

Präzisierungen zur sicherheitstechnischen Methodik für die Auswahl von mindestens zwei Standortgebieten je für HAA und SMA in Etappe 2 SGT

Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

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

ENSI 33/154

Präzisierungen zur sicherheitstechnischen Methodik für die Auswahl von mindestens zwei Standortgebieten je für HAA und SMA in Etappe 2 SGT

Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2

Januar 2013

Impressum

Präzisierungen zur sicherheitstechnischen Methodik für die Auswahl von mindestens zwei Standortgebieten je für HAA und SMA in Etappe 2 SGT

Herausgeber

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI

Industriestrasse 19

CH-5200 Brugg

Telefon +41(0)56 460 84 00

Info@ensi.ch

www.ensi.ch

Zusammenfassung

In Etappe 2 des Sachplans geologische Tiefenlager (SGT) werden die geologischen Standortgebiete anhand der Vorgaben im Konzeptteil SGT (BFE 2008) und der Vorgaben des ENSI (ENSI 33/075) ausgewählt. Im vorliegenden Dokument werden die Anforderungen an die sicherheitstechnische Methodik für die Auswahl von mindestens zwei Standortgebieten je für HAA und SMA präzisiert und erläutert.

Gemäss Konzeptteil SGT sind in Etappe 2 SGT für die in Etappe 1 SGT festgelegten Standortgebiete die charakteristischen Dosisintervalle abzuleiten, eine Bewertung anhand aller 13 Kriterien zu Sicherheit und technischer Machbarkeit vorzunehmen und all-fällig vorhandene sicherheitstechnische Nachteile aufzuzeigen. Die Annahmen für die Berechnungen der charakteristischen Dosisintervalle, die Bewertungen und die Bezeichnung eindeutiger Nachteile müssen belastbar sein, das heisst, Aussagen zur Sicherheit und technischen Machbarkeit müssen auch unter Berücksichtigung der bestehenden Variabilität und Ungewissheiten gültig sein.

Standortgebiete können in Etappe 2 SGT ausgeschlossen werden, falls sie eindeutige Nachteile gegenüber anderen Standortgebieten aufweisen. In der sicherheitstechnischen Methodik für die Auswahl von mindestens zwei Standortgebieten je für HAA und SMA in Etappe 2 SGT hat die Nagra deshalb aufzuzeigen, wie die eindeutigen Nachteile erfasst, beurteilt und im Entscheid für den Vorschlag von mindestens zwei Standortgebieten pro Lagertyp¹ berücksichtigt werden. Für die Sicherheit und die technische Machbarkeit sind insbesondere folgende entscheidere Merkmale massgebend:

- die Wirksamkeit der geologischen Barriere,
- die Langzeitstabilität der geologischen Barriere,
- die Explorier- und Charakterisierbarkeit der geologischen Barriere im Standortgebiet,
- die bautechnische Machbarkeit eines Tiefenlagers unter Berücksichtigung der vorgeschlagenen Standortareale.

Das ENSI erwartet, dass die Nagra die sicherheitstechnische Methodik für die Auswahl von mindestens zwei Standortgebieten pro Lagertyp im Rahmen einer Zwischenhalt-Fachsitzung gemäss vorliegendem Dokument vor Einreichen der sicherheitstechnischen Unterlagen für Etappe 2 SGT vorlegt und erläutert.

Vor dem Einreichen der sicherheitstechnischen Unterlagen für den Vorschlag von mindestens zwei Standortgebieten pro Lagertyp durch die Nagra wird vom ENSI geprüft, ob der Kenntnisstand den Anforderungen an Etappe 2 SGT und den Anforderungen in ENSI 33/075, ENSI 33/115, ENSI 33/170, sowie diesem Dokument entspricht. Das Vorgehen zur Überprüfung des Kenntnisstands ist in ENSI 33/155 beschrieben. In der anschliessenden Detailprüfung der eingereichten Unterlagen für Etappe 2 SGT wird die Belastbarkeit der Ergebnisse des sicherheitstechnischen Vergleichs vertieft geprüft und beurteilt.

¹ Für die geologische Tiefenlagerung sieht das schweizerische Entsorgungskonzept heute zwei Lagertypen vor: ein Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA) und ein Lager für die hochaktiven Abfälle (HAA) (BFE 2008, S.12-13). Als ersten Schritt in Etappe 1 musste die Nagra die Abfälle den beiden Lagertypen SMA und HAA zuteilen. Die definitive Zuteilung zum jeweiligen Lager erfolgt mit der Rahmenbewilligung (Art. 14 Abs. 2 Bst. b KEG).

1 Ziele und Vorgaben für Etappe 2 SGT

In Etappe 2 SGT werden die geologischen Standortgebiete anhand der Vorgaben im Konzeptteil SGT und der Vorgaben des ENSI (ENSI 33/075) ausgewählt. Im vorliegenden Dokument werden die Anforderungen an die sicherheitstechnische Methodik für die Auswahl von mindestens zwei Standortgebieten je für HAA und SMA präzisiert und erläutert.

1.1 Definition des Begriffs Standorts

Der Konzeptteil SGT (BFE 2008, S. 63) schreibt folgendes Vorgehen in Etappe 2 SGT vor: «In den ausgewählten geologischen Standortgebieten bezeichnen die Entsorgungspflichtigen in einem ersten Schritt potenzielle Standorte: In Zusammenarbeit mit den betroffenen Kantonen und Regionen erarbeiten sie Vorschläge für die Anordnung und Ausgestaltung der Oberflächenanlagen und schlagen untertägige Lagergebiete vor.»

Bei der Anordnung der untertägigen Lagergebiete bzw. untertägigen Teile des Lagers für Etappe 2 SGT sind zwei Punkte zu beachten (siehe auch Anhang 1):

- a) Die Relevanz der Variabilität wichtiger Eigenschaften innerhalb des geologischen Standortgebiets ist zu prüfen. Für diese Evaluation kann die Nagra bei Bedarf die geologischen Standortgebiete in untertägige Lagerperimeter aufteilen.
- b) Allfällige Unterschiede in der untertägigen Erschliessung (z.B. Schacht, Rampe) der Lagerperimeter bezüglich Sicherheit und technischer Machbarkeit werden für die bezeichneten Standortareale evaluiert und je nach Bedeutung bei der Bewertung und Auswahl der geologischen Standortgebiete berücksichtigt (siehe auch ENSI 33/170).

In dieser Aktennotiz hat daher der Begriff **«Standort»** folgende Bedeutung: Die provisorischen Sicherheitsanalysen und der sicherheitstechnische Vergleich werden für die geologischen Standortgebiete unter Berücksichtigung der zugehörigen Standortareale für die Oberflächenanlagen und der jeweils bezeichneten untertägigen Lagerperimeter durchgeführt. In den Objektblättern am Ende von Etappe 2 SGT werden als Ergebnisse keine untertägigen Lagerperimeter sondern nur geologischen Standortgebiete festgehalten, da die geologischen Standortgebiete nicht sicherheitstechnisch unbegründet vorzeitig verkleinert werden sollen. Dieser Schritt soll nach weiteren Untersuchungen (Bohrungen, 3D-Seismik) in Etappe 3 SGT durchgeführt werden.

