lager- und Barrierenkonzepte; NAB 16-42; Nagra, Wettingen, Juli 2016
- [NAB 16-45] ENSI-Nachforderung zum Indikator „Tiefenlage im Hinblick auf bautechnische Machbarkeit“ in SGT Etappe 2: Projektkonzepte für die Lagerkammern und Versiegelungsstrecken und deren Bewertung; NAB 16-45; Nagra, Wettingen, Juli 2016
- [NAB 17-01] Sachplan geologische Tiefenlager, Etappe 2: Fragen des ENSI und seiner Experten und zugehörige Antworten der Nagra; NAB 17-01; Nagra, Wettingen, April 2017
- [NTB 08-03] Vorschlag geologischer Standortgebiete für das SMA- und das HAA-Lager; Darlegung der Anforderungen, des Vorgehens und der Ergebnisse; NTB 08-03; Nagra, Wettingen, Oktober 2008.
- [NTB 14-01] SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlagen  
Sicherheitstechnischer Bericht zu SGT Etappe 2:  
Sicherheitstechnischer Vergleich und Vorschlag der in Etappe 3 weiter zu untersuchenden geologischen Standortgebiete;  
NTB 14-01; Nagra, Wettingen, Dezember 2014
- [NTB 14-02-i] SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlagen;  
Geologische Grundlagen, Dossier I: Einleitung und Zusammenfassung;  
NTB 14-02/i; Nagra, Wettingen, Dezember 2014
- [NTB 14-02-ii] SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlagen;  
Geologische Grundlagen, Dossier II: Sedimentologische und tektonische Verhältnisse;  
NTB 14-02/ii; Nagra, Wettingen, Dezember 2014
- [NTB 14-02-iii] SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlagen;  
Geologische Grundlagen, Dossier III: Geologische Langzeitentwicklung;  
NTB 14-02/iii; Nagra, Wettingen, Dezember 2014
- [NTB 14-02-iv] SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlagen;  
Geologische Grundlagen, Dossier IV: Geomechanische Unterlagen;  
NTB 14-02/iv; Nagra, Wettingen, Dezember 2014

- [NTB 14-02-v] SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlagen;  
Geologische Grundlagen, Dossier V: Hydrogeologische Verhältnisse;  
NTB 14-02/v; Nagra, Wettingen, Dezember 2014
- [NTB 14-02-vi] SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlagen;  
Geologische Grundlagen, Dossier VI: Barriereneigenschaften der Wirt- und Rahmengesteine;  
NTB 14-02/vi; Nagra, Wettingen, Dezember 2014
- [NTB 14-02-vii] SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlagen;  
Geologische Grundlagen, Dossier VII: Nutzungskonflikte;  
NTB 14-02/vii; Nagra, Wettingen, Dezember 2014
- [NTB 14-02-viii] SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlagen;  
Geologische Grundlagen, Dossier VIII: Charakterisierbarkeit und Explorierbarkeit;  
NTB 14-02/viii; Nagra, Wettingen, Dezember 2014
- [NTB 14-03] SGT Etappe 2: Vorschlag weiter zu untersuchender geologischer Standortgebiete mit zugehörigen Standortarealen für die Oberflächenanlagen;  
Charakteristische Dosisintervalle und Unterlagen zur Bewertung der Barrierensysteme;  
NTB 14-03; Nagra, Wettingen, Dezember 2014
- [NTB 16-02] The Nagra Research, Development and Demonstration (RD&D) Plan for the Disposal of Radioactive Waste in Switzerland; NTB 16-02;  
Nagra, Wettingen, Dezember 2016

## Abkürzungen und Symbole

**Weblink bzw.  
SR-Nummer**  
↓

[↗]	Referenz im Internet verfügbar (Stand bei Redaktionsschluss) Verweis in der elektronischen Version der Stellungnahme verlinkt	
ATA	Alphatoxische Abfälle: Radioaktive Abfälle, deren Gehalt an Alphastrahlern den Wert von 20'000 Becquerel/g konditionierter Abfall übersteigt (Art. 51 Kernenergieverordnung KEV)	
BD	Wirtgestein 'Brauner Dogger'	
BE	(abgebrannte) Brennelemente	
BFE	Bundesamt für Energie	<a href="http://www.bfe.admin.ch">www.bfe.admin.ch</a>
EFF	Wirtgestein Effinger Schichten	
EGT	Expertengruppe Geologische Tiefenlager	<a href="http://www.egt-schweiz.ch">www.egt-schweiz.ch</a>
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat	<a href="http://www.ensi.ch">www.ensi.ch</a>
HAA	Hochaktive Abfälle: abgebrannte Brennelemente und verglaste Spaltprodukte aus der Wiederaufarbeitung (Art. 51 KEV)	
JO	Standortgebiet Jura Ost	
JS	Standortgebiet Jura-Südfuss	
KEG	Kernenergiegesetz	SR 732.1
KEV	Kernenergieverordnung	SR 732.11
KNS	Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit	<a href="http://www.kns.admin.ch">www.kns.admin.ch</a>
LMA	Langlebige mittelaktive Abfälle: Bezeichnung für diejenigen ATA und SMA, die in einem separaten Teil des HAA-Lagers eingelagert werden.	
MA	Mindestanforderung(en) (von der Nagra in Etappe 1 SGT für die Bewertung der Indikatoren festgelegt, die den 13 Kriterien zu Sicherheit und technischer Machbarkeit zugeordnet sind)	
mFE	massgebender Fall für die Einengung	
MGL	Wirtgestein Mergel-Formationen des Helvetikums	
Nagra	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle	<a href="http://www.nagra.ch">www.nagra.ch</a>
NAB	Nagra Arbeitsbericht	
NL	Standortgebiet Nördlich Lägern	
NTB	Nagra Technischer Bericht	
OA	Optimierungsanforderung(en) (von der Nagra in Etappe 2 SGT bei der Abgrenzung der optimierten untertägigen Lagerparameter teilweise weiter verschärfte und angepasste Anforderungen an Indikatoren mit einem ausgeprägten flächenhaften Bezug)	
OPA	Wirtgestein Opalinuston	
SGT	Sachplan geologische Tiefenlager → Standortsuche für geologische Tiefenlager	<a href="http://www.bfe.admin.ch/radioaktiveabfaelle.ch">www.bfe.admin.ch/radioaktiveabfaelle.ch</a>
SMA	schwach- und mittelaktive Abfälle: Alle radioaktiven Abfälle, die nicht den hochaktiven oder den alphatoxischen zugeteilt sind (Art. 51 KEV)	

SR	Standortgebiet Südranden	
SR ...	Systematische Rechtssammlung → Bundesrecht → Systematische Rechtssammlung	<a href="http://www.admin.ch">www.admin.ch</a>
swisstopo u. T.	Bundesamt für Landestopografie unter Terrain	<a href="http://www.swisstopo.admin.ch">www.swisstopo.admin.ch</a>
UVEK	Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation	<a href="http://www.uvek.admin.ch">www.uvek.admin.ch</a>
VA	Verschärfte Anforderung(en) (von der Nagra in Etappe 1 SGT für die Bewertung der Indikatoren festgelegt, die den 13 Kriterien zu Sicherheit und technischer Machbarkeit zugeordnet sind)	
VKNS	Verordnung über die Eidgenössische Kommission für nukleare Sicherheit	SR 732.16
WLB	Standortgebiet Wellenberg	
ZNO	Standortgebiet Zürich Nordost	







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

Telefon +41 58 481 86 86  
[contact@kns.admin.ch](mailto:contact@kns.admin.ch)  
[www.kns.admin.ch](http://www.kns.admin.ch)