



**BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG**

Fachliche Einordnung zur
„Stellungnahme der BGR zur Methodenentwicklung für die
repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen der
BGE“ vom 01.07.2022

Stand 19.01.2023

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Abkürzungsverzeichnis	4
1 Einleitung	5
2 Wesentliche Anmerkungen der BGR und fachliche Einordnung	5
2.1 Anmerkungen zu „Fragen an die BGE“	6
2.2 Anmerkungen zur „Nachvollziehbarkeit und Transparenz“	8
2.2.1 Anmerkungen zu „Prüfschritte zur Einteilung (von Teilen) der Teilgebiete in Bewertungskategorien“	8
2.2.1.1 Anmerkungen zu „Prüfschritt 2 (Prüfschritt der qualitativen Bewertung des sicheren Einschlusses)“	8
2.2.1.2 Anmerkungen zu „Prüfschritt 3 (Prüfschritt der quantitativen Bewertung des sicheren Einschlusses)“	13
2.2.1.3 Anmerkungen zu „Prüfschritt 4 (Sicherheitsgerichteter Diskurs)“	13
2.2.2 Anmerkungen zu „Umfassende Bewertung (gem. § 10 EndISiUntV) basierend auf unterschiedlichen Bearbeitungstiefen“	14
2.2.3 Anmerkungen zu „Einbettung einzelner Arbeitsschritte in den regulatorischen Rahmen“	15
2.2.4 Anmerkungen zu „Unklare Begriffsdefinitionen“	16
2.3 Anmerkungen zu „Endlagerkonzepte im kristallinen Wirtsgestein“	19
2.3.1 Anmerkungen zu „Endlagerkonzept im kristallinen Wirtsgestein, das wesentlich auf technischen und geotechnischen Barrieren beruht“	19
2.3.2 Anmerkungen zu „Endlagerkonzept im kristallinen Wirtsgestein, in dem der sichere Einschluss der Radionuklide durch einen ewG sowie technische und geotechnische Barrieren erfolgt“	21
2.3.3 Anmerkungen zu „Erhöhung der Mindestteufe für das kristalline Wirtsgestein“	23
2.4 Anmerkungen zu „Paradigmenwechsel: vom „konservativen“ zum „best estimate“ Ansatz“	24
2.5 Anmerkungen zu „Gebiete ohne hinreichende Informationen“	25
2.6 Anmerkungen zu „Umgang mit Ungewissheiten bzw. Wahrscheinlichkeiten“	26
2.6.1 Anmerkungen zu „Ausschlusskriterium Vulkanismus“	26
2.6.2 Anmerkungen zu „Ungewissheiten bei Rechenfällen/-läufen“	27
2.6.3 Anmerkungen zu „Bewertung von Ungewissheiten gem. § 11 EndISiUntV“	28
2.7 Anmerkungen zu „Quantitative Bewertung des sicheren Einschlusses“	29
2.7.1 Anmerkungen zu „Integrität des ewG“	29
2.7.2 Anmerkungen zu „Berücksichtigung von Anisotropie“	34
2.7.3 Anmerkungen zu „Ermittlung des Diffusionskoeffizienten“	35
2.7.4 Anmerkungen zu „Berücksichtigung des advektiven Transports“	35
2.8 Anmerkungen zur „Geosynthese gem. § 5 EndISiUntV“	37

2.8.1	Anmerkungen zu „Kenngrößen“	37
2.8.2	Anmerkungen zu „Kriterium zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper“	40
2.8.3	Kriterium zur Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit	42
2.8.4	Anmerkungen zu „Eingangsparameter der geologischen Modelle“	44
2.9	Anmerkungen zu „Begriffsbestimmung Steinsalz“	44
2.10	Anmerkungen zu „Bewertung des sicheren Einschlusses mittels geowissenschaftlicher Abwägungskriterien“	46
	Literaturverzeichnis	48
	Anzahl der Blätter dieses Dokumentes	50

Abkürzungsverzeichnis

BGE	Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BT-Drs	Bundestag-Drucksache
DQL	„Datenqualität“
EndISiAnfV	Endlagersicherheitsanforderungsverordnung
EndISiUntV	Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung
ewG	einschlusswirksamer Gebirgsbereich
GzME	Gebiet(e) zur Methodenentwicklung
m u. GOK	Meter unter Geländeoberkante
NAGRA	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle
rvSU	repräsentative vorläufige Sicherheitsuntersuchung/en
SGD	Staatliche Geologische Dienste
StandAG	Standortauswahlgesetz
TUR	Teiluntersuchungsraum/-räume
UR	Untersuchungsraum/-räume

1 Einleitung

Am 28.03.2022 hat die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (im Weiteren BGE) einen Methodenvorschlag zu den repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (rvSU) in Form eines Arbeitsstandes vorgestellt (BGE 2022a, 2022b) und bis Ende Mai 2022 zur Diskussion gestellt. Gegenstand der Veröffentlichung war das Konzept zur Durchführung der rvSU, welches den Arbeitsstand der Methode zur Durchführung der rvSU darstellt und zu welchem die BGE um fachlichen Input aufrief. Zudem wurden in Form der mitveröffentlichten Anlage „Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung Beispiele aus den Gebieten zur Methodenentwicklung (GzME) dargestellt, die die Methode praxisnah illustrieren. Eine detaillierte Darstellung von Arbeitsständen der einzelnen GzME war ausdrücklich nicht das Ziel dieses Methodenvorschlags.

Am 04.07.2022 wurden der BGE durch die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (im Weiteren BGR) Fragen und Anmerkungen zum Methodenvorschlag vorgelegt. Für die Übersendung der Fragen und Anmerkungen bedankt sich die BGE ausdrücklich. Die Anlage zum Schreiben der BGR trägt den Titel „Stellungnahme der BGR zur Methodenentwicklung für die repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen der BGE“ und ist auf der [Homepage](#) der BGE verlinkt.

In dieser fachlichen Einordnung beantwortet die BGE in Kapitel 2 die wesentlichen Punkte aus der Stellungnahme.

Die BGR gibt in ihrer Stellungnahme zum Konzept und zur Anlage mehrheitlich Empfehlungen zur Durchführung der rvSU. Darüber hinaus werden am Ende der Stellungnahme konkrete Fragen aufgeführt, die auch übergeordneter Natur sind. Diese wurden an den Anfang des vorliegenden Dokuments gezogen. Die Stellungnahme beleuchtet Themen wie u. a. „Endlagerkonzepte im kristallinen Wirtsgestein“, „Quantitative Bewertung des sicheren Einschlusses“ und die „Geosynthese gem. § 5 EndlSiUntV“. Wichtige Anmerkungen betreffen das Endlagerkonzept im kristallinen Wirtsgestein, sowie die Verwendung des „Best estimate“-Ansatzes und die Prüfung der Integrität. Die BGR äußert in der Einleitung ihrer Stellungnahme, dass der von der BGE veröffentlichte Arbeitsstand zur Methodik für die rvSU eine gute Grundlage bildet (BGR 2022).

2 Wesentliche Anmerkungen der BGR und fachliche Einordnung

Im folgenden Kapitel werden einige Kritikpunkte der Stellungnahme der BGR aufgegriffen und diskutiert. Dabei besteht kein Anspruch auf Vollständigkeit. Nachvollziehbare fachliche Hinweise werden im weiteren Verlauf des Standortauswahlverfahrens berücksichtigt, aber nicht in jedem Fall explizit kommentiert. Jedem Unterkapitel vorangestellt werden die Anmerkungen der BGR in blauer Schriftfarbe wiedergegeben; Kernaussagen werden zitiert und kursiv dargestellt. Die Einordnung und Begründung durch die BGE folgt dann in schwarzer Schrift.

2.1 Anmerkungen zu „Fragen an die BGE“

Frage aus der Stellungnahme BGR

„Wann ist mit dem Abschluss der Methodenentwicklung – ohne Modifikationen, die sich aus der tatsächlichen Anwendung der Methodik ergeben – zu rechnen? Dies gilt insbesondere mit Blick auf die noch nicht vollständig dargestellten Prüfschritte 3 und 4 (vgl. Ziffer 1.1 dieser Stellungnahme) sowie die Bewertung von Ungewissheiten (§ 11) und Ableitung des FuE-Bedarfs (§ 12).“ (BGR 2022, S. 32)

Fachliche Einordnung: Die BGE kann die Fragestellung nachvollziehen.

Antwort: Das übergeordnete Vorgehen für die Durchführung der rvSU wurde in der Veröffentlichung im März 2022 aufgezeigt. Die BGE wird Ende 2023 die übergeordneten Methoden zur Ermittlung von Standortregionen veröffentlichen. Anpassungen als Ergebnis der laufenden Arbeiten erfolgen dabei kontinuierlich.

Frage aus der Stellungnahme BGR

„Inwiefern findet eine Qualitätskontrolle bzw. Plausibilitätsprüfung der im Rahmen der rvSU verarbeiteten Daten (z. B. Bohrungsdaten statt)?“ (BGR 2022, S. 32)

Fachliche Einordnung: Alle bei der BGE eingehenden Datensätze sind auf Plausibilität geprüft.

Antwort: Alle bei der BGE eingehenden Datensätze werden einer 4-Augen-Plausibilitätsprüfung unterzogen. Dabei wird die technische Lesbarkeit, die Vollständigkeit und Plausibilität der Lage der übermittelten Daten geprüft. Eine Qualitätseinschätzung der Daten kann von der BGE nur eingeschränkt vorgenommen werden, da oft Hintergrundinformationen zu den Daten fehlen. Während der Bearbeitung und Auswertung finden weitere fachliche Qualitätskontrollen der genutzten Daten statt, z. B. lassen sich Aussagen zur korrekten Schichtansprache oftmals erst im Zuge der 3D-Modellierung treffen, wenn Schichtgrenzen korreliert werden.

Einige Landesbehörden führen eine initiale Qualitätseinschätzung zu Schichtenverzeichnissen durch und stellen diese bei der Datenübermittlung digital der BGE für die Bearbeitung zur Verfügung. Diese initiale Qualitätseinschätzung durch die zuständigen Staatlichen Geologischen Dienste (SGD) ist für die BGE von sehr großem Wert und findet bei der Bearbeitung Berücksichtigung. In Fällen, in denen Originaldaten von der BGE aufbereitet werden müssen (z. B. bohrlochgeophysikalische Messungen), werden die Daten vor der Digitalisierung auf Qualität und Verwendbarkeit geprüft und Bohrungen priorisiert und ausgewählt.

Daten mit geringerer Aussagekraft werden ebenfalls analysiert und auf ihre Plausibilität geprüft. Sie fließen, wenn auch in geringerem Maße, in gewisser Weise in die Interpretationen und Bewertungen ein. Bei der Bearbeitung der (Teil-)Untersuchungsräume werden Daten von der BGE sorgfältig bearbeitet und interpretiert. Grundsätzlich ist selten nur ein Datensatz (beispielsweise eine Bohrung) die einzige Grundlage für die Interpretation und Bewertung eines Teiluntersuchungsraums. Sollte dies jedoch der Fall sein, so hätte dies eine besonders intensive Validierung zur Konsequenz.

Frage aus der Stellungnahme BGR

„Wie wird die Datenlage (auch aufbereitet, reprozessiert und re-interpretiert), auf der die Kategorisierung erfolgt, zugänglich gemacht? Denkbar wäre hier ein Data Supplement zu den einzelnen rvSU. Eine konkrete Verwendung dieses Data Supplement wäre etwa der Versuch den Verlauf der p10-Kurve in Abbildung 202 (Anlage, Blatt 545) zu verstehen, der verglichen mit den weiteren Kurven der Abbildung nicht nachvollziehbar erscheint.“ (BGR 2022, S. 32)

Fachliche Einordnung: Die BGE arbeitet sukzessive an einer Verbesserung der Datenbereitstellung und nimmt daher derartige Hinweise gerne entgegen.

Antwort: Um die Arbeitsschritte, die zur Ermittlung von Standortregionen für die übertägige Erkundung geführt haben, verständlich und nachvollziehbar einer breiten (Fach-) Öffentlichkeit zugänglich zu machen, ist die Entwicklung einer Webanwendung zur Nachvollziehbarkeit der Bearbeitungsschritte und Entscheidungen der BGE geplant. Dafür wurde das Projekt „Entscheidungsvisualisierung“ im Juni 2022 gestartet. Ziel des Projektes ist die Schaffung eines kartenbasierten, multimedialen, leicht verständlichen Zugangs zu den Arbeitsschritten, Ergebnissen und Datengrundlagen im Schritt 2 der Phase I des Standortauswahlverfahrens.

Frage aus der Stellungnahme BGR

„Inwiefern ermöglicht der vorgelegte Arbeitsstand zur Methodik der rvSU Verfahrensrücksprünge? Diese Frage gewinnt ihre Relevanz u. a. aus den vorgesehenen unterschiedlichen Detailgraden der rvSU: inwiefern sieht die Methodik Haltepunkte und sich daraus ggf. ergebende Iterationsschleifen vor, die es erlauben möglicherweise (z. B. auf Grund von Analogieschlüssen) irrtümlich in Kategorie D oder C eingeordnete Gebiete erneut zu betrachten (vgl. Ziffer 3 dieser Stellungnahme)?“ (BGR 2022, S. 32)

Fachliche Einordnung: Die BGE kann die Frage der BGR nachvollziehen.

Antwort: Es existieren verschiedene Formen der Qualitätssicherung, die konsequent in der Bearbeitung umgesetzt werden. Die Bearbeitung erfolgt nachvollziehbar und mit Blick auf die am besten geeigneten Bereiche (Kategorie A) umfassend dokumentiert. Rücksprünge in der Bearbeitung der rvSU sind grundsätzlich möglich. Davon abzugrenzen ist der Begriff der Verfahrensrücksprünge. Das StandAG bestimmt das Verfahren zur Standortauswahl in § 1 Abs. 5 als reversibel. Reversibilität wird in § 2 Nummer 5 StandAG als „die Möglichkeit der Umsteuerung im laufenden Verfahren zur Ermöglichung von Fehlerkorrekturen“ definiert. Weitere Ausführungen zum Umgang und zur Umsetzung der hier angesprochenen möglichen Verfahrensrücksprünge sind im StandAG nicht aufgeführt. Die BGE hat mit Blick auf mögliche Verfahrensrücksprünge Maßnahmen in Form einer vorgangsbasierten Verfahrensdokumentation entwickelt um sich hierauf vorbereiten zu können.