1.2 Sicherheitstechnische Methodik für die Auswahl von mindestens zwei Standortgebieten je für HAA und SMA ausgehend von den Vorgaben des Konzeptteils SGT und des ENSI in ENSI 33/075

Die sicherheitstechnische Methodik für die Auswahl von mindestens zwei Standortgebieten je für HAA und SMA ist im Konzeptteil SGT und in ENSI 33/075 vorgegeben:

Die Ergebnisse der Dosisberechnungen im Rahmen der provisorischen Sicherheitsanalysen – zusammen mit der qualitativen Bewertung der Kriterien zur Sicherheit und technischen Machbarkeit gemäss Konzeptteil SGT – führen durch eine sicherheitstechnische Gesamtbewertung unter Berücksichtigung allfälliger eindeutiger Nachteile zum Vorschlag von mindestens zwei geologischen Standortgebieten (inkl. zugehöriger Standortareale) je für HAA und SMA.

Für den sicherheitstechnischen Vergleich von potenziellen Standorten ist ein standardisiertes Vorgehen erforderlich, das einerseits die quantitativen Ergebnisse der provisorischen Sicherheitsanalysen berücksichtigt und andererseits den qualitativen Aspekten der Sicherheitsbetrachtung Rechnung trägt. Der Vergleich enthält folgende Elemente (Figur 1):

- (A) Darlegung der quantitativen Ergebnisse der Freisetzungsberechnungen für die realistischerweise zu erwartende Entwicklung des Tiefenlagers (Referenzszenarium, zeitlicher Verlauf der Personendosiskurve) (ENSI 33/075).
- (B) 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 zu den durchzuführenden Rechenfällen (ENSI 33/075).
- (C) **Qualitative Bewertung der Kriterien** hinsichtlich Sicherheit und technischer Machbarkeit (z.B. Zuverlässigkeit der geologischen Aussagen, mögliche Beeinträchtigung des Tiefenlagerstandorts durch Erosion). Weitere qualitative Sicherheitsindikatoren (z.B. Verweil- oder Einschlusszeiten natürlicher Tracerstoffe im Porenwasser des Wirtgesteins) sind zu berücksichtigen, soweit vorhanden.

Der sicherheitstechnische Vergleich der Standorte erfolgt zuerst durch die in ENSI 33/075 beschriebene 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 Dosis-Schutzkriterium (Richtlinie ENSI-G03) nicht erfüllen, scheidern aus. Gleichzeitig dürfen Standorte nicht aufgrund von Dosisdifferenzen ausgeschlossen werden, die nur durch Ungewissheiten der zugrunde gelegten Daten verursacht werden (BFE 2008, S. 70).

Die verbleibenden Standorte werden anschliessend anhand der Kriterien zu Sicherheit und technischer Machbarkeit (Anhang 2) bewertet.

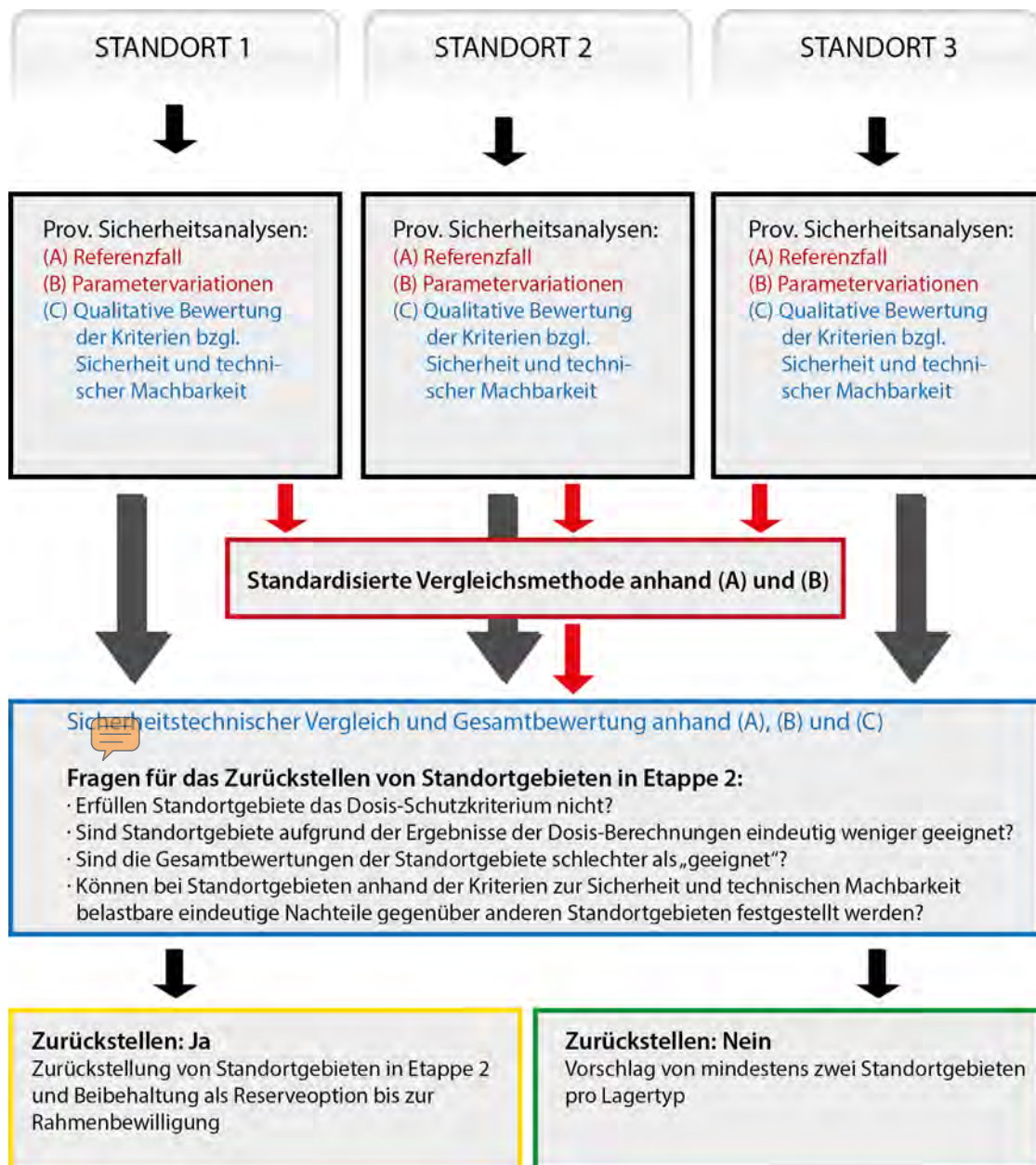
- **Ein Standort kann ausscheiden, falls bei dieser Bewertung eindeutige Nachteile gegenüber den anderen Standorten festgestellt werden** (BFE 2008, S. 71).

Als Zwischenergebnis in Etappe 2 SGT darf kein Standort vorgeschlagen werden, der aufgrund der provisorischen Sicherheitsanalyse und der weiteren sicherheitstechnischen Aspekte eindeutig als weniger geeignet bewertet ist als die anderen (BFE 2008, S. 70).