2.2 Anmerkungen zur „Nachvollziehbarkeit und Transparenz“

2.2.1 Anmerkungen zu „Prüfschritte zur Einteilung (von Teilen) der Teilgebiete in Bewertungskategorien“

2.2.1.1 Anmerkungen zu „Prüfschritt 2 (Prüfschritt der qualitativen Bewertung des sicheren Einschlusses)“

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Besteht ein Gebiet den Prüfschritt 1 und erhält in Prüfschritt 2 keine „überwiegend gute Bewertung“, wird es direkt in Kategorie C eingestuft (Konzept, Blatt 19) und wird mit Ausnahme der „umfassenden Bewertung“ gem. § 10 EndlSiUntV nicht weiterbearbeitet (Konzept, Abb. 2). Es wird ausgeführt, dass für diesen Prüfschritt die Indikatoren der Anlagen 1 bis 4 des StandAG herangezogen werden (Anlage, Blatt 423ff & 430ff). Die Nachvollziehbarkeit der Argumentation wird dadurch eingeschränkt, dass von einer „überwiegend guten“ Bewertung gesprochen wird, die Indikatoren des StandAG jedoch mit „günstig“, „bedingt günstig“ und „ungünstig“ skaliert werden. Hier wird ein konsistenter Sprachgebrauch angeregt.“ (BGR 2022, S. 5)

Fachliche Einordnung: Die BGE möchte dem Vorschlag der BGR wie unten begründet nicht folgen.

Begründung: Die BGE hat bewusst vermieden, für die zusammenfassende Bewertung dieselbe Terminologie zu verwenden wie für die Bewertung der einzelnen Indikatoren. Dies geschah, um nicht den Eindruck zu erwecken, dass die zusammenfassende Bewertung quasi ein arithmetisches Mittel der Einzelbewertungen ist. Wenn beispielsweise ein Kriterium aus einem als „günstig“ bewerteten Indikator und zweien als „bedingt günstig“ bewerteten Indikatoren bestünde, kann die umfassende Bewertung unter Umständen trotzdem als „überwiegend gut“ eingestuft werden. Hier den Begriff „überwiegend günstig“ zu verwenden, könnte Verwirrung stiften.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Es wird unter Verweis auf die Begründung des StandAG ausgeführt, dass für das Nichtbestehen des Prüfschritts nicht ein einzelnes Kriterium ausschlaggebend sein sollte. Gleichzeitig wird darauf hingewiesen, dass davon „fachlich begründet abgewichen werden kann“. Hier wird eine fachliche Begründung anhand eines Beispiels für eine solche Abweichung angeraten (Anlage, Blatt 430).“ (BGR 2022, S. 6)

Fachliche Einordnung: Der Wunsch nach einem Beispiel ist nachvollziehbar. Auf ein solches wird erst an späterer Stelle im Dokument verwiesen (BGE 2022b, S. 431).

Begründung: Das Prüfkriterium zur qualitativen Bewertung des sicheren Einschlusses ist nach der dargestellten Option nicht erfüllt, sofern eine definierte Anzahl ungünstiger, weniger günstiger und/oder bedingt günstiger Bewertungen aus mindestens zwei Anlagen (Anlagen 1 – 4 zu § 24 StandAG) vorliegt oder „sich verbalargumentativ eine sehr geringe Eignung durch die Betrachtung zusätzlicher

Aspekte nachweisen lässt“ (BGE 2022b, S. 431). In dem Zusammenhang verweist die BGE auf Beispiel 75 (BGE 2022b, S. 438): Im TUR 01_07UR im Opalinuston liegt die obere Begrenzung der Opalinuston-Formation in einer Tiefe von mehr als 1.400 m u. GOK. Jedoch überwiegen nach Einschätzung der BGE in einem Tiefenbereich unterhalb von 1.000 m die Nachteile der bergbaulichen Machbarkeit gegenüber dem Gewinn an Langzeitsicherheit. Daher werden diese tiefliegenden Bereiche des Opalinustons in Kategorie C eingestuft, obwohl nur ein Indikator der Anlagen 1 – 4 eine weniger günstige Bewertung aufweist (Indikator „Barrierenmächtigkeit“, Anlage 2 zu § 24 StandAG).

Die genaue Definition des Prüfkriteriums zur qualitativen Bewertung des sicheren Einschlusses wird anhand zusätzlicher Gebiete weiter getestet und ggf. angepasst. Dies kann zu Änderungen in der Methodik führen.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Es wird erläutert, dass „eine Gewichtung der Kriterien, bewertungsrelevanten Eigenschaften und Indikatoren [der Anlagen 1 bis 4 nach StandAG]“ zunächst nicht erfolgt, da „eine detaillierte Berücksichtigung der Relevanz der einzelnen Indikatoren [...] nicht dem Ziel einer einfachen und leicht nachvollziehbaren Bewertung folgen [würde], da dies detaillierte Untersuchungen voraussetzen würde“ (Anlage, Blatt 431). Die Möglichkeit, zu „einer einfachen und leicht nachvollziehbaren Bewertung“ zu gelangen, wird eingeschränkt, da „jedoch [...] generelle Wichtungsaspekte im Einzelfall verbalargumentativ bei der Gesamtbewertung hinzugezogen werden [können] und damit [...] in Einzelfällen verbalargumentativ begründet von einer schematischen Bewertung abgewichen werden [kann]“ (Anlage, Blatt 431). Es wird angeregt, die hier angesprochenen Ausführungen dahingehend zu prüfen, ob tatsächlich der Verzicht auf Kriteriengewichtung, bewertungsrelevante Eigenschaften und Indikatoren nachvollziehbar begründet ist.“ (BGR 2022, S. 6)

Fachliche Einordnung: Die Anregung wird angenommen.

Begründung: Die BGE wird die Anregung der BGR zur Kriteriengewichtung im weiteren Vorgehen berücksichtigen. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund, dass ein erster Arbeitsstand zur generellen Bedeutung der Indikatoren für die Sicherheitsfunktionen bei der Relevanz der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien zwischenzeitlich vorliegt, relevant. Die Berücksichtigung dieser Ergebnisse im Prüfschritt zur qualitativen Bewertung des sicheren Einschlusses (auf den sich die BGR hier bezieht) wird aktuell geprüft.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Es werden die drei Optionen vorgestellt, die zum Nichtbestehen des zweiten Prüfschrittes führen (Anlage, Blatt 431). Eine Begründung, warum diese Optionen sinnvoll und womöglich sinnvoller als andere Optionen sind, wäre hilfreich.“ (BGR 2022, S. 6)

Fachliche Einordnung: Der Einwand der BGR ist nachvollziehbar und wird in der weiteren Erprobung der Methodik berücksichtigt.

Begründung: Die von der BGE aufgeführten Optionen wurden aus der Bearbeitung der GzME abgeleitet, für die die Optionen zu einer geowissenschaftlich sinnvollen Bewertung und Differenzierung von Gebieten innerhalb eines Untersuchungsraumes (UR) führten. Allerdings gilt, wie in der Methodenbeschreibung angeführt, dass die Anwendung dieser Optionen als vorläufig angesehen werden muss, da sie bisher einzig im Rahmen der Testung in den GzME ihre praktische Anwendbarkeit bewiesen hat. Sollten durch die Bearbeitung und Bewertung der weiteren Gebiete in Schritt 2 der Phase I neue Erkenntnisse vorliegen, die diese Einschätzung in Frage stellen, so wird die Definition des Prüfschritts angepasst und auf alle Gebiete erneut angewendet“ (BGE 2022b, S. 431).

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„In diesem Prüfschritt können „weitere Aspekte, die auf eine geringe Eignung schließen lassen, Berücksichtigung finden“ (Konzept, Blatt 45). Als Beispiel wird eine ungünstige Tiefenlage bzgl. bautechnischer Aspekte eingeführt. Unklar ist, ob ein Kriterienkatalog für das Hinzuziehen der „weiteren Aspekte“ bzw. ein Katalog der „weiteren Aspekte“ selbst vorliegt. Die Nachvollziehbarkeit dieses Prüfschrittes würde dadurch erheblich gestärkt.“ (BGR 2022, S. 6)

Fachliche Einordnung: Der implizite Vorschlag, einen Katalog bezüglich der „weiteren“ Aspekte“ zu erstellen, wird von der BGE aufgenommen.

Begründung: Auch seitens der BGE wird es mit Blick auf die Nachvollziehbarkeit als sinnvoll angesehen, die für den zweiten Prüfschritt verwendeten Kriterien summarisch in einer Art Katalog darzustellen.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Es ist unklar, ob diese „weiteren Aspekte“ auf alle Gebiete gleichermaßen, auf alle Gebiete eines bestimmten Wirtsgesteins oder nur auf einzelne Gebiete angewendet werden. Im letzten Fall erscheint eine Begründung schwierig, da der für den Prüfschritt 2 verfolgte Ansatz einer „systematische[n] Bewertung und Überprüfung einheitlicher Kriterien“ (Anlage, Blatt 417) wohl nicht vollständig erfüllt werden würde.“

Der Verzicht, die „weiteren Aspekte“ auf alle Gebiete anzuwenden, würde wohl zu einer Ungleichbehandlung führen. Die Anwendung unterschiedlicher Kriterien würden zu unterschiedlichen Bewertungsmaßstäben führen und es würden ggf. Daten herangezogen, die nur zu einer weniger guten Bewertung führen können. Soweit aus den vorgelegten Unterlagen ersichtlich, wird nicht abgeprüft, ob bei entsprechender Datenlage evtl. weitere Kriterien zu einer besseren bzw. guten Bewertung führen würden. Insofern könnte der Fall eintreten, dass bei einer lediglich selektiven Anwendung der „weiteren Aspekte“ Gebiete aufgrund mangelnder Kenntnisse nachteilig behandelt werden und aus dem Verfahren ausscheiden.“ (BGR 2022, S. 6 f.)

Fachliche Einordnung: Die Aussage der BGR ist nicht vollständig nachvollziehbar.

Begründung: In Anbetracht der Zielsetzung von Schritt 2 der Phase 1, die als Standortregionen in Frage kommenden Gebiete gegenüber der Anzahl und Größe der Teilgebiete stark zu reduzieren, ist es sinnvoll, einen Aspekt, der zur Einstufung eines Gebiets in die Kategorie C geführt hat, auch auf alle anderen Gebiete anzuwenden. Daher können diese Aspekte in einer Art Katalog formuliert werden (siehe vorheriger Kommentar). Jedoch könnte es durchaus sinnvoll sein diese Aspekte für die unterschiedlichen Wirtsgesteine auszudifferenzieren, sofern sie unterschiedlich starke Auswirkungen auf die Bewertung der jeweiligen Endlagersysteme haben.

Die Vorgehensweise bei der Einordnung in Kategorie C, das heißt nicht weiter als Endlagerstandort berücksichtigt, ist dahingehend pragmatisch, dass eine geringe Eignung nicht detailliert oder überall identisch nachgewiesen werden muss (und dies auch geowissenschaftlich nicht möglich ist). Ein solcher Anspruch liegt einzig bei den als besonders gut geeignet vermuteten Gebieten vor. Dies ist ein wichtiger konzeptioneller Kern des vorgestellten Konzepts.

Die Argumentation zur Ungleichbehandlung der Gebiete, sofern die „weiteren Aspekte“ nicht auf alle Gebiete angewendet werden ist für die BGE nicht nachvollziehbar.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Die Nachvollziehbarkeit der Einstufung in Kategorie C bei Nichtbestehen von Prüfschritt 2 wird durch die Anlage weiter eingeschränkt. Dort wird ausgeführt, dass ein Abbruch der Bearbeitung, wie im Konzept erläutert (Konzept, Abb. 2), nicht automatisch erfolgen muss. Stattdessen kann im Zuge einer „verbalargumentativen Gesamtbetrachtung“ trotz des Fehlens einer „überwiegend guten Bewertung“ Prüfschritt 2 als erfüllt angesehen werden (Anlage, Blatt 432). Es wird angeregt ergänzend auszuführen, aufgrund welcher Kriterien bzw. für welche (Teil-)Untersuchungsräume diese Verbalargumentation erfolgen soll.“ (BGR 2022, S. 7)

Fachliche Einordnung: Die Anregung ist berechtigt, jedoch zum jetzigen Zeitpunkt nicht durchführbar.

Begründung: Die BGE möchte sich die Möglichkeit einer kritischen Reflektion der Bewertungen bewusst offenhalten. So kann verbalargumentativ anhand weiterer Erkenntnisse, die in den repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (rvSU) gewonnen wurden, gegengesteuert werden. Es erfolgt dabei entsprechend eine detaillierte Erläuterung für die Vorgehensweise. Ein Grund für dieses Vorgehen ist, dass es Einzelfälle geben könnte bei denen die schematische Bewertung zunächst zu einer Nichterfüllung des Prüfschritts führen könnte, obwohl das Gebiet eine hohe Eignung verspricht. In diesen Fällen ist es angebracht die Gebiete detaillierter in den rvSU zu analysieren und die Bearbeitung fortzusetzen.