Das ENSI hat in ENSI 33/075 weiter Folgendes festgelegt: «Für die beurteilten Kriterien zu Sicherheit und bautechnischer Machbarkeit ist eine qualitative Bewertungsskala («sehr günstig», «günstig», «bedingt günstig», «ungünstig») anzuwenden.» Der Bewertungsmassstab wird für jede Eigenschaft von der Nagra dargelegt und begründet. Die Bewertung wird unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Dosisberechnungen im Rahmen der provisorischen Sicherheitsanalyse sowie gestützt auf Erfahrungswerte für die betreffende Eigenschaft durchgeführt.

Für den sicherheitstechnischen Vergleich hat die Nagra eine zusammenfassende sicherheitstechnische Gesamtbewertung (Langzeitsicherheit, bautechnische Machbarkeit, allfällige **eindeutige Nachteile**) der Standorte vorzulegen. Die sicherheitstechnische

Gesamtbewertung zeigt das stufengerechte, in Etappe 2 SGT erreichte Verständnis der Langzeitsicherheit des Tiefenlagersystems und berücksichtigt die berechneten Dosen. Die Bewertungsergebnisse werden zu einer sicherheitstechnischen Gesamtbewertung über die Eignung der Standorte zusammengezogen. Die Gesamtbewertung der Langzeitsicherheit des geologischen Tiefenlagers für den sicherheitstechnischen Vergleich kann weitere Argumente enthalten, welche die Schlussfolgerungen der provisorischen Sicherheitsanalyse zusätzlich stützen können (ENSI 33/075).



Figur 1: Schematischer Ablauf der sicherheitstechnischen Methodik für die Auswahl von mindestens zwei Standortgebieten in Etappe 2 SGT. Das Vorgehen ist durch die Vorgaben des Konzeptteils SGT sowie die Vorgaben des ENSI (ENSI 33/075, ENSI 33/155, ENSI 33/170 und diesem Dokument) bestimmt. **Standortgebiete können in Etappe 2 SGT nur zurückgestellt werden, falls mindestens eine der Fragen in der blauen Box belastbar mit ja beantwortet wird.**

In Anlehnung zum Vorgehen in Etappe 1 SGT wird das Ergebnis auf einer qualitativen Werteskala («sehr geeignet», «geeignet», «bedingt geeignet», «weniger geeignet») dargestellt (BFE 2008, S. 57). Vorgehen und Ergebnis sind in einem sicherheitstechnischen Bericht zu dokumentieren. Als potenzielle Standorte kommen nur solche in Frage, welche mindestens die Bewertung «geeignet» erreicht haben (ENSI 33/075).

Die zurückgestellten Standorte bleiben als Reserveoptionen bis zur Erteilung der Rahmenbewilligung als Vororientierung im SGT raumplanerisch gesichert (BFE 2008, S. 35).

1.3 Kenntnisstand für Etappe 2 SGT

Ausgehend von den in Etappe 1 SGT vorgeschlagenen und genehmigten geologischen Standortgebieten soll in Etappe 2 SGT ein Vorschlag von mindestens zwei geologischen Standortgebieten je für HAA und SMA durch die Nagra beim BFE eingereicht werden. In diesem Vorschlag werden die Ergebnisse der quantitativen provisorischen Sicherheitsanalysen zusammen mit der qualitativen Bewertung der Kriterien zu Sicherheit und technischer Machbarkeit unter Berücksichtigung allfälliger eindeutiger Nachteile in einer sicherheitstechnischen Gesamtbewertung zusammengeführt. Die Nagra hat vor dem Einreichen ihrer sicherheitstechnischen Unterlagen für die Vorschläge von mindestens zwei Standortgebieten je für HAA und SMA in Etappe 2 SGT **aufzuzeigen, dass der geologische Kenntnisstand in den jeweiligen Standortgebieten ausreicht**, um belastbare Aussagen für den sicherheitstechnischen Vergleich machen zu können. Die **Aussagen müssen unter Berücksichtigung der bestehenden Variabilitäten und Ungewissheiten gültig sein**. Das Vorgehen zur Überprüfung des erreichten Kenntnisstands wurde in ENSI 33/155 festgelegt.

1.4 Umgang mit Ungewissheiten und Variabilitäten in Etappe 2 SGT

Gemäss Konzeptteil SGT müssen die Entsorgungspflichtigen bei jeder Etappe die Ungewissheiten identifizieren und aufzeigen, wie diese im weiteren Verfahren berücksichtigt werden (BFE 2008, S. 39). Der Umgang mit Ungewissheiten und Variabilitäten ist in ENSI 33/075 beschrieben. Die wichtigsten Punkte sind im Folgenden zusammengestellt.

Die Nagra hat für den Vorschlag von mindestens zwei Standortgebieten je für HAA und SMA zu zeigen, dass ihre sicherheitstechnischen Aussagen belastbar sind, das heisst, dass sie auch unter Berücksichtigung der bestehenden Variabilitäten und Ungewissheiten in Daten und Prozessen gültig sind. Das bedeutet, dass in Etappe 2 SGT Standortgebiete nur dann zurückgestellt werden können, falls die Fragen in Figur 1 (blaue Box) belastbar mindestens einmal mit Ja beantwortet werden.

Das ENSI prüft für jeden Standort, ob die vorhandenen Kenntnisse unter Berücksichtigung der Ungewissheiten die Durchführung der Dosisberechnung im Rahmen der provisorischen Sicherheitsanalyse und den sicherheitstechnischen Vergleich erlauben (ENSI 33/155). Die verwendeten geologischen Daten (z.B. Wirtgesteinsausdehnung, hydraulische Durchlässigkeit, erwartete hydraulische Gradienten, geochemische Bedingungen) müssen die Situation am Standort adäquat wiedergeben und die vorhandenen Ungewissheiten berücksichtigen.

Die Nagra analysiert die Robustheit des Tiefenlagers und seines geologischen Umfelds durch die Bestimmung des Einflusses von Ungewissheiten und Variabilitäten auf die daraus resultierenden radiologischen Konsequenzen. Die daraus gezogenen Schlüsse für die Langzeitsicherheit sind darzulegen. Die Nagra erstellt Berechnungen zum Systemverhalten unter anderen Voraussetzungen innerhalb des Referenzszenariums und analysiert die Sensitivität für ein abweichendes Systemverhalten (technische Barrieren, Geosphäre). Wo Ungewissheiten bestehen, sind in der provisorischen Sicherheitsanalyse die maximalen radiologischen Konsequenzen durch die Berechnung umhüllender Varianten oder durch konservative Annahmen abzuschätzen (ENSI 33/075).

Die Nagra hat die in der provisorischen Sicherheitsanalyse verwendeten Informationen und Daten durch Kenntnisse aus dem geologischen Standortgebiet zu belegen. Ist dies nicht vollständig möglich, hat sie aufzuzeigen, dass die Übertragung von Informationen aus einem gleichen oder sicherheitstechnisch ähnlichen Wirtgestein an anderen Orten für die provisorische Sicherheitsanalyse belastbar ist.

In die sicherheitstechnische Bewertung sind Aspekte des Systemverhaltens und der Robustheit einzubeziehen. Darunter ist Folgendes zu verstehen:

- Verlässlichkeit der räumlichen und zeitlichen Prognose (Explorierbarkeit, Prognostizierbarkeit, Zuverlässigkeit der Daten, BFE 2008, S. 69/70);
- Variabilitäten bzw. Ungewissheiten der in den Modellierungen verwendeten Prozesse und Parameter und ihr Einfluss auf die Dosisberechnungen;
- Sensitivität der errechneten Dosis auf ein von den Erwartungen abweichendes Systemverhalten.

Die Nagra hat zu zeigen, dass der einschlusswirksame Gebirgsbereich unter Berücksichtigung der vorhandenen Ungewissheiten bei der Bestimmung der Tiefenlage genügend tief liegt, damit die standortspezifischen Auswirkungen betreffend flächenhafter Erosion und Dekompaktion akzeptabel sind. In den provisorischen Sicherheitsanalysen werden die Einflüsse von Ungewissheiten in den Prozessen anhand vorgegebener Variationen bewertet (ENSI 33/075).

2 Präzisierungen der sicherheitstechnischen Methodik für die Auswahl von mindestens zwei Standortgebieten pro Lagertyp

Die in den Stellungnahmen zu Etappe 1 SGT dargelegten Kommentare zur sicherheitstechnischen Einengungsmethodik der Nagra in Etappe 1 SGT lassen keine allgemein akzeptierte Vorgehensweise erkennen. Alle Gremien (AG SiKa/KES, EGT, ESchT und KNS) gehen aber davon aus, dass durch das Erstellen der sicherheitstechnischen Gesamtbewertung nicht mehr ersichtlich ist, wie viele Indikatoren beispielsweise als bedingt günstig, bzw. ungünstig bewertet wurden.

Die Nagra muss ihre sicherheitstechnische Methodik für die Auswahl von mindestens zwei Standortgebieten pro Lagertyp in Etappe 2 SGT nachvollziehbar und transparent darlegen und dokumentieren. Die Vorgaben des Konzeptteils SGT sowie die Vorgaben in ENSI 33/075 und ENSI 33/170 sind zu berücksichtigen. Gemäss Konzeptteil des SGT sind alle 13 Kriterien zur Sicherheit und technischen Machbarkeit zu bewerten. Die von der Nagra verwendete Methodik soll nur so komplex wie nötig sein, um transparent und nachvollziehbar

den Vorschlag für mindestens zwei Standortgebiete je für HAA und SMA aufzuzeigen. Die Prüfungsgremien können jedoch eine Vielzahl von Methoden anwenden, um die Plausibilität der Auswahl zu testen.

Für Etappe 2 SGT akzeptiert das ENSI die Bewertung von Indikatoren mittels Zahlenwerten, um die im Sachplan geforderte Aggregation (ENSI 33/075, S.12) und die darauf basierende Einstufung der jeweiligen Kriterien durch die Nagra nachvollziehen zu können. Dabei sind die im Sachplan vorgegebenen Bewertungsstufen zu verwenden. Bewertungsstufen dürfen nicht kombiniert werden (z.B. bedingt günstig-ungünstig).

Das ENSI erwartet, dass die Nagra im Rahmen einer Zwischenhalt-Fachsitzung die sicherheitstechnische Methodik für die Auswahl der Standortgebiete vor Einreichen der sicherheitstechnischen Unterlagen für Etappe 2 SGT vorlegt und erläutert.

2.1 Verwendung von entscheiderelevanten Merkmalen bei der Auswahl von mindestens zwei Standortgebieten pro Lagertyp

In Etappe 2 SGT werden die geologischen Standortgebiete anhand der Vorgaben im Konzeptteil SGT und den Vorgaben in ENSI 33/075 verglichen. Die Beurteilung erfolgt anhand der Resultate der provisorischen Sicherheitsanalysen, anhand der Bewertung der 13 Kriterien zur Sicherheit und technischen Machbarkeit und der zugehörigen Indikatoren und anhand der Resultate des sicherheitstechnischen Vergleichs. Standortgebiete können ausgeschlossen werden, falls sie eindeutige Nachteile gegenüber anderen Standortgebieten aufweisen (Figur 1).

In der sicherheitstechnischen Methodik für die Auswahl von mindestens zwei Standortgebieten in Etappe 2 SGT hat die Nagra deshalb transparent und nachvollziehbar aufzuzeigen, welche sicherheitstechnischen Indikatoren besondere Bedeutung für die Langzeitsicherheit und die technische Machbarkeit haben und wie die eindeutigen Nachteile erfasst, beurteilt und im Entscheid für den Vorschlag von geologischen Standortgebieten berücksichtigt werden.

Die Nagra hat beim sicherheitstechnischen Vergleich in Etappe 2 SGT die **eindeutigen Nachteile** bezüglich Sicherheit und technischer Machbarkeit **anhand mindestens folgender entscheiderelevanter Merkmale zu beurteilen und zu begründen:**

a) die **Wirksamkeit der geologischen Barriere**

- Günstig sind Verhältnisse, bei welchen das Wirtgestein bzw. der einschlusswirksame Gebirgsbereich derart beschaffen und ausgedehnt ist, dass die Radionuklide grösstenteils im Wirtgestein bzw. im einschlusswirksamen Gebirgsbereich zurückgehalten werden.
- Eine geringe hydraulische Durchlässigkeit führt zu einer geringen Wasserführung. Eine solche ist zunächst für das Verhalten und den Schutz der technischen Barrieren im Tiefenlager günstig. In einer späteren Phase stellt sie auch sicher, dass der Radionuklidtransport im Wirtgestein bzw. im einschlusswirksamen Gebirgsbereich nur sehr langsam erfolgen kann (Barrierewirkung).

- Günstig sind Transportpfade, die zu einer erheblichen Verzögerung der Radionuklidfreisetzung aus dem Wirtgestein bzw. dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich führen. Günstig ist dabei eine homogene Verteilung der Fließwege im Gestein, im Gegensatz zu einer Konzentration des Flusses auf wenige Klüfte, Adern oder andere Inhomogenitäten.
- Günstig sind Gesteine, die ein Selbstabdichtungsvermögen von Rissen und Klüften bzw. Störungszonen aufweisen.
- Als günstig werden die Homogenität des Wirtgesteins und die Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (oder das Vorhandensein wirksamer Rahmengesteine im Liegenden und Hangenden) bewertet.

b) die *Langzeitstabilität der geologischen Barriere*

- Günstig sind Gebiete und Gesteine, die über den für die Sicherheitsbewertung zu betrachtenden Zeitraum die erforderliche Barrierenwirkung gewährleisten können.
- Günstig sind Gesteine mit einer geringen Neigung zur Bildung neuer Wasserwegsamkeiten und die bei Deformation eine Selbstabdichtung von Rissen/Klüften/Störungen aufweisen.
- Günstig sind geologische Situationen, bei denen differenzielle Bewegungen innerhalb des Tiefenlagers unwahrscheinlich sind.

c) die *Explorier- und Charakterisierbarkeit der geologischen Barriere im Standortgebiet*