Grundsätzlich ist die BGE der Ansicht, dass eine verbalargumentative Gesamtbetrachtung bei der Abwägung einzelner Kriterien angebracht ist. Dies gilt auch für den Prüfschritt zur qualitativen Bewertung des sicheren Einschlusses.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„In den vorgelegten Unterlagen zur Bedeutung der Anwendung der Anlagen 1 bis 4 StandAG für den Prüfschritt 2 (Anlage, Blatt 423f) sind zwei Annahmen enthalten, die nicht unmittelbar nachvollziehbar erscheinen. Es wird ausgeführt, dass „aus den Erfahrungen bei der Anwendung der Anlagen 1 bis 4 (zu § 24 Abs. 3) StandAG in Schritt 1 der Phase I [...] zu erwarten [ist], dass hier voraussichtlich eine genügend hohe Anzahl von Gebieten überwiegend günstig bewertet werden kann (BGE 2020g)“ (Anlage, Blatt 423). Die Formulierung „eine genügend hohe Anzahl von Gebieten überwiegend günstig bewertet werden kann“ klingt irreführend, da in Schritt 2 der Phase I eine deutliche Einengung der Teilgebietsfläche erfolgen sollte. Es wird angeregt, die Formulierung „genügend hohe Anzahl von Gebieten“ zu präzisieren.

Es wird an dieser Stelle ausgeführt: „Kann ein potenzieller Endlagerstandort diese Sicherheitsreserven und Perspektiven zur Aussagesicherheit nicht in überwiegend günstigem Maß vorweisen, ist davon auszugehen, dass dies nicht durch bessere Performanz in nachgeordneten Kriterien aufgewogen werden kann“ (Anlage, Blatt 423). Die Aussage bezieht sich auch auf die „Erfahrungen [...] in Schritt 1 der Phase I“; weitere Erläuterungen dazu werden als erforderlich angesehen.“ (BGR 2022, S. 7)

Fachliche Einordnung: Der Ausdruck „genügend hohe Anzahl“ ist in der Tat ungenau und wird im Folgenden erklärt. Auch die zweite von der BGR angesprochene Annahme wird erläutert.

Begründung: Die BGE geht davon aus, dass die Bewertung der Anlagen 1 – 4 in Prüfschritt 2 der rvSU zu einer signifikante, jedoch nicht zur vollständigen Eingrenzung der Teilgebiete zu Standortregionen führt. Zur Ermittlung günstiger Standortregionen aus den Teilgebieten sind im Anschluss zusätzliche Prüf- und Arbeitsschritte notwendig, die auf eine „genügend hohe Anzahl“ von Gebieten angewendet werden können (welche den Prüfschritt bestanden haben). Der Begriff bezieht sich damit auf die gegenteilige Befürchtung, dass durch die Anwendung des Prüfschritts 2 ein zu großer Anteil der Gebiete in Kategorie C eingestuft werden könnte und damit keine oder wenige detaillierte Analysen stattfinden.

Die frühzeitige Einstufung in Kategorie C ist dadurch gerechtfertigt, dass es unwahrscheinlich ist, dass diese Gebiete in den folgenden Prüfschritten besser abschneiden als solche, die den Prüfschritt bestanden haben. Diese Annahme ist in der Bedeutsamkeit der Anlagen 1 – 4 in den rvSU begründet, die auch von der BGE (2022b, S. 423) erläutert wird. Speziell diese Anlagen erlauben eine räumliche Differenzierung in einem Untersuchungsraum, wohingegen eine räumlich differenzierte Bewertung in den Anlagen 5 bis 10 nur in Teilen gegeben ist. Diese Einschätzung basiert auf den Erfahrungen bei den Bewertungen der Anlagen 5 – 10 in Schritt 1 der Phase I, welche auf Basis von Referenzdatensätzen zu den jeweiligen Wirtsgesteinen durchgeführt wurde.

2.2.1.2 Anmerkungen zu „Prüfschritt 3 (Prüfschritt der quantitativen Bewertung des sicheren Einschlusses)“

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„An Prüfschritt 2 schließen sich Arbeiten zur Durchführung von Prüfschritt 3 an. Für diesen wird eine Kennzahl ermittelt, die Aussagen hinsichtlich des Massen- und Stoffmengenkriteriums (§ 4 Abs. 5 EndISiAnfV) zulässt. Für den Fall, dass die so ermittelte Kennzahl nicht mit „überwiegend gut bewertet“ wird (Konzept, Blatt 20), erfolgt eine Einstufung in Kategorie C. Das Konzept verweist mit Blick auf Details zu diesem Prüfschritt auf Kapitel 8.5 der Anlage (Konzept, Blatt 45). Erläuterungen, wie eine „überwiegend gute Bewertung“ erreicht werden kann, werden dort nicht gegeben. Dadurch kann nicht abschließend beurteilt werden, wie zielführend dieser dritte Prüfschritt ist (vgl. Ziffer 6 dieser Stellungnahme).“ (BGR 2022, S. 8)

Fachliche Einordnung: Die BGE kann die geäußerte Kritik teilweise nachvollziehen.

Begründung: Die Methode zu Prüfschritt 3 „Quantitative Bewertung des sicheren Einschlusses“ wird gegenwärtig in der Durchführung angewendet, was noch eine gewisse Feinabstimmung beinhaltet. Die gesetzlich vorgegebenen Massen- und Stoffmengenkriterien erlauben eine quantifizierte Aussage zur grundsätzlichen Eignung eines Gebietes, also ob ein sicherer Einschluss in dem betrachteten Gebiet grundsätzlich möglich ist. Die daraus abgeleitete Kennzahl kann somit einerseits als Eingrenzungskriterium gewertet werden. Darüber hinaus werden Kennzahlen erarbeitet, die es erlauben die Eignung eines Gebietes differenziert einzustufen. Diese Kennzahlen berücksichtigen beispielsweise realistische Bandbreiten der zu erwartenden Gegebenheiten und stellen somit auch ein Maß für quantifizierbare Ungewissheiten dar. Die Einstufung „überwiegend gute Bewertung“ ist somit eine abwägende Betrachtung einer Vielzahl durchgeführter Rechenläufe.

2.2.1.3 Anmerkungen zu „Prüfschritt 4 (Sicherheitsgerichteter Diskurs)“

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Die Gebiete, die in den Prüfschritten 1 bis 3 nicht in die Kategorien D bzw. C eingeordnet werden, durchlaufen abschließend im Rahmen der umfassenden Bewertung gem. § 10 EndISiUntV den Prüfschritt 4, den „sicherheitsgerichteten Diskurs“. Dieser Prüfschritt ist bisher nicht ausgearbeitet. Er soll aus einer verbalargumentativen Betrachtung, ergänzt um die Berücksichtigung „entsprechender Kennzahlen“, erfolgen (Konzept, Blatt 53). Die detaillierte Ausarbeitung dieses vierten und entscheidenden Prüfschrittes ist eine wichtige Grundlage für die Nachvollziehbarkeit der vorgelegten Methodik zur Durchführung der rvSU. Eine entsprechende Nachführung wird dringend angeregt, insbesondere unter dem Gesichtspunkt, dass in Schritt 2 der Phase I keine eigenen Daten erhoben werden. Somit ist nicht klar, ob für die Anwendung von Prüfschritt 4 ausreichend ortsspezifische Daten vorliegen, sodass eine deutliche räumliche Differenzierung und eine damit einhergehende Einnengung der Fläche der Teilgebiete auf „eine Anzahl von Standortregionen mit einer für die übertägige Erkundung handhabbaren Fläche“ (Konzept, Blatt 9) in den GzME und den weiteren Teilgebieten begründet nachvollziehbar erfolgen kann (vgl. Ziffer 7.2 dieser Stellungnahme).“ (BGR 2022, S. 8)

Fachliche Einordnung: Die BGE erarbeitet aktuell die Methode zum Prüfschritt 4 und testet diese an den GzME aber auch an weiteren Teilgebieten.

Begründung: Die veröffentlichten Dokumente zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen sind ein Arbeitsstand (BGE 2022a, 2022b). Der Prüfschritt 4 war zu diesem Zeitpunkt wie von der BGR angemerkt, noch nicht detailliert ausgearbeitet.

Die BGE stimmt mit der BGR überein, dass eine detaillierte Ausarbeitung eine wichtige Grundlage für die Nachvollziehbarkeit der Methode ist. Aus diesem Grund wird aktuell der Prüfschritt 4 erarbeitet und in den GzME aber auch weiteren Teilgebieten getestet. Damit sollen unter anderem die aufgeworfenen Fragen zur Datenlage und räumlichen Eingrenzung geklärt werden. Ein im Wesentlichen abschließender Arbeitsstand wird voraussichtlich bis Ende 2023 vorgestellt werden.

2.2.2 Anmerkungen zu „Umfassende Bewertung (gem. § 10 EndlSiUntV) basierend auf unterschiedlichen Bearbeitungstiefen“

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Der Detailgrad der einzelnen Arbeitsschritte der rvSU kann sich sowohl zwischen Untersuchungsräumen als auch innerhalb von Untersuchungsräumen erheblich unterscheiden. Die unterschiedlichen Bearbeitungstiefen hängen von der Kategorisierung der (Teil-)Untersuchungsräume in den bis zu vier Prüfschritten ab (vgl. Ziffer 1.1 dieser Stellungnahme). Gemäß § 3 Abs. 4 i. V. m. § 10 EndlSiUntV ist eine „umfassende Bewertung“ pro Untersuchungsraum durchzuführen. Unklar ist, inwiefern diese aufgrund des unterschiedlichen Detailgrads „umfassend“ (d. h. im Sinne einer aussagekräftigen Betrachtung aller für die rvSU relevanten Aspekte) erfolgen kann. Zur Klarstellung wird ein veranschaulichendes Beispiel angeregt, unbenommen von der Ausführung, dass für den Fall der Ausweisung von Teiluntersuchungsräumen (TUR) „zwar eine separate umfassende Bewertung der Sicherheit je TUR [erfolgt], die Ergebnisse [...] jedoch anschließend für den gesamten UR zusammengeführt [werden]“ und das „Ergebnis der umfassenden Bewertung [...] dabei eine differenzierte Bewertung bezüglich der Sicherheit sein [...] kann“ (Anlage, Blatt 605).

Es wird angeregt klarzustellen, ob durch die umfassende Bewertung ein Ranking von (Teil-)Untersuchungsräumen erfolgt oder ob diese, sofern in Kategorie A eingeordnet, als gleichberechtigt weiterbearbeitet werden (Konzept, Abb. 2).“ (BGR 2022, S. 9)

Fachliche Einordnung: Die BGE versucht die adressierten Punkte klarzustellen.

Begründung: Die Einstufung der Gebiete in die Kategorien A bis D ist ein räumlich differenziertes Ranking von Gebieten innerhalb eines Untersuchungsraumes, welches in der umfassenden Bewertung dargestellt wird. Ein Ranking zwischen den identifizierten Gebieten der Kategorie A eines Untersuchungsraumes ist im Rahmen der jeweiligen rvSU aktuell nicht vorgesehen. Nach Abschluss aller rvSU werden die Ergebnisse zu den Gebieten der Kategorie A genutzt, um günstige Standortregionen für die übertägige Erkundung zu ermitteln.

Eine „umfassende“ Bewertung bedeutet, dass alle Gebiete innerhalb eines Untersuchungsraums bezüglich der Sicherheit gesamtheitlich bewertet werden. Dem Anspruch, dass eine „umfassende“

Bewertung bedeutet, dass diese Gebiete mit demselben Detailgrad anhand aller Aspekte spezifisch bewertet werden schließt sich die BGE nicht an. Die Anpassung des Detailgrades bei der Bearbeitung und Bewertung von 54 % der Fläche Deutschlands ist wichtiger Bestandteil des vorgestellten Konzeptes.

2.2.3 Anmerkungen zu „Einbettung einzelner Arbeitsschritte in den regulatorischen Rahmen“

Die BGR hinterfragt die Einhaltung der regulatorischen Vorgaben hinsichtlich der Bearbeitung von Bereichen, welche im Rahmen der rvSU als nicht geeignet eingestuft werden und dadurch keiner weiteren Bearbeitung/Analyse unterzogen werden. Darüber hinaus regt die BGR an, Stellen an denen eine großzügige Auslegung der regulatorischen Vorgaben erfolgt stärker hervorzuheben.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Die vorgelegte Methodik zur Durchführung der rvSU verfolgt einen ausgesprochen pragmatischen Ansatz, der sich an den regulatorischen Vorgaben (u. a. § 14 StandAG) orientiert und eine möglichst zielführende Bearbeitung des Schritts 2 der Phase I des Standortauswahlverfahrens ermöglichen soll. Aus Gründen der Nachvollziehbarkeit und Transparenz wird angeregt, an allen entsprechenden Stellen klarer herauszuarbeiten, wo dieses pragmatische Vorgehen auf einer großzügigeren Auslegung des regulatorischen Rahmens beruht. So wird dargelegt, dass „die erneute Anwendung der Ausschusskriterien (§ 22 StandAG) und Mindestanforderungen (§ 23 StandAG) [...] für die Ermittlung der Standortregionen nach § 14 StandAG nicht explizit erwähnt [wird]. Dennoch muss für die ermittelten Standortregionen abgeprüft werden, dass in Standortregionen für die überragende Erkundung kein Ausschlusskriterium vorliegt und alle Mindestanforderungen erfüllt sind. Dementsprechend werden Flächen eines Untersuchungsraums, die eine Mindestanforderung nicht erfüllen oder bei denen ein Ausschlusskriterium zutrifft, während der Bearbeitung der rvSU als für die Endlagerung ungeeignet identifiziert“ (Anlage, Blatt 69).

Umgekehrt wird nicht ersichtlich, ob das Vorgehen, mit Blick auf „diejenigen Bereiche eines Untersuchungsraums, bei denen schon bei der Bewertung eines oder weniger Aspekte eine fehlende Eignung als mögliche Standortregion während der Bearbeitung festgestellt wird, [und für den daher] eine vollständige Erfassung und Analyse der übrigen Aspekte der EndlSiUntV [als] nicht erforderlich“ angesehen wird (Anlage, Blatt 59), den regulatorischen Vorgaben sensu stricto entspricht.