- Günstig ist, wenn die Wirtgesteinseigenschaften möglichst homogen sind und ohne übermäßig destruktive Untersuchungen ermittelt werden können (keine wesentliche Beeinträchtigung der Barrierenwirkung des Wirtgesteins durch schichtverletzende Untersuchungen).
- Günstig ist, wenn die Lagerungsverhältnisse und die Geometrie des Wirtgesteins bzw. des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs einfach und von der Erdoberfläche aus gut explorierbar sind (z.B. mit Reflexionsseismik).
- Günstig ist, wenn die Beobachtungen bzw. Untersuchungen der sicherheitsrelevanten Eigenschaften räumlich inter- und extrapolierbar sind.
- Günstig ist, wenn die sicherheitsrelevanten Eigenschaften und die Geometrie des Wirtgesteins bzw. des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs über die erforderlichen Zeiträume genügend zuverlässig prognostizierbar sind.
- Als günstig beurteilt wird, falls möglichen Problemzonen (komplexe tektonische Überprägung) und Problemgesteinen (heterogener Abfolgen mit kalkigen Lagen) ausgewichen werden kann.

d) *Bautechnische Machbarkeit eines Tiefenlagers unter Berücksichtigung der vorgeschlagenen Standortareale*

- Günstig sind bautechnisch einfach beherrschbare Verhältnisse, bei denen sich durch die Tiefenlage keine extremen Anforderungen bei der Erstellung,

beim Betrieb, bei der Überwachung (inkl. einer eventuellen Rückholung) oder beim Verschluss des Lagers ergeben. Günstig ist, wenn der Verschluss der Lagerteile ohne technische Probleme mit der erforderlichen Abdichtung realisiert werden kann.

- Günstig ist, wenn keine wesentlichen hydrogeologischen und geotechnischen Probleme oberhalb der Lagerebene zu erwarten sind.

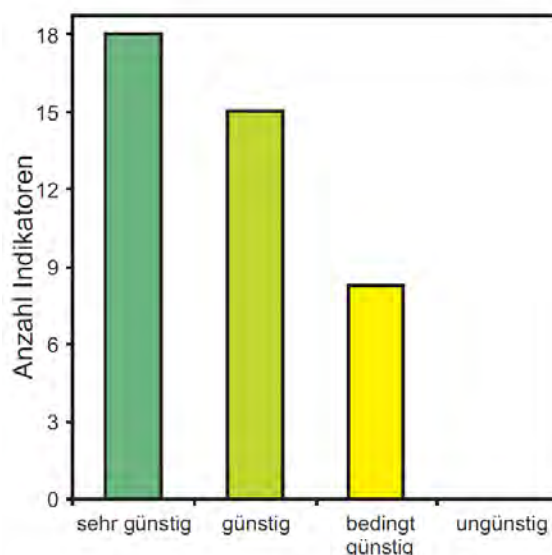
Die Nagra kann für ihren sicherheitstechnischen Vergleich weitere entscheidungsrelevante Merkmale bezeichnen.

2.2 Verwendung von Mindest- und verschärften Anforderungen

In Etappe 1 SGT (NTB 08-03) hat die Nagra Mindest- und verschärfte Anforderungen beim Auswahlprozess der Standortgebiete in Etappe 1 SGT verwendet (Anhang 3). Das ENSI fordert, dass die Nagra in den sicherheitstechnischen Unterlagen für Etappe 2 SGT aufzeigt, dass für die vorgeschlagenen, weiter zu betrachtenden Standortgebiete respektive untertägigen Lagerperimetern die Mindest- und verschärften Anforderungen aus Etappe 1 SGT immer noch erfüllt werden.

2.3 Zusätzliche Darstellung der Bewertungsergebnisse von Indikatoren

Für den sicherheitstechnischen Vergleich in Etappe 2 SGT erwartet das ENSI, dass als Teil der sicherheitstechnischen Gesamtbewertung der Nagra auch eine Angabe darüber gemacht wird, wie viele Indikatoren schlechter als «günstig» oder «sehr günstig» bewertet werden und welche sicherheitstechnische Relevanz diese Indikatoren haben (Figur 2).



Figur 2: Mögliche Darstellung der Bewertungsergebnisse der Indikatoren für ein Standortgebiet. In die sicherheitstechnische Gesamtbewertung geht ein, welche Indikatoren als nur «bedingt günstig» bewertet wurden und wie deren sicherheitstechnische Bedeutung einzustufen ist.

Damit soll sichergestellt werden, dass allfällige weniger günstige sicherheitstechnische Indikatoren sichtbar dargestellt werden. Bei diesem Ansatz wird in einem ersten Schritt die Bewertung der 13 Kriterien zur Sicherheit und technischen Machbarkeit verwendet. Unter den als geeignet bezeichneten Standortgebieten wird anschliessend die Anzahl Indikatoren, die schlechter als «sehr günstig» oder «günstig» bewertet wurden, festgehalten. In einem weiteren Schritt wird die sicherheitstechnische Relevanz dieser Indikatoren aufgezeigt und die Standortgebiete diesbezüglich bewertet.

3 Referenzen

- BFE (2008): Sachplan geologische Tiefenlager – Konzeptteil, Bundesamt für Energie, Bern.
- ENSI-G03: Spezifische Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager und Anforderungen an den Sicherheitsnachweis, Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Richtlinie, Würenlingen, 2009.
- ENSI 33/075: Anforderungen an die provisorischen Sicherheitsanalysen und den sicherheitstechnischen Vergleich, Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2, Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Brugg, 2010.
- ENSI 33/115: Stellungnahme zu NTB 10-01 «Beurteilung der geologischen Unterlagen für die provisorischen Sicherheitsanalysen in Etappe 2 SGT», Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Stellungnahme, Brugg, 2011.
- ENSI 33/155: Ablauf der Überprüfung des geologischen Kenntnisstands vor Einreichen der sicherheitstechnischen Unterlagen für Etappe 2 SGT, Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2, Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Aktennotiz, Brugg, 2013.
- ENSI 33/170: Anforderungen an die bautechnischen Risikoanalysen und an ergänzende Sicherheitsbetrachtungen für die Zugangsbauwerke in Etappe 2 SGT, Sachplan geologische Tiefenlager Etappe 2, Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Aktennotiz, Brugg, 2013.
- NTB 08-03: Vorschlag geologischer Standortgebiete für das SMA- und das HAA-Lager – Darlegung der Anforderungen, des Vorgehens und der Ergebnisse, Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, Nagra Technischer Bericht, Wettingen, 2008.

Anhang 1: Präzisierungen der Projektleitung für Etappe 2 SGT



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE

23. Januar 2013

1. Bedeutung des Begriffs «Standort» für die sicherheitstechnische Methodik für die Auswahl von mindesten zwei Standortgebieten je für HAA und SMA in Etappe 2 SGT

SGT Konzeptteil S. 45:

«Die Entsorgungspflichtigen erarbeiten unter Beizug der Standortregionen und abgestimmt auf die bautechnische Machbarkeit Vorschläge zur Anordnung und Ausgestaltung der notwendigen Oberflächeninfrastruktur und ordnen die untertägigen Teile des Lagers an. Die Standortregionen diskutieren die Vorschläge und äussern sich zu Ausgestaltung, Platzierung und Erschliessung der Oberflächeninfrastruktur. Basierend auf der Zusammenarbeit mit den Standortregionen bezeichnen die Entsorgungspflichtigen sodann pro Planungssperimeter mindestens einen Standort.».