Weitere Beispiele zu diesem Aspekt werden in den Ziffern 2.1, 2.2, 5.3 und 6.1 dieser Stellungnahme behandelt.“ (BGR 2022, S. 10)

Fachliche Einordnung: Die BGE schließt sich der Kritik nicht an.

Begründung: Das Standortauswahlverfahren ist ein einengendes Verfahren mit vergleichendem Charakter. Der vergleichende Charakter des Verfahrens ist erforderlich, um die hohe Anzahl und die großen Flächen vorläufig geeigneter Gebiete weiter zu reduzieren und einzugrenzen. Zu diesem Zweck wurden für die Durchführung der rvSU verschiedene Prüfschritte entwickelt, die mit einem fortschreitenden Detailgrad in der Bearbeitung einhergehen. Im Abschluss der rvSU erfolgt eine transparente und nachvollziehbare Zusammenstellung aller bis dahin angewandten Kriterien. Die

gewählte Vorgehensweise ist „pragmatisch“ in dem Sinne, dass sie dazu dient effizient und zielführend geeignete Gebiete zu identifizieren, sie folgt dabei jedoch („sensu stricto“) den regulatorischen Vorgaben. Dies überprüft die BGE im Rahmen ihrer Qualitätssicherung kontinuierlich, bspw. im Rahmen juristischer Gutachten.

2.2.4 Anmerkungen zu „Unklare Begriffsdefinitionen“

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„a) Die Nachvollziehbarkeit der durch die BGE entwickelten Methodik wird durch nicht immer eindeutige Formulierungen eingeschränkt. Dies wird etwa deutlich bei der Bewertung von Anlage 3 StandAG (Kriterium zur Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit) im Zuge des Prüfschritts 2 (Anlage, Kap. 5.7 & 6). So ist unklar, welche Versatzbeträge für eine „intensive Blattverschiebung“ (Anlage, Blatt 386) vorliegen müssen. Eine „diffuse tektonische Überprägung“ (Anlage, Blatt 389) ist als ein durch „ein weit verbreitetes Netz aus Störungen [...], das zur einer engständigen Zerblockung führt“ definiert ist. Dabei ist unklar, wie „weit verbreitet“ und „engständig“ zu verstehen sind.“ (BGR 2022, S. 10)

Fachliche Einordnung: Die BGE kann sich der geäußerten Kritik in dieser Form nicht anschließen.

Begründung: Die Begriffe „intensive“ und „schwache Deformation“ sind fachlich verbalargumentativ ableitbar aus der Art und Skalierung der Deformation im jeweiligen Großraum. Aus der Anmerkung lässt sich der Wunsch herauslesen, dass eine Bewertungssystematik des Indikators gewünscht ist, bei der die qualitative Ableitung der Intensität der tektonischen Überprägung durch eine numerische Kategorisierung der tektonischen Deformation (z. B. der Versatzbeträge) ergänzt wird. Diese Option wurde bei der Methodenentwicklung zur Bewertung des Indikators geprüft aber als nicht zielführend angesehen. Der Grund dafür ist, dass die Definition fester Kenngrößen für Versatzbeträge oder Störungszonenlängen zu einer Scheinobjektivität führt, die zum einen durch geologische Faktoren bedingt ist, aber auch in den Ungewissheiten der strukturgeologischen Bewertungsgrundlagen verankert ist. So ist beispielsweise der Zusammenhang zwischen Versatzbetrag und Störungszonenlänge gut belegt, führt aber durch eine Reihe geologischer Faktoren wie Lithologie, Maturität der Störung bzw. Störungszone, Art der Störungszone und der kinematischen Historie der Störungszone bei jeder Störungszone zu individuellen Abweichungen. Weiterhin sind die realen Störungszonenlängen in geologischen Karten in der Regel nicht immer gut dargestellt, bzw. nicht vollständig bekannt. Die limitierenden Faktoren sind diesbezüglich die lokalen Aufschlussbedingungen, zu einem gewissen Maße die subjektiven Einschätzungen des kartierenden Geologen aber auch, dass die maximale Länge einer Störung nicht an der Oberfläche ausstreicht. Unter Berücksichtigung dieser Faktoren kann die Definition von festen Schwellenwerten für Versatzbeträge oder/und Störungszonenlängen zu fachlich inkorrekten Bewertungen führen. Das Ziel der Bewertungsmethodik ist es daher, die tektonische Gesamtsituation eines Gebietes, basierend auf der Definition und Bewertung der tektonischen Großräume (Regionen gleicher tektonischer Entwicklungsgeschichte), der Ausweisung von regionalen und überregionalen Störungszonen sowie der Ausweisung von Gebieten mit diffuser tektonischer Überprägung, abzubilden und zu bewerten.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„b) Ein ebenso nicht klar definierter Begriff ist „lithologische Ausprägung“, die als eines von drei essenziellen Merkmalen bekannt sein muss, damit ein Gebiet nicht als „Gebiet ohne hinreichende Information“ eingeordnet wird (Konzept, Kap. 9; Anlage, Blatt 243; vgl. Ziffer 4 dieser Stellungnahme). Beispiel 33 der Anlage nähert sich diesem Begriff, ohne eine abschließende Definition zu geben.“ (BGR 2022, S. 10)

Fachliche Einordnung: Der Kritikpunkt der BGR ist nachvollziehbar, die genaue Definition des Begriffs „lithologische Ausprägung“ fehlt bisher.

Begründung: Im Gegensatz zu „Lithologie“, im Kontext des Verfahrens oft synonym mit „Wirtsgesteinstyp“ gebraucht, kann mit dem Begriff „lithologische Ausprägung“ stärker zwischen verschiedenen Ausbildungen der unterschiedlichen Wirtsgesteinstypen differenziert werden, ähnlich der in Anlage 3 (zu § 24 StandAG) beschriebenen „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ (BGE 2022b, S. 396). Diese stärkere Differenzierung ist im Zuge von Schritt 2 der Phase 1 notwendig, um zumindest anhand von Analogiebetrachtungen Bewertungen vornehmen zu können.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„d) Die vorgelegte Methodik erweitert die Bewertungsgrundlage mit dem Ziel, etwaigen Widersprüchen bei der Bewertung der Anlage 4 StandAG (Kriterium zur Bewertung der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse) vorzubeugen (Anlage, Blatt 512). So heißt es u. a., dass „alle Prozesse [sic] die eine Änderung der Betrachtungsmerkmale „Mächtigkeit“, „Ausdehnung“ und „Gebirgsdurchlässigkeit“ zur Folge haben werden, [...] wie folgt zu bewerten [sind]: 1. als günstig, wenn eine wesentliche Änderung des betreffenden Merkmals für den Bewertungszeitraum nach menschlichem Ermessen auszuschließen ist. [...]“ Zur besseren Nachvollziehbarkeit, insbesondere für juristische Laien, wird angeregt, den Begriff „menschliches Ermessen“ zu definieren bzw. eine inhaltliche Annäherung an den Begriff vorzunehmen.“ (BGR 2022, S. 11)

Fachliche Einordnung: Die BGE kann den Hinweis bedingt nachvollziehen.

Begründung: Nach Begründung der Endlagersicherheitsanforderungsverordnung soll die Wahrscheinlichkeit der künftigen Entwicklungen nicht in Zahlen, sondern in den in § 3 EndlSiAnfV beschriebenen Kategorien „zu erwarten“, „abweichend“, „hypothetisch“ beschrieben werden. Hypothetische Entwicklungen sind danach „nach menschlichem Ermessen selbst unter ungünstigen Annahmen auszuschließen“, dies ist nach Verständnis der BGE kein feststehender juristischer Begriff, sondern beschreibt allgemein äußerst geringe Eintrittswahrscheinlichkeiten. Die BGE nimmt den Hinweis gerne auf.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„e) Die BGE weist darauf hin, dass „Informationen, die außerhalb des Untersuchungsraumes gewonnen wurden, [...] zu kennzeichnen“ und „ihre Übertragbarkeit auf den Untersuchungsraum und die Notwendigkeit der Übertragung [...] zu begründen [sind]“ (vgl. § 5 Abs. 3 EndlSiUntV; Anlage, Blatt 294). Dieses Vorgehen soll insbesondere bei „heterogener Datenlage“ angewandt werden (Konzept, Blatt 240; vgl. Ziffer 3 dieser Stellungnahme). Mit Blick auf die Nachvollziehbarkeit dieses Vorgehens wäre es jedoch hilfreich, wenn mögliche übertragbare Parameter einschließlich einer Begründung der Übertragbarkeit im Vorfeld als solche benannt werden. Sollte sich dieser Vorschlag als nicht praktikabel erweisen, wird angeregt, dies ggf. im Vorfeld nachvollziehbar darzulegen. In diesem Fall kommt der Stringenz der Begründung der Übertragbarkeit und dessen Erfordernis aus der Sicht der BGR eine besonders große Bedeutung zu.“ (BGR 2022, S. 11)

Fachliche Einordnung: Der Vorschlag der BGR hinsichtlich des Umgangs mit der Übertragbarkeit der Daten wird auch von der BGE als sinnvoll erachtet.

Begründung: Die BGR regt an, mögliche „übertragbare Parameter“, das heißt im Sinne des von der BGR zitierten § 5 Abs. 3 EndlSiUntV, mit von außerhalb des UR stammenden Daten belegte Parameter im Vorfeld als solche zu benennen. Die BGE erarbeitet momentan eine systematische Zusammenstellung aller für die Bewertung von Gebieten relevanten Parameter u. a. inklusive einer Klassifizierung ihrer voraussichtlichen Belegbarkeit mit Daten. Verschiedene Klassen für diese Datenverfügbarkeit könnten beispielsweise ortsspezifische Daten (z. B. aus Bohrungen innerhalb eines UR), Daten, die aus direkten und indirekten Analogieschlüssen abgeleitet werden, oder generische Referenzdaten sein. Diese Zusammenstellung ist zunächst wirtsgesteinsspezifisch, bei Bedarf erfolgt schließlich noch eine UR-spezifische Anpassung. Für welche Parameter tatsächlich Daten aus Analogieschlüssen auf UR-Basis herangezogen werden können, hängt allerdings von der ortsspezifischen Datenverfügbarkeit ab und kann deswegen im Vorfeld noch nicht benannt werden.

Die BGR regt eine verbesserte Verwendung von Verweisen sowie eine Übernahme des Glossars in das Konzept an. Insbesondere sollen relevante Schlüsselbegriffe klar definiert und aufgeführt werden.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„f) Ziel des Konzepts ist es, die Methodik für die rvSU zusammenfassend darzustellen, während die Anlage diese detailliert erläutern soll. Dadurch wird die Möglichkeit unterstützt, sich mittels des Konzepts einen ersten Überblick über das geplante methodische Vorgehen zu den rvSU zu verschaffen und bei Interesse einzelne Aspekte im Detail mittels der Anlage zu vertiefen. Es wird angeregt, diese sinnvolle Zielstellung noch weiter zu stärken durch:

- Umfassende, stringente und gut nachvollziehbare Verweise im Konzept auf die zugehörigen detaillierteren Ausführungen in der Anlage (vgl. Ziffer 1.1 dieser Stellungnahme).

- *Weitere Ausgestaltung des Glossars in der Anlage und Übernahme ins Konzept ergänzend zum dortigen Abkürzungsverzeichnis. Dadurch wird es insbesondere (aber nicht nur) jenen Personen erleichtert, sich mit der Methodenentwicklung vertraut zu machen, die gerade dabei sind, sich neu in den Themenkomplex der Standortauswahl einzuarbeiten. Es ist hilfreich, definierte Begriffe wie „Untersuchungsraum“ (UR) und „Teiluntersuchungsraum“ (TUR) zu ebenfalls häufig verwendeten Begriffen wie „Bereich“, „Räume“, etc. in klaren räumlichen Bezug zu setzen. Es wäre ebenfalls hilfreich, diese Begriffe vollständig zu definieren. Alternativ könnten Begriffe auf UR/TUR/Teile von TUR reduziert und dann im Sinne der Nachvollziehbarkeit konsistent verwendet werden. Darüber hinaus sollten auch weitere relevante Schlüsselbegriffe, egal ob sie im regulatorischen Rahmen definiert (bspw. Teilgebiet, Standortregion) oder durch die BGE geprägt werden (bspw. Gebiet zur Methodenentwicklung), in diesem Glossar aufgeführt werden.“ (BGR 2022, S. 12)*

Fachliche Einordnung: Die BGE kann die Hinweise der BGR nachvollziehen.

Begründung: Erste Ansätze für eine nachvollziehbare Verweisführung für zukünftige Dokumente wird bereits im Rahmen des Dokumentstrukturplans entwickelt. Darüber hinaus erfolgt auch eine Weiterentwicklung des Glossars. Die BGE nimmt die Anregungen hinsichtlich der Verweise und des Glossars für die weiteren Arbeiten mit auf.

2.3 Anmerkungen zu „Endlagerkonzepte im kristallinen Wirtsgestein“

2.3.1 Anmerkungen zu „Endlagerkonzept im kristallinen Wirtsgestein, das wesentlich auf technischen und geotechnischen Barrieren beruht“

Die BGR kritisiert, dass für kristallines Wirtsgestein zunächst nur Endlagertyp 1 abgeprüft wird und keine Prüfung auf Typ 2 erfolgt.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Unter Verweis auf § 23 Abs. 4 StandAG i. V. m. § 4 Abs. 3, Nr. 2 EndlSiAnfV erläutert die BGE nachvollziehbar, dass es mit Blick auf das kristalline Wirtsgestein zunächst auszuschließen gilt, dass in diesem ein Endlager mit einschlusswirksamem Gebirgsbereich (ewG) realisiert werden kann („Typ 1“), bevor ein Endlagerkonzept im kristallinen Wirtsgestein, das wesentlich auf technischen oder geotechnischen Barrieren beruht („Typ 2“), betrachtet wird (Subsidiaritätsprinzip).

Das im Rahmen der Methodenentwicklung erarbeitete Vorgehen fokussiert sich daher zunächst darauf, prinzipiell geeignete Gebiete für ein Endlager vom Typ 1 zu identifizieren (d. h. Einordnung in Kategorie B oder A). Nur für den Fall, dass Gebiete mit Blick auf ihre Eignung für ein Endlager vom Typ 1 als ungeeignet (Einordnung in Kategorie D oder C) betrachtet werden bzw. keine überwiegend gute Bewertung erhalten (Einordnung in Kategorie C), erfolgt ein Rücksprung und Gebiete mit kristallinem Wirtsgestein werden erneut betrachtet, diesmal bzgl. ihrer Eignung für ein Endlager vom Typ 2.

Dieses Vorgehen impliziert, dass bereits in Phase I das kristalline Wirtsgestein aus dem Auswahlverfahren ausscheiden kann, ohne dass eine Prüfung für ein Endlager vom Typ 2 erfolgt sein wird. Dies wird dann passieren, wenn ein Gebiet für ein Endlager vom Typ 1 lediglich in Kategorie B eingeordnet wird, so dass wesentliche Arbeitsschritte der rvSU für diese Gebiete nicht durchgeführt werden (vgl. Konzept, Abb. 2) oder, wenn zwar basierend auf einer Einordnung in Kategorie A eine umfassende rvSU bzw. die sich in Schritt 2 Phase I daran anschließenden Arbeiten (vgl. § 14 StandAG) durchgeführt werden, das Gebiet aber mangels Vorschlag als Standortregion aus dem Verfahren ausscheiden wird.

Daraus folgt, dass eine Prüfung, ob ein für ein Endlager vom Typ 1 untersuchtes und in Kategorie B oder A eingeordnetes Gebiet, das aus dem Verfahren ausscheidet, nicht dennoch für ein Endlager vom Typ 2 geeignet wäre, nicht stattfindet. Inwiefern dies mit dem regulatorischen Rahmen konform ist, ist hier unklar. Eine entsprechende Prüfung wird angeregt.“ (BGR 2022, S. 12 f.)

Fachliche Einordnung: Die BGE bedankt sich für den Hinweis, kann diesen aber nur bedingt nachvollziehen.

Begründung: Wie oben richtig beschrieben, soll sich die Suche im kristallinen Wirtsgestein zunächst darauf konzentrieren, Gebiete zu identifizieren, in denen ein Endlagersystem Typ 1 ausgewiesen werden kann.

Der beschriebenen Methodik liegt die Annahme zugrunde, dass grundsätzlich davon ausgegangen wird, „[...] dass mit Blick auf die in Schritt 2 der Phase I benötigte Bearbeitungstiefe in einem Teilgebiet potentiell ein Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion dargestellt werden kann (Endlagersystem Typ 1) [...]“ (vgl. Kapitel 8.3.1 in BGE 2022a). Das beschriebene Vorgehen führt jedoch nicht, wie oben angedeutet, zum unmittelbaren Ausscheiden des kristallinen Wirtsgesteins im Schritt 2 der Phase 1, wenn bestenfalls Einstufungen der Kategorie B erreicht werden. Für den Fall, dass im kristallinen Wirtsgestein kein Kategorie A Gebiet ausgewiesen werden kann, sieht die beschriebene Methodik vielmehr vor, dass für die geologisch vielversprechendsten Bereiche erneut eine rvSU durchgeführt wird, mit dem Ziel, ein Endlagersystem Typ 2 zu identifizieren.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Darüber hinaus geht aus den vorgelegten Unterlagen (Anlage, Blatt 98f) nicht eindeutig hervor, ob das Subsidiaritätsprinzip bei jedem Untersuchungsraum, d. h. Teilgebiet, greift, oder aber erst, wenn in allen Untersuchungsräumen mit kristallinem Wirtsgestein kein Endlager vom Typ 1 realisiert werden kann. Sollte der letztere Ansatz verfolgt werden, wird angeregt abzuklären, inwiefern dies dem StandAG folgt. Das StandAG suggeriert in § 23 Abs. 4, dass das Subsidiaritätsprinzip auf jedes Teilgebiet mit kristallinem Wirtsgestein anzuwenden sei, sollte „in einem Gebiet“ kein ewG ausgewiesen werden können.“ (BGR 2022, S. 13)

Fachliche Einordnung: Die BGE bedankt sich für den Hinweis.

Begründung: Das Subsidiaritätsprinzip wird nur für das kristalline Wirtsgestein angewendet und greift dann, wenn mindestens ein oder mehrere Untersuchungsräume, unter der Annahme des

Endlagersystem Typ 1, in Kategorie A eingeordnet werden können. Tritt dieser Fall ein, wird folglich kein zusätzlicher Untersuchungsraum mit Endlagersystem Typ 2 ausgewiesen. In Kapitel 8.3.1 in BGE 2022a wird diese Vorgehensweise folgendermaßen begründet „[...] die Argumentation spiegelt wider, dass Bereiche im kristallinen Wirtsgestein, die vielversprechende Aussichten auf eine sehr geringe Gebirgsdurchlässigkeit („Dichtheit“) aufweisen auch für eine Umsetzung des Endlagersystems Typ 2 besser geeignet sind, als Bereiche mit erwartbar höherer Durchlässigkeit“.

2.3.2 Anmerkungen zu „Endlagerkonzept im kristallinen Wirtsgestein, in dem der sichere Einschluss der Radionuklide durch einen ewG sowie technische und geotechnische Barrieren erfolgt“

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Es wird angeregt abzuklären, ob das StandAG neben den beiden in der vorgelegten Methodik betrachteten Endlagertypen für kristallines Wirtsgestein, auch einen dritten Typ vorsieht: § 23 Abs. 5 Nr. 2 StandAG legt eine Mindestmächtigkeit des „Gebirgsbereichs, der den ewG aufnehmen soll“ von 100 m fest. Demnach bezieht sich dieser Abschnitt des Gesetzes nicht auf ein Endlager vom Typ 2, für das Voraussetzung ist, dass die Ausweisung eines ewG im kristallinen Wirtsgestein nicht möglich ist. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass der von der BGE mit Blick auf die Subsidiarität der verschiedenen Endlagertypen angeführte § 4 Abs. 3 Nr. 2 EndISiAnfV hierbei nicht zum Tragen käme, da ein ewG, wenn auch mit einer Mächtigkeit von weniger als 100 m, ausgewiesen werden kann.“ (BGR 2022, S. 13)

Fachliche Einordnung: Die BGE teilt diese Perspektive nicht.

Begründung: Begründung: Für die BGE entspricht der von der BGR angesprochene „Typ 3“ dem „Typ 1“. Eine Notwendigkeit kristallines Wirtsgestein mit Mächtigkeiten unterhalb von 100 m zu berücksichtigen, stellt sich faktisch aufgrund der Genese plutonischer und metamorpher Gesteine nicht. Für ein Endlager geeignete kristalline Wirtsgesteine müssen eine ausreichende Mächtigkeit aufweisen. Die aktuell angelegten 200 m stellen dafür eine gute Basis dar.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Unabhängig von der Frage, wann das Subsidiaritätsprinzip zum Tragen kommt, ist die Festlegung der Mindestteufe für das kristalline Wirtsgestein. Im Zwischenbericht Teilgebiete der BGE ist ausgeführt: „Nach dem Gutachten zum „Flächenbedarf für ein Endlager für wärmeentwickelnde, hoch radioaktive Abfälle“ der DBE TEC (2016), wird für ein Endlager in kristallinem Wirtsgestein eine Mächtigkeit von mindestens 200 m angesetzt. Dies ergibt sich aus dem einzurechnenden Sicherheitsabstand für die Errichtung eines Endlagers, welcher sowohl als horizontaler als auch als vertikaler Sicherheitsabstand eingehalten werden muss. [...] Wenn die oben angenommene Mächtigkeit von 200 m erreicht wird, ist die Mindestanforderung erfüllt.“ (BGE, 2020, S. 104). Eine Darlegung, ob unverändert an dieser Mindestmächtigkeit von 200 m festgehalten wird bzw. ob diese unabhängig vom im kristallinen Wirtsgestein zu verwirklichenden Endlagerkonzept gelten soll, erfolgt nicht. Sollte mit Blick auf das kristalline Wirtsgestein über die im StandAG formulierten Mindestmächtigkeit von

100 m hinausgegangen werden, wäre ein Hinweis darauf in den Unterlagen zu besseren Nachvollziehbarkeit hilfreich.“ (BGR 2022, S. 13 f.)

Fachliche Einordnung: Die BGE kann den Hinweis nachvollziehen.

Begründung: Inwiefern weiter an der 200 m Mindestmächtigkeit für kristallines Wirtsgestein festgehalten wird, befindet sich derzeit BGE-intern in der Überprüfung.

Die BGR kritisiert, dass der Umgang mit kristallinem Wirtsgestein mit einer Mächtigkeit kleiner als 100 m und ewG-Eigenschaften nicht klar beschrieben ist.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Für den Fall, dass für das kristalline Wirtsgestein prinzipiell die in § 23 Abs. 5 Nr. 2 StandAG formulierte Mindestmächtigkeit von 100 m berücksichtigt wird, wird ergänzend darauf hingewiesen, dass das StandAG an dieser Stelle für das kristalline Wirtsgestein „bei Vorliegen geringer Gebirgsdurchlässigkeit“ eine geringere Mächtigkeit zulässt, falls ein ewG prinzipiell ausgewiesen werden kann. Für diesen Fall muss der Nachweis des sicheren Einschlusses „über das Zusammenwirken des Wirtsgesteins mit geotechnischen und technischen Barrieren geführt werden“. Dadurch ergibt sich neben dem Endlager Typ 1, das auf dem Wirtsgestein mit ewG als wesentlicher Barriere basiert, und dem Endlager Typ 2, das auf technischen und geotechnischen Barrieren basiert, ein Endlager vom Typ 3, das sowohl auf dem Wirtsgestein mit ewG und den technischen und geotechnischen Barrieren als wesentlicher Barriere basiert.

Aus den vorgelegten Unterlagen geht nicht hervor, dass mit Blick auf das kristalline Wirtsgestein prinzipiell auch eine Mächtigkeit des den ewG aufnehmenden Gebirgsbereichs von weniger als 100 m betrachtet werden könnte. Nach derzeitiger Lesart ist anzunehmen, dass alle Gebiete mit kristallinem Wirtsgestein, deren potenzieller ewG eine Mächtigkeit von weniger als 100 m aufweist, unmittelbar in Kategorie D (Mindestanforderung nicht erfüllt) eingeordnet werden und damit aus dem Verfahren ausscheiden würden (vgl. Ziffer 1.1 zu Prüfschritt 1 dieser Stellungnahme). Es wird ange-regt, diese Betrachtung im Hinblick auf die regulatorischen Anforderungen abzuklären.

Sollte eine Abklärung ergeben, dass mit Blick auf das kristalline Wirtsgestein tatsächlich drei Endlagerkonzepte (Typ-1, -2 und -3) zu betrachten sind, wäre es in Übereinstimmung mit dem bisher im Verfahren gewähltem Vorgehen vorstellbar, von der Mächtigkeit abhängige Wertungsgruppen einzuführen. Demnach könnte bspw. eine Mächtigkeit von 100 m und größer als „günstig“, eine Mächtigkeit von 50 bis 100 m als „bedingt günstig“ und eine Mächtigkeit von weniger als 50 m als „ungünstig“ betrachtet werden.“ (BGR 2022, S. 14)

Fachliche Einordnung: Die BGE teilt diese Perspektive nicht.

Begründung: Für die BGE entspricht der von der BGR angesprochene „Typ 3“ dem „Typ 1“. Eine Notwendigkeit kristallines Wirtsgestein mit Mächtigkeiten unterhalb von 100 m zu berücksichtigen,

stellt sich faktisch aufgrund der Genese plutonischer und metamorpher Gesteine nicht. Für ein Endlager geeignete kristalline Wirtsgesteine müssen eine ausreichende Mächtigkeit aufweisen. Die aktuell angelegten 200 m stellen dafür eine gute Basis dar.

2.3.3 Anmerkungen zu „Erhöhung der Mindestteufe für das kristalline Wirtsgestein“

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Unter der Annahme, dass ab 500 m Teufe die zulässigen Höchstwerte der Gebirgsdurchlässigkeiten nach StandAG erreicht werden, schlägt die BGE mit Blick auf eine etwaige Anpassung der Mindestteufe „z. B. eine pauschale Erweiterung der Mindestanforderungen auf eine Mindestteufe von 500 m direkt bezogen auf die obere Begrenzung von kristallinen Wirtsgesteinsformationen und nicht auf die Geländeoberkante“ vor (vgl. auch Anlage, Abb. A. 7). Unter der Annahme, dass ab 500 m Teufe die zulässigen Höchstwerte der Gebirgsdurchlässigkeit nach StandAG erreicht werden, wird mit Blick auf eine etwaige Anpassung der Mindestteufe vorgeschlagen „z.B. eine pauschale Erweiterung der Mindestanforderungen auf eine Mindestteufe von 500 m direkt bezogen auf die obere Begrenzung von kristallinen Wirtsgesteinsformationen und nicht auf die Geländeoberkante“ vor (vgl. auch Anlage, Abb. A. 7). Diese Annahme steht nicht im Einklang mit der in Achtziger-Zupančič et al. (2017) genannten lokal erhöhten Durchlässigkeit mit der Tiefe oder mit den Schlussfolgerungen der HSK (HSK 23/73, 2004) für Bereiche des Kristallins der Nordschweiz (Bspw. Bohrung Leuggern), wo „durchwegs erhöhte Durchlässigkeiten und in der Tiefe kein eigentlich geringdurchlässiges Kristallin beobachtet wurde[n]“. Es wird dringend angeregt, diese und weitere Erkenntnisse stärker zu berücksichtigen und eine etwaige Anpassung der Mindestteufen auf eine breite und fundierte Grundlage zu stellen. Die diesem exemplarischen Vorschlag zugrundeliegenden Überlegungen werden lediglich mit Blick auf den Zahlenwert (500 m, siehe oben), nicht jedoch auf die Erweiterung „bezogen auf die obere Begrenzung von kristallinen Wirtsgesteinsformationen und nicht auf die Geländeoberkante“ ausgeführt. Diese Erweiterung steht im Widerspruch zu der – wie vorstehend ausgeführt zu diskutierenden – Schlussfolgerung, dass eine unakzeptabel hohe Gebirgsdurchlässigkeit oberhalb von 500 m unter Geländeoberkante anzunehmen ist.“ (BGR 2022, S. 15 f.)