«Für die in Zusammenarbeit mit den Standortregionen bezeichneten Standorte führen die Entsorgungspflichtigen provisorische Sicherheitsanalysen durch».

Drei Elemente sind bei der «Anordnung der untertägigen Lagerteile» bzw. «untertägiger Lagergebiete» für Etappe 2 SGT zu beachten:

- a) Die Relevanz der Variabilität wichtiger Eigenschaften innerhalb des geologischen Standortgebiets ist zu prüfen. Für diese Evaluation kann die Nagra bei Bedarf die geologischen Standortgebiete in untertägige Lagerperimeter aufteilen.
- b) Allfällige Unterschiede in der untertägigen Erschliessung (Schacht, Rampe) der Lagerperimeter werden für die bezeichneten Standortareale evaluiert und je nach Bedeutung bei der Bewertung und Einengung der geologischen Standortgebiete berücksichtigt.
- c) Bedeutung des Begriffs «Standort»: Die provisorischen Sicherheitsanalysen und der sicherheitstechnischer Vergleich werden für die geologischen Standortgebiete unter Berücksichtigung der zugehörigen Standortareale und der jeweils bezeichneten untertägigen Lagerperimeter durchgeführt.

Hinsichtlich der Anordnung der untertägigen Lagerteile sollen die geologischen Standortgebiete nicht sicherheitstechnisch unbegründet vorzeitig verkleinert werden. Dieser Schritt soll nach weiteren Untersuchungen (Bohrungen, 3D-Seismik) in Etappe 3 SGT durchgeführt werden. Die Nagra muss in Etappe 2 SGT zeigen, ob und welche

sicherheitstechnischen Unterschiede bestehen, wenn die untertägigen Lagerperimeter unterschiedlich platziert werden. Dazu gehört auch die Erschliessung von der Oberfläche. Die Resultate der Evaluation sind auszuweisen und in den Einengungsentscheiden in Etappe 2 SGT zu berücksichtigen.

Zusammengefasst:

Die Nagra reicht Vorschläge zur Anordnung und Ausgestaltung der Oberflächenanlagen ein. Basierend auf der Zusammenarbeit mit den Standortregionen bezeichnen die Entsorgungspflichtigen sodann pro Planungssperimeter mindestens ein Standortareal. Parallel zur Zusammenarbeit mit der Region bereitet die Nagra die provisorischen Sicherheitsanalysen und den sicherheitstechnischen Vergleich der geologischen Standortgebiete (unter Berücksichtigung der zugehörigen Standortareale und untertägigen Lagerperimeter) vor.

2. Einengung auf mindestens zwei Standortgebiete je für HAA und SMA

SGT Konzeptteil S. 46:

«Basierend auf den durchgeführten Untersuchungen und der Zusammenarbeit mit den Standortkantonen und den Standortregionen schlagen die Entsorgungspflichtigen mindestens je zwei Standorte für HAA und SMA vor.»

Präzisierung:

Aufgrund der Resultate des sicherheitstechnischen Vergleichs inkl. provisorische Sicherheitsanalyse und Prüfung der bautechnischen Machbarkeit wird die Nagra eine Einengung vornehmen und mindestens je zwei geologischen Standortgebiete (inkl. zugehörige Standortareale) pro Lagertyp vorschlagen.

3. Objektblätter

SGT Konzeptteil S. 35:

«Nach Prüfung der Ergebnisse aus Etappe 2 durch die Bundesbehörden werden Ergebnisbericht und Objektblätter vom BFE erarbeitet resp. aktualisiert, und die vorgeschlagenen Standorte nach dreimonatiger Anhörung und Genehmigung durch den Bundesrat in den Sachplan als Zwischenergebnis aufgenommen. Die anderen Standorte sind Reserveoptionen und bleiben bis zur Erteilung der Rahmenbewilligung als Vororientierung im Sachplan raumplanerisch gesichert.»

Präzisierung:

Diejenigen geologischen Standortgebiete, welche in die Etappe 3 SGT weitergezogen werden, ändern den Koordinationsstand und werden mit der Genehmigung des Bundesrats zusammen mit dem entsprechenden Standortareal als Zwischenergebnis gesichert. Die restlichen geologischen Standortgebiete werden erneut als Vororientierung gesichert. Als Vororientierung werden voraussichtlich in Etappe 2 SGT ebenfalls alle Standortareale gesichert, für die die SÖW durchgeführt wurde. In den Objektblättern zu Etappe 2 SGT werden weder untertägige Lagerperimeter noch Zugangsbauwerke (Schächte, Rampen) eingezeichnet.

Etappe 3

SGT Konzeptteil S. 49:

«Bevor ein Standort für die Einreichung eines Rahmenbewilligungsgesuchs gewählt wird, müssen die geologischen Kenntnisse über die am Ende von Etappe 2 gewählten Standorte von den Entsorgungspflichtigen auf einen Stand gebracht werden, der einen Vergleich aus sicherheitstechnischer Sicht aufgrund verifizierter standortbezogener Daten ermöglicht.»

Präzisierung:

Für die Wahl eines geologischen Standortgebiets und die Bezeichnung des untertägigen Raums (Lagerbereich) für die Anordnung der Lagerkammern sind weitere Untersuchungen durchzuführen.

Die Einengung des untertägigen Raums für die Anordnung der Lagerkammern innerhalb des Standortgebiets ist Gegenstand der Rahmenbewilligungsgesuche. Der Vorschlag für die

detaillierte Anordnung und Auslegung der Lagerkammern stützt sich auf die untertägige Erkundung für das nukleare Baubewilligungsgesuch.

In Etappe 3 SGT zurückgestellte Standorte sind Reserveoptionen und bleiben bis zur Erteilung der Betriebsbewilligung als Zwischenergebnis im Sachplan raumplanerisch gesichert.

Anhang 2: Kriterien zu Sicherheit und technischer Machbarkeit

Die Angaben zu den jeweiligen Kriterien sind dem Konzeptteil SGT (BFE 2008) entnommen.

1.1 Räumliche Ausdehnung

Zu beurteilende Aspekte: Beurteilt wird das räumliche Eignungspotential (Mächtigkeit, laterale Ausdehnung, Verbreitung) und die Tiefenlage des Wirtgesteinskörpers bzw. des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches unter Berücksichtigung der regionalen geologisch-tektonischen Verhältnisse (z.B. regionale Störungszonen, glazial übertiefte Talrinnen, Fremdgesteinseinschlüsse). In die Beurteilung einzubeziehen sind auch der erforderliche Platzbedarf des Tiefenlagers (inkl. Reserve), das Platzangebot sowie die Flexibilität bei der Anordnung der untertägigen Lagerkavernen und -stollen.