Fachliche Einordnung: Die BGE bedankt sich für die Hinweise.

Weltweite Daten zeigen, dass grundsätzlich mit zunehmender Teufe innerhalb von kristallinen Gesteinsformationen die Gebirgsdurchlässigkeit im Median deutlich abnimmt. Die hydrogeologischen Daten aus dem Erzgebirge zeigen, dass die Mindestanforderung Gebirgsdurchlässigkeit (kleiner als 10^{-10} m/s) in kristallinen Gesteinsformationen gemäß § 23 StandAG vermutlich erst in Tiefen von mindestens 500 m **im Median** erfüllt werden kann.

Die Erkundungsergebnisse des Schweizer Kristallin-Erkundungsprogramms verdeutlichen auch, dass insbesondere die obersten 350 bis 500 m des kristallinen Grundgebirges unter sedimentärer Überdeckung in einem solchen Maße wasserdurchlässig sein können, dass die Erfüllung der Mindestanforderung Gebirgsdurchlässigkeit (§ 23 Abs. 5 StandAG, Mindestanforderung Gebirgsdurchlässigkeit kleiner als 10^{-10} m/s) im oberen Bereich des kristallinen Grundgebirges überwiegend nicht zu erwarten ist.

Diese Analogiebetrachtung bedeutet jedoch nicht, dass man nicht in großen Teufen noch Störungszonen mit stark erhöhten Transmissivitäten antreffen kann. Dies zeigen ja gerade auch die zitierten Datensätze in der Publikation von Achtziger-Zupančič et al. (2017). Diese Fälle werden von der BGE entsprechend untersucht.

Eine Erhöhung der Mindestdiefe auf 500 m direkt bezogen auf die obere Begrenzung von kristallinen Wirtsgesteinsformationen und nicht auf die Geländeoberkante, wird von der BGE als zielführend erachtet.

2.4 Anmerkungen zu „Paradigmenwechsel: vom „konservativen“ zum „best estimate“ Ansatz“

Die BGR kritisiert den „best estimate“ Ansatz und regt eine Abwägung der Verwendung an. Darüber hinaus wird eine Einschätzung gewünscht, inwieweit ausgeschlossene Gebiete wieder in das Verfahren mit aufgenommen werden können.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Ergänzend zu dieser klaren Abwägung von Vor- und Nachteilen mit Blick auf Modellierungen werden kritisch prüfende Aussagen auch in anderen Kapiteln angeregt (vgl. „Bewertungen, speziell solche, die auf einer vergleichsweise schlechten Informationsbasis erfolgen, können somit durch neue Erkenntnisse im weiteren Verfahren [...] sowohl günstiger als auch ungünstiger werden“, Konzept, Blatt 46 bzw. „im Umkehrschluss [wird] akzeptiert, dass eine Gebietsbewertung in Phase II auch günstiger werden kann, sofern sich die getroffenen Annahmen mit zunehmendem Informationsgewinn über die Explorationsmaßnahmen in Phase II als zu pessimistisch herausstellen“ (Anhang, Blatt 240)). Aufgrund der von Prüfschritten und der Einordnung in Bewertungskategorien abhängigen Bearbeitungstiefe von (Teil-)Untersuchungsräumen könnten Gebiete, die u. a. auf Grund des „best estimate“ Ansatzes in die Kategorien D bis B eingeordnet wurden, aus dem Verfahren ausscheiden. Da nur Gebiete der Kategorie A überhaupt für einen Vorschlag als Standortregion und damit für eine Erkundung in Phase II in Frage kommen, ist unklar, ob und wie basierend auf einem „ungeeigneten“ „best estimate“ Ansatz ausgeschlossene Gebiete ohne den Informations- bzw. Erkenntnisgewinn in Phase II einen Weg zurück ins Verfahren finden können.

Zusammenfassend gilt zu bedenken, dass der Ausschluss von Gebieten nach dem „best estimate“ Ansatz ohne weiteren Erkenntnisgewinn, im Vergleich zu einer konservativen Abschätzung, primär die Wahrscheinlichkeit eines Ausschlusses von Gebieten erhöht. Ohne die Möglichkeit eines Erkenntnisgewinns für diese Gebiete durch eine Erkundung in Phase II erhöht sich damit aber auch die Wahrscheinlichkeit eines ungerechtfertigten Ausschlusses von Gebieten.“ (BGR 2022, S. 17)

Fachliche Einordnung: Die BGE schließt sich der Kritik nicht an.

Begründung: Aufgrund des ungleich verteilten Wissenstands bezüglich der Teilgebiete, müssen besonders in der gegenwärtigen ersten Phase des Standortauswahlverfahrens an verschiedenen Stellen begründete Annahmen getroffen werden. Mit Blick auf das Verfahren ist ein „best estimate Ansatz“ sehr geeignet, da das Verfahren in vielerlei Hinsicht komparativ angelegt ist und somit die günstigsten Gebiete zielgerichtet identifiziert werden können.

2.5 Anmerkungen zu „Gebiete ohne hinreichende Informationen“

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Gebieten ohne hinreichende Informationen“ werden ausgewiesen, wenn die Anwendung der §§ 22 bis 24 StandAG nicht möglich ist (vgl. § 14 Abs. 2 StandAG). Dies wird als gegeben angesehen, wenn keine Informationen zu Mächtigkeit, Teufe und lithologischer Ausprägung vorliegen (Anlage, Blatt 243). Eine Begründung, warum gerade diese Eigenschaften als maßgeblich für die Informationslage angesehen werden, erfolgt nicht. Sollte es zur Ausweisung eines solchen Gebietes kommen, soll geprüft werden, ob „eine gleichwertige oder bessere Bewertung der Anforderungen und Kriterien nach §§ 22 bis 24 StandAG im Vergleich zu den ermittelten Standortregionen“ zu erwarten ist. Sollte dies der Fall sein „wird [...] empfohlen, dass das ausgewiesene Gebiet in Phase II anhand eines spezifischen Erkundungsprogramms weiter im Suchprozess verbleibt“ (Anlage, Blatt 250). Diese Vorgehensweise stützt sich auf die Begründung des StandAG, in der ausgeführt wird, dass „Gebiete aus dem Suchprozess nicht allein deshalb ausgeschlossen werden [dürfen], weil über sie zu wenig bekannt ist, sofern zu erwarten ist, dass sich unter diesen Gebieten ein Standort befindet, der auf Grundlage der Kriterien in § 22 bis § 24 besser zu bewerten ist, als das in allen Regionen mit ausreichender Datenlage der Fall ist“ (BTDrs. 18/11398, S. 59). Unklar ist, wie eine solche Abschätzung bei Gebieten ohne hinreichende Informationen erfolgen soll, insbesondere im Vergleich mit Gebieten, in denen genug Informationen zum Ausweis von Standortregionen vorliegen. Vor diesem Hintergrund wird angeregt, die Aussage abzuklären, dass „grundsätzlich gilt, dass kein Gebiet aufgrund nicht hinreichender Informationen gegenüber Gebieten mit ausreichend Informationen benachteiligt wird“ (Anlage, Blatt 250).“ (BGR 2022, S. 17 f.)

Fachliche Einordnung: Die Kritikpunkte der BGR sind nachvollziehbar und werden in der nachfolgenden Begründung adressiert.

Begründung: Die BGR führt richtig aus, dass die BGE bisher nicht begründet hat, warum gerade fehlende Informationen zur Abschätzung von Mächtigkeit, Teufenlage und lithologischer Ausprägung eine Ausweisung als „Gebiet ohne hinreichende Informationen“ nach sich ziehen. Die Wahl dieser drei Aspekte ist durch ihre grundlegende Bedeutung begründet: Ohne Kenntnis von Mächtigkeit und Teufe, also der räumlichen Lage, eines potentiellen ewG ist es nicht möglich das Endlager-System unter Ausnutzung der geologischen Standortgegebenheiten auch nur grundlegend zu charakterisieren. Z. B. ist ohne Kenntnis der Lithologie selbst eine Anwendung eines Referenzdatensatzes oder von Analogieschlüssen anstelle von ortsspezifischen Daten nicht möglich, um das Gebiet zu bewerten. Gleichzeitig ermöglicht die Festlegung auf die drei Aspekte Mächtigkeit, Teufenlage und lithologische Ausprägung eine einheitliche Anwendung auf alle Untersuchungsräume.

Weiter legt die BGR dar, dass es unklar ist, auf welcher Grundlage der Vergleich von Gebieten ohne hinreichende Informationen mit den Standortregionen stattfinden soll. Die BGE geht aktuell davon aus, dass ein solcher Vergleich in Anlehnung an die Anforderungen und Kriterien nach den §§ 22 bis 24 StandAG auf Grundlage einer verbalargumentativen Abwägung stattfinden wird. So kann es sein, dass Gebiete ohne hinreichende Informationen selbst unter günstigsten Annahmen im Vergleich mit den Standortregionen nicht als mindestens gleichwertig bewertet werden, wenn beispielsweise in einem Gebiet ohne hinreichende Informationen ein geogener Prozess abläuft, der eine

negative Auswirkung auf die Komponenten des Endlagersystems erwarten lässt, in den Standortregionen jedoch keine Rolle spielt. Die genaue Vorgehensweise kann voraussichtlich erst gegen Ende von Schritt 2 der Phase 1 erarbeitet werden, wenn der BGE konkrete Gebiete zur Ausarbeitung eines Vergleichs vorliegen. Auch in diesem Punkt ist die BGE selbstverständlich für Vorschläge seitens der BGR oder anderer Stellen offen.

2.6 Anmerkungen zu „Umgang mit Ungewissheiten bzw. Wahrscheinlichkeiten“

2.6.1 Anmerkungen zu „Ausschlusskriterium Vulkanismus“

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Im Rahmen der Methodenentwicklung für die rvSU entwickelt die BGE ihr Vorgehen mit Blick auf das Ausschlusskriterium „vulkanische Aktivität“ (vgl. § 22 Abs. 2 Nr. 5) weiter (Anlage, Blatt 71 & 291ff): so werden neben den quartären Vulkanzentren, die im Zwischenbericht Teilgebiete Berücksichtigung fanden, ergänzend u. a. auch Schwarmbeben zum Ausschluss von Gebieten herangezogen (Anlage, Blatt 291ff). Unklar ist, inwiefern das Wiederaufleben des Vulkanismus in älteren, tertiären Vulkanfeldern (Anlage, Blatt 292, Abs. 1) sowie die Möglichkeit zukünftiger Vulkanausbrüche außerhalb der in der Vergangenheit aktiven Vulkanfelder Berücksichtigung finden und ebenso wie „tiefergehende Betrachtungen“ (bspw. magmatische Prozesse in der Asthenosphäre und der vermutete Magmenaufstieg in die Lithosphäre sowie die damit verbundenen Szenarienungewissheiten) bei der Erstellung der FEP-Kataloge der geogenen Prozesse für die geowissenschaftliche Langzeitprognose Berücksichtigung fanden (Anlage, Blatt 261). Dies gilt ebenfalls für die Ableitung von „Entwicklungen des Endlagersystems und der geologischen Situation am Endlagerstandort“ (§ 3 Abs. 2 EndlSiAnfV), sodass das Ausweisen von Standortregionen in Gebieten potenzieller vulkanischer Aktivität vermieden werden kann.

Angesichts dieser epistemischen Unsicherheiten über die Ursachen des Magmatismus und dessen langfristige Entwicklung, sollte sichergestellt werden, dass die wissenschaftlich identifizierten Indikatoren (u. a. seismische Anomalien im Mantel, Moho-Tiefe, rezente Hebung, Mantelentgasungen und Ergebnisse von geodynamischen Simulationen; Bartels et al., 2020; Rummel et al., 2021; Schreiber & Jentzsch, 2021) deutschlandweit betrachtet werden, um ein gleichberechtigtes Verfahren innerhalb Deutschland zu gewährleisten. Durch die Zuweisung von quantifizierbaren Parametern (bspw. seismische Geschwindigkeit von Primär- und Sekundärwellen) zu diesen Indikatoren, könnten diese Unsicherheiten verringert und darüber hinaus Wahrscheinlichkeiten zur zukünftigen vulkanischen Aktivität abgeleitet werden – auch in Regionen, die außerhalb von in der Vergangenheit aktiven Vulkanfeldern liegen.“ (BGR 2022, S. 18)

Fachliche Einordnung: Die BGE kann den Hinweis nachvollziehen.

Begründung: Bei der Darstellung der Methodik zur Ableitung der Entwicklungen wurden Prozesse wie zum Beispiel Magmatismus noch nicht voll ausgearbeitet. Das Auftreten magmatischer bzw. vulkanischer Prozesse außerhalb der bekannten Vulkanfelder wird in diesem Rahmen geprüft und eingeordnet. In diesem Zusammenhang sei darauf verwiesen, dass die Betrachtung der genannten Indikatoren in die Bewertungen des vulkanischen Gefährdungspotentials in Schreiber & Jentzsch (2021) eingeflossen sind und neben anderen Quellen eine wichtige Bewertungsgrundlage darstellt.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Bei der Anwendung von Kriterien zum Ausschluss von Gebieten wurden subjektive Aussagen zu Wahrscheinlichkeiten (z.B. „hohe“, „geringe“, „nicht auszuschließende“, „keine“) des zukünftigen Vulkanismus auf der Basis der Einschätzung einer Studie (Schreiber & Jentzsch, 2021) übernommen, ohne dass diese qualitativen Begriffe definiert wurden (vgl. u. a. Anlage, Blatt 291, 411 & 498). Auch unter Berücksichtigung des Sachverhalts, dass die Eintrittswahrscheinlichkeit zukünftigen Vulkanismus derzeit vermutlich nicht verlässlich beziffert werden kann (vgl. Bartels et al. 2020), sollte dennoch die Basis, auf der die Abschätzung der Wahrscheinlichkeiten beruht, im Sinne der Nachvollziehbarkeit dargestellt werden. Darüber hinaus wird angeregt, die Bandbreite der Schätzungen innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft abzubilden, um einen nachvollziehbaren Umgang mit Ungewissheiten an dieser Stelle zu ermöglichen. Damit kann dem nicht gerechtfertigten Eindruck entgegengewirkt werden, dass die Anwendungsbeispiele in der Anlage (292f & 408 – 411) einen Konsens gesicherter wissenschaftlicher Erkenntnis abbilden.“ (BGR 2022, S. 19)

Fachliche Einordnung: Die BGE kann den Hinweis nachvollziehen.

Begründung: Im Zuge der vollständigen Ausarbeitung und Anwendung wird eine umfassende und nachvollziehbare Darstellung der Entscheidungsgrundlagen angestrebt.

2.6.2 Anmerkungen zu „Ungewissheiten bei Rechenfällen/-läufen“

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Die vorgelegte Methodik zur Durchführung der rvSU setzt sich an verschiedenen Stellen mit Ungewissheiten auseinander (vgl. Definition des Begriffs in Kapitel 10.2 der Anlage). Im Rahmen der Arbeiten zur Analyse des Endlagersystems gem. § 7 EndlSiUntV und dem damit verbundenen Prüfschritt 3 (quantitative Bewertung des sicheren Einschlusses; vgl. Ziffern 1.1 und 6 dieser Stellungnahme) wird ausgeführt, wie mittels verschiedener Rechenfälle und zahlreicher Rechenläufe (Anlage, Blatt 521) Unsicherheiten möglicher zukünftiger Entwicklungen numerisch betrachtet werden (Anlage, Blatt 457, 501 & 521f). Es wird dabei nicht darauf eingegangen, wie die Ergebnisse dieser Rechenfälle bewertet werden. Der regulatorische Rahmen sieht eindeutige Grenzwerte vor, die eingehalten werden müssen (z. B. Gebirgsdurchlässigkeit $k_f < 10^{-10} \text{ m s}^{-1}$, vgl. § 23 Abs. 5 Nr. 1 StandAG; gesamter Massen- und Stoffmengenaustrag $\leq 10^{-3}$ im Bewertungszeitraum, vgl. § 4 Abs. 5 EndlSiAnfV).

Unklar ist, wie mit Rechenfällen umgegangen werden soll, die zeigen, dass unter bestimmten Bedingungen bzw. mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit diese Grenzwerte nicht eingehalten werden (Anlage, Blatt 526ff i. V. m. Blatt 552). Es ist anzunehmen, dass dies angesichts der Bandbreite der abzubildenden Unsicherheiten für jeden (Teil-)Untersuchungsraum mehr oder weniger stark zutreffen wird und bei einer strikten Auslegung zu einer Einordnung aller Untersuchungsräume in Kategorie C führen würde. Es wird dringend angeregt aufzeigen, wie die Ergebnisse der Rechenläufe eingeordnet werden und Verletzungen der Grenzwerte bewertet werden sollen.“ (BGR 2022, S. 19)

Fachliche Einordnung: Die BGE kann den Hinweis bedingt nachvollziehen.

Begründung: Es ist richtig, dass bei der Durchführung einer großen Anzahl von Rechenfällen und Rechenläufen für viele Untersuchungsräume (UR) oder Teiluntersuchungsräume (TUR) zu erwarten ist, dass für bestimmte Rechnungen die Grenzwerte nicht eingehalten werden. Dies fließt in die Berechnung der Kennzahl I_R mit ein. Für I_R wird der Anteil aller Rechenläufe ermittelt, für die der Grenzwert eingehalten wird. Das Ergebnis gibt Auskunft über die Robustheit und fließt als quantitative Hilfestellung in den sicherheitsgerichteten Diskurs ein. Das bedeutet, dass keine Einordnung in Kategorie C anhand dieser Kennzahl erfolgt. Wird beispielsweise der Grenzwert des Massen- und Stoffmengenaustrags für einen UR bei einem Rechenlauf (der nicht dem Rechenlauf mit den bestmöglichen Schätzwerten entspricht) nicht eingehalten, wird der UR nicht in Kategorie C eingeordnet.

2.6.3 Anmerkungen zu „Bewertung von Ungewissheiten gem. § 11 EndlSiUntV“

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Einer der im Rahmen der rvSU durchzuführenden Arbeitsschritte ist die Bewertung von Ungewissheiten, die für einen spezifischen Untersuchungsraum anzunehmen sind (§ 11 i.V.m. § 3 Abs. 4 EndlSiUntV). Von dieser Vorgabe wird abgewichen, da das „Konzept zur Durchführung der rvSU [...] eine detaillierte Betrachtung von Ungewissheiten in den rvSU nur für Teiluntersuchungsräume der Kategorie ‚A‘ [vorsieht]“ (Anlage, Blatt 616). Dies bedeutet, dass je nach Kategorisierung ganze Untersuchungsräume ohne Bewertung der Ungewissheiten im Rahmen der rvSU analysiert und ggf. ausgeschlossen werden können. Zwar wird ausgeführt, dass „Ungewissheiten trotzdem während eines jeden Arbeitsschritts der rvSU zu identifizieren und entsprechend den Vorgaben der EndlSiUntV einzuordnen sind. Die Betrachtung von Ungewissheiten erfolgt somit grundsätzlich über die gesamte rvSU hinweg. Die detailliertere Betrachtung von Ungewissheiten für Teiluntersuchungsräume der Kategorie A soll als Teil bzw. im Nachgang der umfassenden Bewertung des Endlager-Systems in Berichtsform erfolgen“ (Anlage, Blatt 616). Unklar ist, inwiefern dieses Vorgehen die regulatorischen Vorgaben erfüllt. Abbildung 221 der Anlage stellt schematisch dar, wie mit Ungewissheiten in den rvSU umgegangen werden soll. Die Abbildungen 222 bis 225 zeigen zusätzlich Auszüge der Erfassungstabelle zur Charakterisierung von Ungewissheiten. Für eine bessere Nachvollziehbarkeit des geplanten Vorgehens wird angeregt exemplarisch zu erläutern, in welchem Umfang diese Erfassungstabelle jeweils für (Teil-)Untersuchungsräume der Kategorien D – A ausgefüllt werden soll.“ (BGR 2022, S. 20)

Fachliche Einordnung: Die BGE kann den Hinweis der BGR bedingt nachvollziehen.

Begründung: Die Methodik zur Erfassung der Ungewissheiten im Rahmen der rvSU sieht eine Dokumentation der Ungewissheiten zu den jeweiligen durchzuführenden Arbeitsschritten innerhalb der Erfassungstabelle vor. Dabei erhält jede Ungewissheit eine Berücksichtigung in der Erfassungstabelle. Es ist jedoch zu beachten, dass nicht alle Arbeitsschritte der rvSU für alle Teiluntersuchungsräume durchgeführt werden. Daher werden nicht alle Ungewissheiten für alle Teiluntersuchungsräume relevant sein. Für einen Teiluntersuchungsraum der Kategorie D wird beispielsweise keine Radionuklidtransportmodellierung im Rahmen der quantitativen Bewertung des sicheren Einschusses durchgeführt, somit werden keine Ungewissheiten bezüglich des Radionuklidtransports für diesen Teiluntersuchungsraum quantifiziert. Auf der anderen Seite erfolgen für Gebiete der Kategorie A die meisten Arbeitsschritte, wodurch sich automatisch eine komplexere Betrachtung und Bewertung

von Ungewissheiten ergibt. Summarisch sollen für jeden Untersuchungsraum (entsprechend einer rvSU) die Ungewissheiten vollständig erfasst werden.

2.7 Anmerkungen zu „Quantitative Bewertung des sicheren Einschlusses“

2.7.1 Anmerkungen zu „Integrität des ewG“

Die BGR bezieht sich auf die Prüfung der Integrität des ewG.

Die BGR hinterfragt die Auslegung der EndSiUntV § 9 der BGE. Dabei wird die Frage aufgeworfen ob § 5 EndSiAnfV generell nicht zu prüfen ist oder nur nicht für einen Bewertungszeitraum von einer Million Jahre.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„§ 5 EndSiAnfV verlangt die Prüfung der Integrität des ewG mit Blick auf die Dilatanzfestigkeit, die Fluiddruckfestigkeit, die Temperatur und die chemischen Verhältnisse. § 7 Abs. 6 Nr. 3 EndSiUntV wiederum verlangt für die rvSU, dass „anhand überschlägiger Abschätzungen und Analogiebetrachtungen folgende Aspekte zu bewerten [sind] [...] e) Möglichkeit zur Ausweisung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs [...]“. Unter korrektem Verweis auf die im oben genannten § 7 Abs. 6 EndSiUntV ausgeführten Vereinfachungen der rvSU verglichen mit den weiterführenden und umfassenden Sicherheitsuntersuchungen der späteren Phasen des Standortauswahlverfahrens (§§ 14 Abs. 1, 16 Abs. 1, 18 Abs. 1 StandAG) wird erklärt, „dass von der Durchführung einer Langzeitsicherheitsanalyse nach § 9 EndSiUntV abgesehen [werden kann]“ (Anlage, Blatt 467). Dort (d. h. in § 9 EndSiUntV) wird in Absatz 1 ausgeführt, dass „die Langzeitsicherheitsanalyse [...] den gesamten Bewertungszeitraum von einer Million Jahren ab dem vorgesehenen Verschluss des Endlagers umfassen und mindestens die folgenden Bereiche abdecken [muss]: [...] 2. [...] die Integrität und Robustheit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs entsprechend § 5 der Endlagersicherheitsanforderungsverordnung sowie die Robustheit der weiteren Barrieren und sonstigen Komponenten des Endlagersystems [...]“.

Demnach ist klar, dass zum jetzigen Stand des Verfahrens § 5 EndSiAnfV nicht für den Bewertungszeitraum von 1 Million Jahre zu prüfen ist. Unklar ist, ob die Prüfkriterien dieses Paragraphen grundsätzlich nicht im Zuge der rvSU betrachtet werden müssen. Falls eine Prüfung der Kriterien bereits im Zuge der rvSU erforderlich ist, ist nicht unmittelbar ersichtlich, inwiefern die Ausführungen der BGE zur Berücksichtigung von § 7 Abs. 6 Nr. 3e) EndSiUntV den in § 5 angeführten Aspekten zur Prüfung der Integrität des ewG gerecht werden (Anlage, Blatt 555f).“ (BGR 2022, S. 20 f.)

Fachliche Einordnung: Die BGE kann den Hinweis der BGR bedingt nachvollziehen.

Begründung: Die Bewertung der Möglichkeit zur Ausweisung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs nach § 7 EndSiUntV Absatz 6 Aspekt e) bezieht sich ebenfalls auf den Bewertungszeitraum von einer Million Jahre. Dabei wird jedoch nicht spezifiziert wie eine Bewertung erfolgen soll. Eine Bewertung der Dilatanzfestigkeit, der Fluiddruckfestigkeit, der Temperatur und der chemischen Verhältnisse ist somit theoretisch möglich, wird aber nicht explizit vorgeschrieben: Die Bearbeitung von § 5 EndSiAnfV (respektive § 6 EndSiAnfV) ist nur im Falle der Bearbeitung von § 9 EndSiUntV

durchzuführen (und damit gemäß § 7 Abs. 6 EndlSiUntV innerhalb der rvSU nicht vorgesehen). Darüber hinaus bezieht sich die Bewertung der Integrität und Robustheit nach § 5 EndlSiAnfV (respektive § 6 EndlSiAnfV) explizit auf „[...] die zu erwartenden Entwicklungen im Bewertungszeitraum [...]“ (§ 5 Abs. 1 S. 1 EndlSiAnfV bzw. § 6 Abs. 1 S. 1 EndlSiAnfV).

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Es wird angeraten, zumindest zu diskutieren, ob die auftretenden thermomechanischen Belastungen zu einem Integritätsverlust des Wirtsgesteins führen könnten. Falls ja, wäre zu erörtern, ob für die Bewertung der Möglichkeit des sicheren Einschlusses nicht das Dilatanzkriterium und das Fluidruckkriterium gem. § 5 EndlSiAnfV heranzuziehen wären, da durch das Verletzen dieser Kriterien die auf (I) dem Durchlässigkeitsbeiwert bzw. der Permeabilität, (II) dem Diffusionskoeffizienten, (III) dem Sorptionskoeffizienten und (IV) der Porosität beruhenden Überlegungen zur Transportlänge (vgl. Anlage, Blatt 528) obsolet wären. Diese Annahme basiert auf den Überlegungen der BGE, die überwiegend den diffusiven und nicht den advektiven Transport betrachtet (vgl. Ziffer 6.4 dieser Stellungnahme). Demnach wäre bei einem Verletzen des Dilatanz- und des Fluidruckkriteriums v. a. ein advektiver Transport zu erwarten, dessen Transportlänge um Größenordnungen über der des diffusiven Transport liegen dürfte. Eine stärkere Berücksichtigung der thermomechanischen Belastungen zur Prüfung der Integrität des ewG würde eine Betrachtung der technogenen Prozesse auch bereits in Schritt 2 der Phase I des Standortauswahlverfahrens implizieren (siehe auch den nachfolgenden Aspekt dieser Stellungnahme).“ (BGR 2022, S. 21 f.)

Fachliche Einordnung: Die BGE kann den Hinweis nachvollziehen.