1.2 Hydraulische Barrierenwirkung

Zu beurteilende Aspekte: Beurteilt werden die Eigenschaften des Wirtgesteins bzw. des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches hinsichtlich der Wasserführung und des Stofftransportes sowie die regionale hydrogeologische Situation. Zur Sicherstellung der langfristigen Isolation und des Einschusses der radioaktiven Abfälle werden Gesteine mit geringer Grundwasserbewegung gesucht. Diese hängt von den Eigenschaften des Gesteins, u.a. der hydraulischen Durchlässigkeit unter Berücksichtigung des hydraulischen Gradienten ab, und gibt Hinweis auf die vorherrschenden Transportprozesse (Advektion, Diffusion) und die Wirkung als hydraulische Barriere. In die Beurteilung der hydrogeologischen Verhältnisse werden ferner auch indirekte Indikatoren einbezogen wie z. B. die generelle hydrochemische Gliederung und Abgrenzung der verschiedenen Grundwasserstockwerke, erwartet Isotopensignaturen und Verweilzeiten der Tiefenwässer.

1.3 Geochemische Bedingungen

Zu beurteilende Aspekte: Beurteilt werden die geochemischen Verhältnisse im Wirtgestein bzw. im einschlusswirksamen Gebirgsbereich (u.a. Mineralogie, Chemismus des Wassers, pH-Wert, Redox-Bedingungen, Salinität, Wasser-Gesteins-Wechselwirkungen, mikrobielle Prozesse) bezüglich Rückhaltung und Verzögerung der Radionuklide (begrenzte Löslichkeit, Sorptionsvermögen) und Langzeitverhalten der technischen Barrieren.

1.4 Freisetzungspfade

Zu beurteilende Aspekte: Beurteilt werden die präferenziellen Radionuklid-Freisetzungspfade im Wirtgestein bzw. im einschlusswirksamen Gebirgsbereich. Zur Ausbreitung der Nuklide tragen verschiedene Eigenschaften des Transportpfades bei, wie die Art und Verteilung der Transportpfade im Gestein (poröses oder geklüftetes Medium), die Ausbildung seines Porenraums («Channeling» = Fließkanäle) sowie seine Länge und Transmissivität. Bei der Ausbreitung entlang von Rissen und Klüften im Gestein ist das Selbstabdichtungsvermögen zu berücksichtigen, welches wesentlich vom Tongehalt des Gesteins abhängt.

2.1 Beständigkeit der Standort- und Gesteinseigenschaften

Zu beurteilende Aspekte: Beurteilt wird die geologische Langzeitstabilität des Standortes und der Gesteinseigenschaften, insbesondere die Möglichkeit einer Beeinträchtigung und Veränderung des Isolationsvermögens des Wirtgesteins bzw. des einschlusswirksamen

Gebirgsbereiches durch geologische Prozesse wie Störung des Gesteinsverbandes durch differenzielle Bewegungen (Zerschneidung, Reaktivierung von Brüchen und Störungszonen, Bildung neuer Wasser- und Gaswegsamkeiten) verursacht durch neotektonische Aktivität (u.a. Seismizität), geochemische Vorgänge (Lösungsprozesse, Karstbildung, Wasser-Gesteins-Wechselwirkungen) oder seltene geologische Ereignisse wie die Bruchbildung im Zusammenhang mit starken Erdbeben oder Vulkanismus.

2.2 Erosion

Zu beurteilende Aspekte: Beurteilt wird der Einfluss der Erosion, d.h. die massgeblichen Faktoren und Prozesse (Tiefenlage des Lagers, Hebungsrate, Erosionsrate und glaziale Tiefenerosion), die zu einer Beeinträchtigung der Barrierenwirkung des Wirtgesteins bzw. des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches (Verringerung der Gesteinsüberdeckung, Auflockerung des Wirtgesteins und Erhöhung der hydraulischen Durchlässigkeit) oder zu einer Freilegung des Lagers innerhalb des Betrachtungszeitraumes führen könnten.

2.3 Lagerbedingte Einflüsse

Zu beurteilende Aspekte: Beurteilt werden die Auswirkungen des Lagers auf das Wirtgestein (Gasentwicklung der Abfälle und Gastransport, Wärmeeintrag und Wärmeempfindlichkeit, thermisch-hydraulisch-mechanisch gekoppelte Prozesse, chemische Wechselwirkungen, Ausbildung der Auflockerungszone im Nahbereich der Untertagebauten, Reversibilität der Veränderungen, Selbstabdichtungsvermögen). Dabei sind das einzulagernde Abfallinventar und das dafür vorgesehene Lagerkonzept (z.B. Auslegung des Lagers, Materialwahl für die technischen Barrieren) zu berücksichtigen.

2.4 Nutzungskonflikte

Zu beurteilende Aspekte: Beurteilt werden die nutzungswürdigen Rohstoffe und die sich daraus allfällig ergebenden Nutzungskonflikte. Insbesondere wird beurteilt, ob im oder unterhalb des Wirtgesteins bzw. des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches aus heutiger Sicht wirtschaftlich nutzungswürdige Rohstoffe (z.B. Salz, Kohlenwasserstoffe, Geothermie, Mineralquellen und Thermen) im besonderen Mass vorkommen. Beurteilt wird ferner, ob die Erschliessung und Nutzung der Rohstoffe die Barrierenwirkung des Wirtgesteins beeinträchtigen (Schichtverletzung) oder das Lager direkt treffen könnte.

3.1 Charakterisierbarkeit der Gesteine

Zu beurteilende Aspekte: Beurteilt werden die Möglichkeiten der Charakterisierung der Beschaffenheit des Wirtgesteins bzw. des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches und der Erfassung der sicherheitsrelevanten Gesteinseigenschaften (Homogenität/Heterogenität der Gesteinsbeschaffenheit, Existenz und Art der Strukturelemente, Variabilität der sicherheitsrelevanten Eigenschaften). Es wird geprüft, ob die benötigten Daten mit genügender Zuverlässigkeit gewonnen werden können.

3.2 Explorierbarkeit der räumlichen Verhältnisse

Zu beurteilende Aspekte: Beurteilt werden die geologisch-tektonische Komplexität und die Explorierbarkeit der räumlichen geologischen Verhältnisse (Lagerungsverhältnisse, Ausdehnung und Kontinuität der Schichten, räumliche Konstanz der lithologischen Beschaffenheit, Wirtgesteinsgrenzen, Lage von regionalen Störungszonen, kleinräumige Störungen, etc.). Massgebend ist auch die Zugänglichkeit für Untersuchungen von der

Erdoberfläche aus (Quartärbedeckung, topographische Verhältnisse, dichte Besiedlung, Bewaldung etc.).

3.3 Prognostizierbarkeit der Langzeitveränderungen

Zu beurteilende Aspekte: Beurteilt wird die Prognostizierbarkeit der möglichen Langzeitveränderungen (z.B. Modellvorstellungen zur Klimaentwicklung und Geodynamik, Hinweise auf rezente Bewegungen, Seismizität), die im Betrachtungszeitraum einen Einfluss auf das Einschlussvermögen des Wirtgesteins bzw. des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches haben können. Beurteilt werden ferner unabhängige Evidenzen des Langzeiteinschlusses (z.B. alte Porenwässer, natürliche Tracerstoffe und ihre Verteilung).

4.1 Felsmechanische Eigenschaften und Bedingungen

Zu beurteilende Aspekte: Beurteilt werden die felsmechanischen Eigenschaften und Bedingungen für Bau, Betrieb, Überwachung und Verschluss des geologischen Tiefenlagers (u.a. Gesteins- und Gebirgsfestigkeiten, Verformungseigenschaften der Gesteine, Tiefenlage und Gebirgsspannungen, Stabilität der Hohlräume, natürliche Gasführung).

4.2 Untertägige Erschliessung und Wasserhaltung

Zu beurteilende Aspekte: Beurteilt werden die Bedingungen für die Erschliessung der Lagerkavernen und -stollen, insbesondere die bautechnischen und hydrogeologischen Verhältnisse für Erstellung, Betrieb und Unterhalt der Zugangsbauwerke zu den Lagerkavernen und -stollen, inkl. natürlicher Gasführung.

Anhang 3: Verwendung von Mindest- und verschärften Anforderungen der Nagra in Etappe 1 SGT

Tabelle 1: Liste der in der Einengungsprozedur von der Nagra verwendeten Indikatoren in Etappe 1 SGT (NTB 08-03, Tabelle 2.4.-2).

Die Nagra hat in Tabelle 2.4-2, NTB 08-03 die in der Einengungsprozedur von Etappe 1 SGT verwendeten Indikatoren aufgelistet. Die Reihenfolge der Indikatoren folgt der Liste der Kriterien gemäss SGT (vgl. Kriterien-Nummern in erster Spalte). Jeder Indikator wird nur einmal aufgeführt, auch wenn er in der Einengungsprozedur mehrmals (für verschiedene Kriterien) verwendet wird. In NTB 08-03, Tab. 2.5-3 werden die bei jedem Schritt verwendeten Indikatoren aufgelistet. **Fett markierte Indikatoren** repräsentieren Merkmale, welche für die Langzeitsicherheit eines geologischen Tiefenlagers unabdingbar sind; an diese werden deshalb Mindestanforderungen (MA) gestellt.

Kursiv markierte Indikatoren repräsentieren Merkmale, die einen sehr ausgeprägten Einfluss auf die Sicherheit haben; an diese werden unter Berücksichtigung potenziell vorhandener grösserer Ungewissheiten verschärfte Anforderungen (VA) gestellt.

Indikatoren in Normalschrift repräsentieren Merkmale, die zwar für die Langzeitsicherheit nicht unabdingbar, aber für die Charakterisierung und Bewertung der Varianten wichtig sind und deshalb über die Bewertung (Bewertungsskalen, BS) in die Einengung einfließen. Mit wenigen Ausnahmen werden alle Indikatoren in die Bewertung einbezogen. (x): Anwendung nur für HAA-Lager.

SGT-Kriterien	Verwendete Indikatoren	MA	VA	BS
1.1 Räumliche Ausdehnung	Tiefenlage unter Terrain im Hinblick auf bautechnische Machbarkeit	X	X	X
	Tiefenlage unter Terrain im Hinblick auf Gesteinsdekompaktion	X	X	X
	Tiefenlage unter Terrain im Hinblick auf flächenhafte Erosion	X		X
	Tiefenlage unter Oberfläche Fels im Hinblick auf glaziale Tiefenerosion	X	X	X
	Mächtigkeit	X	X	X
	Abstand zu regionalen Störungszonen	X		
	Laterale Ausdehnung	X		X
	Platzangebot untertags		X	X
1.2 Hydraulische Barrierenwirkung	Hydraulische Durchlässigkeit	X	X	X
	Grundwasserstockwerke			X
1.3 Geochemische Bedingungen	Mineralogie			X
	pH			X
	Redox-Bedingungen	X		X
	Salinität			X
	Mikrobielle Prozesse			X
	Kolloide			X
1.4 Freisetzungspfade	Art der Transportpfade und Ausbildung des Porenraums			X
	Homogenität des Gesteinsaufbaus		(X)	X
	Länge der Freisetzungspfade			X
	Transmissivität präferenzierter Freisetzungspfade	X		X
	Tongehalt	X		
	Selbstabdichtungsvermögen			X

Tabelle 1 (Fortsetzung)

SGT-Kriterien	Verwendete Indikatoren	MA	VA	BS
2.1 Beständigkeit der Standort- und Gesteins-eigenschaften	Modellvorstellungen zur Geodynamik und Neotektonik	X		X
	Seismizität			X
	Modellvorstellungen zu geochemischen Vorgängen (nur für Beschreibung verwendet)			X
	Seltene geologische Ereignisse (Vulkanismus)	X		X
	Potenzial zur Bildung neuer Wasserwegsamkeiten (Verkarstung)	X		X
2.2 Erosion	Grossräumige Erosion im Betrachtungszeitraum	X		X
2.3 Lagerbedingte Einflüsse	Auflockerungszone im Nahbereich der Untertagebauten			X
	Chemische Wechselwirkungen			X
	Verhalten des Wirtgesteins bzgl. Gas			X
	Verhalten des Wirtgesteins bezgl. Temperatur			(X)
2.4 Nutzungskonflikte	Rohstoffvorkommen innerhalb des Wirtgesteins	X		X
	Rohstoffvorkommen unterhalb des Wirtgesteins	X		X
	Rohstoffvorkommen oberhalb des Wirtgesteins			X
	Mineralquellen und Thermen	X		X
	Geothermie			X
3.1 Charakterisierbarkeit der Gesteine	<i>Diffus gestörte Zonen</i>		X	
	<i>Variabilität der Gesteinseigenschaften im Hinblick auf ihre Charakterisierbarkeit</i>		X	X
	Erfahrungen			X
3.2 Explorierbarkeit der räumlichen Verhältnisse	Regionales Störungsmuster und Lagerungsverhältnisse	X		X
	Kontinuität der interessierenden Schichten			X
	Explorationsverhältnisse im geologischen Untergrund			X
	Explorationsbedingungen an der Oberfläche	X		X
3.3 Prognostizierbarkeit der Langzeitveränderungen	<i>Tektonisches Regime (konzeptionell zu meidende Zonen)</i>		X	
	Unabhängige Evidenzen der Langzeitisolation			X
4.1 Felsmechanische Eigenschaften und Bedingungen	Gesteinsfestigkeiten und Verformungseigenschaften	X		X
4.2 Untertägige Erschliessung und Wasserhaltung	Geotechnische und hydrogeologische Verhältnisse in überlagernden Gesteinsformationen			X
	Natürliche Gasführung (im Wirtgestein)	X		X

Die (quantitativen) Vorgaben zur Anwendung der Indikatoren für die Evaluation der geologisch-tektonischen Grossräume, der Wirtgesteine, bzw. einschliesswirksamen Gebirgsbereiche und der Konfigurationen für das SMA- bzw. HAA-Lager sind in NTB 08-03, Tabelle 2.5-2 aufgelistet.

Die Beschreibung der Reihenfolge, in welcher die Indikatoren in der Einengungsprozedur in SGT Etappe 1 verwendet wurden, sind in NTB 08-03, Tabelle 2.5-3 zusammengefasst.

Die Nagra hat in ihren sicherheitstechnischen Unterlagen für Etappe 2 SGT aufzuzeigen, dass in den vorgeschlagenen, weiter zu betrachtenden Standortgebieten bzw. untertägigen Lagerperimetern die Mindest- und verschärften Anforderungen aus Etappe 1 SGT immer noch erfüllt werden.

ENSI 33/154

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