Begründung: In der aktuellen Phase ist die Berücksichtigung des Dilatanzkriteriums und des Fluidruckkriteriums bei der Radionuklid-Transportmodellierung nicht vorgeschrieben (siehe auch der obige Kommentar). Die BGE nimmt die Anregung der BGR, ob auftretenden thermomechanischen Belastungen zu einem Integritätsverlust des Wirtsgesteins führen könnten, auf und prüft, ob eine Diskussion dieses Aspekts im Rahmen der rvSU eine sinnvolle Ergänzung der anderweitigen Bewertungen darstellen kann.

Die BGR hinterfragt die Begründung der BGE für die Dichtheit von Steinsalz und kritisiert die Darstellung des Zusammenhangs zwischen Steinsalz in steiler Lagerung und flacher Lagerung.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Sollte dieser Auffassung nicht gefolgt und an der vorgestellten Verwendung der Transportlänge festgehalten werden, sind einige Annahmen der BGE mit Blick auf das Wirtsgestein Steinsalz zu hinterfragen. So wird ausgeführt, dass für Steinsalz in steiler Lagerung, sofern es keinen zusammenhängenden Porenraum besitzt, „keine Ausbreitungsrechnungen nötig bzw. sinnvoll“ sind (Anlage, Blatt 547). Diese Auffassung wird auch hier vertreten. Jedoch basiert die Aussage der BGE, „dass die Permeabilität von intaktem Steinsalz sehr gering aber messbar ist (Liu et al., 2017)“ (Anlage, Blatt 547) auf einer nicht korrekten Betrachtung der angeführten Quelle: Liu et al. (2017) stellen klar, dass „auf Basis des vorliegenden Kenntnisstandes [...] auch für Salzgesteine in flacher Lagerung, wie für Salzgesteine allgemein, im unverritzten Zustand von absoluter Dichtheit gegenüber Fluiden (bspw. Gas, Salzlösungen) ausgegangen werden [kann]“. Weiter wird ausgeführt, „gleichwohl gibt es etwa zu Diffusion von Gasen in der Auflockerungszone einzelnen Messungen (Jockwer & Wieczorek, 2008), deren Ergebnisse sich als Beleg für das Vorhandensein eines kleinen, aber messbaren Anteils von zusammenhängenden Poren interpretieren lassen, sofern sie auf intaktes Steinsalz übertragbar sind“ (Anlage, Blatt 547f). Liu et al. (2017) zeigen, dass die von Jockwer & Wieczorek (2008) gewonnenen Ergebnisse an verritztem Steinsalz (Auflockerungszone) nicht auf intaktes Steinsalz übertragbar sind. Basierend auf diesen Überlegungen erscheint es nicht zielführend für das intakte Steinsalz eine endliche Permeabilität zu unterstellen und diese in Transportrechnungen zu variieren. Außerdem ist aufgrund der Quellenlage unklar, warum lediglich das Steinsalz in steiler, anscheinend nicht jedoch Steinsalz in flacher Lagerung in ihre Überlegungen miteinbezogen wird

Zusammenfassend wird eine ausführliche und nachvollziehbare Darstellung angeregt, inwiefern bereits im vorgelegten Arbeitsstand zur Methodik der rvSU eine Prüfung der Integrität des ewG gem. § 5 EndlSiAnfV angelegt ist und falls nicht, wann und ggf. wie diese erfolgen soll.“ (BGR 2022, S. 22)

Fachliche Einordnung: Die BGE kann die Kritik teilweise nachvollziehen.

Begründung: Die BGE bedankt sich für die fachlichen Hinweise, insbesondere auch zur Interpretation der KOSINA-Berichte. Die BGE wird diese Hinweise bei den weiteren Überlegungen zur Behandlung von Salz in steiler und flacher Lagerung berücksichtigen. Bezüglich der Frage nach der Übertragbarkeit von verritztem auf unverritztes Steinsalz: Da der KOSINA-Bericht (Liu et al. 2017) den Bericht von Jockwer & Wieczorek (2008) nicht unmittelbar zitiert, wäre es dafür hilfreich zu erfahren, an welcher Stelle im Bericht die Beweisführung zu finden ist. Die BGE wird sich diesbezüglich an die BGR wenden.

Die BGR bezieht sich auf Nichtberücksichtigung technogener Prozesse

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Aus den vorgelegten Unterlagen geht hervor, dass im Zuge der rvSU die geogenen, nicht jedoch die technogenen Prozesse (d. h. „diejenigen Prozesse, die erst durch das Vorhandensein des Endlagerbergwerks am Standort auftreten können“; Anlage, Blatt 474) betrachtet werden (Anlage, Blatt 463). Als Begründung wird dazu im Text ausgeführt, dass aus § 7 Abs. 6 Nr. 1⁴ und 2⁵ EndlSiUntV gefolgert wird, dass „die Ableitung der Entwicklungen, und damit die Auswahl der Prozesse und Komponenten in den rvSU, auf die geologische Barriere und die geogenen Prozesse, die ein Endlagersystem beeinflussen können, konzentriert ist“ (Anlage, Blatt 467).

Diese Schlussfolgerung ist nicht sicher nachvollziehbar: zwar ist gemäß § 7 Abs: 6 Nr. 2 EndlSiUntV „davon auszugehen, dass technische und geotechnische Barrieren ihre Funktion grundsätzlich in dem jeweils vorgesehenen Zeitraum erfüllen“, nicht aber, dass dies auch für die geologischen Barrieren gilt. Unklar ist ebenso, wie aus der Festlegung in § 7 Abs. 6 Nr. 1 EndlSiUntV, der zufolge die zu erwartenden und abweichenden Entwicklungen aus den auf Basis einer geowissenschaftlichen Langzeitprognose identifizierten geogenen Einwirkungen und Prozessen abzuleiten sind, gefolgert werden kann, dass technogene Prozesse unberücksichtigt bleiben können.“ (BGR 2022, S. 22 f.)

Fachliche Einordnung: Die BGE kann den Hinweis bedingt nachvollziehen.

Begründung: Technogene Prozesse werden bei der Ableitung der wirtsgesteinsspezifischen Entwicklungen berücksichtigt. Die Argumentation im Methodendokument ist gegebenenfalls etwas irreführend; technogene Prozesse werden in Schritt 2 Phase 1 nicht Ausgangspunkt abweichender Entwicklungen sein.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„§ 7 Abs. 6 Nr. 3 f EndlSiUntV fordert für die rvSU, „die Möglichkeit des sicheren Einschlusses der Radionuklide nach § 4 der Endlagersicherheitsanforderungsverordnung durch Zusammenwirken verschiedener Sicherheitsfunktionen innerhalb der wesentlichen Barrieren zu bewerten. Aus den Ausführungen geht nicht hervor, wie diese Bewertung gelingen kann, wenn potenzielle Veränderungen des Barrieregesteins durch den Wärmeeintrag der Endlagergebäude unberücksichtigt bleiben. Dabei fordert § 5 Abs. 2 EndlSiAnfV dazu auf, gerade diesen Aspekt zu prüfen: „Hinsichtlich der Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs ist zu prüfen und darzustellen, dass [...] durch die Temperaturentwicklung die Barrierewirkung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs nicht erheblich beeinträchtigt wird“. Auf Grund der substantiellen Bedeutung der hier aufgezeigten Wechselwirkung von geogenen und technogenen Prozessen mit Blick auf die Integrität des ewG, ist nicht nachvollziehbar wie die nachstehende Festlegung erfolgte: „Potenzielle Beeinträchtigungen der geologischen Barriere durch die technischen und geotechnischen Komponenten werden durch den Fokus auf geogene Prozesse methodisch vernachlässigt. Gemeint sind z. B. Gasbildung im Zuge der Behälterkorrosion, die zur Rissbildung in der geologischen Barriere führen kann, oder die Entwässerung des Wirtsgesteins bei Erwärmung durch die Zerfallsprozesse im eingebrachten Abfall“ (Anlage, Blatt 468). Zwar wird als

Begründung für diese methodische Vernachlässigung weiter ausgeführt, dass die „[technischen und geotechnischen] Komponenten in den rvSU nur auf grundlegenden Angaben beruhen und nur in Grundzügen spezifiziert sind, sodass die Bestimmung von Wechselwirkungen und Abhängigkeiten unangemessen erscheint, siehe Begründung zu § 6 Abs. 4 EndlSiUntV (BT-Drs. 19/19291) im Folgenden:

„...sind in dieser Phase [rvSU] nur die grundlegenden Angaben zur Auslegung der Endlagersysteme erforderlich. Diese dienen als konzeptionelle Grundlage für die Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen, bedeuten aber keine irreversible Vorfestlegung für das weitere Verfahren“ (Anlage, Blatt 468). Die angeführte Begründung bezieht sich auf die „grundsätzliche Möglichkeit eines sicheren Betriebs“ (vgl. § 6 Abs. 4 EndlSiUntV), nicht jedoch auf die Möglichkeit des sicheren Einschlusses der Radionuklide, die wie oben ausgeführt durch den Wärmeeintrag der Endlagergebäude verhindert werden könnte

Auch wenn der BGE zuzustimmen ist, dass die „[technischen und geotechnischen] Komponenten in den rvSU nur auf grundlegenden Angaben beruhen und nur in Grundzügen spezifiziert sind“ könnte für die in den rvSU geforderten „überschlägigen Abschätzungen“ (§ 7 Abs. 6 Nr. 3) der Wärmeeintrag auf Basis der in § 27 Abs. 4 StandAG exakt für die vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen formulierten Grenztemperatur von 100 Grad Celsius modelliert werden.““ (BGR 2022, S. 23 f.)

Fachliche Einordnung: Die BGE kann den Hinweis bedingt nachvollziehen.

Begründung: In Anbetracht der vorhandenen Datenlage in Schritt 2 Phase I ist eine ausführliche Modellierung beispielsweise der thermisch verursachten Veränderungen des Wirtsgesteins untersuchungsraumspezifisch nicht mit wesentlichem Erkenntnisgewinn zu realisieren. Darüber hinaus findet § 5 EndlSiAnfV keine unmittelbare Anwendung in den rvSU, stattdessen sind nach § 7 Abs. 6 Nr. 3 c) EndlSiUntV „die thermischen Verhältnisse im Endlagersystem“ zu bewerten. Dass das Wirtsgestein z. B. durch die Wärmeentwicklung der Behälter in seiner Barrierefunktion beeinträchtigt werden kann ist bekannt, obendrein existieren Lösungen zur Vermeidung der Schädigung (geringere Beladung der Behälter, größere Abstände). Die genannten Vorgänge werden diskutiert werden, sind in der aktuellen Phase aber den geowissenschaftlichen Fragestellungen der Standortwahl nachgeordnet.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Unabhängig davon ist unklar, in welchem Grad technogene Prozesse nicht doch bereits in Schritt 2 der Phase I berücksichtigt werden: die exemplarisch beschriebene Entwicklung eines wirtsgesteinspezifischen Endlagersystems im Steinsalz in steiler Lagerung umfasst neben geogenen auch technogene Prozesse (Anlage, Blatt 492, Punkt b). Dort wird beschrieben, dass „durch den radioaktiven Zerfall [...] Wärme [entsteht], die konduktiv aus dem Endlager abgeführt wird. Der Versatz im Endlagerbauwerk konvergiert, Spannungen bauen sich ab.“

Da die wirtsgesteinsspezifische Ableitung der zu erwarteten und abweichenden Entwicklungen auf Basis der wirtsgesteinsspezifischen FEP-Kataloge erfolgt (Anhang, Blatt 456 & 490), die sich auf geogene Prozesse beschränken (Anhang, Blatt 468), sollte die Bedeutung der technogenen Prozesse in den rvSU nachvollziehbar dargestellt werden. Es wird angeraten, dass technogene Prozesse, wie bspw. die Erwärmung des Wirtsgesteins durch die Zerfallsprozesse in den eingebrachten Abfällen, bereits in der jetzigen Phase des Standortauswahlverfahrens Berücksichtigung finden.“ (BGR 2022, S. 24)

Fachliche Einordnung: Die Lesart der BGR ist korrekt.

Begründung: Wie oben – die technogenen Prozesse werden in den wirtsgesteinsspezifischen Entwicklungen berücksichtigt werden.

2.7.2 Anmerkungen zu „Berücksichtigung von Anisotropie“

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Eine der beiden maßgeblichen Kenngrößen des Prüfschrittes ist die „Transportlänge (d_{1Ma}), d. h. [...] die Entfernung vom potenziellen Endlager für den modellierten Zeitraum von einer Million Jahren, innerhalb derer die Anforderungen [...] noch erfüllt sind.“ Die zweite maßgebliche Kenngröße ist der minimale Abstand d_{min} . Dabei handelt es sich um „die geringste Distanz zwischen dem Rand des Wirtsgesteins und dem Rand des potenziellen Endlagers“ (Anlage, Blatt 517f). Die gewählten Formulierungen (Anlage, Kap. 8.6.5.1) und die erläuternden Abbildungen 186 und 194 suggerieren ein isotropes Medium, so dass davon ausgegangen wird, dass der die minimale Kenngröße beschreibende Vektor i.d.R. vertikal orientiert ist (Anlage, Kap. 8.5.6.2). Da jedoch bei Tongestein, Steinsalz in flacher Lagerung und kristallinem Wirtsgestein Anisotropie anzunehmen bzw. nicht auszuschließen ist, wird angeregt abzuklären, ob diese Annahme gerechtfertigt ist und falls nein, wie eine Anisotropie entsprechend berücksichtigt werden kann.“ (BGR 2022, S. 24 f.)

Fachliche Einordnung: Die BGE kann die Kritik teilweise nachvollziehen.

Begründung: Bei horizontal gelagerten Schichten ist i. d. R. Anisotropie anzutreffen. Die horizontale Ausdehnung der gelagerten Gesteinsformationen übersteigt jedoch die vertikale Ausdehnung um ein Vielfaches. Insofern wurde als kürzeste Distanz die vertikale Transportrichtung vom Einlagerungsbereich zum Rand des Wirtsgesteins betrachtet. Aufgrund der limitierten Datenlage ist eine differenzierte Parametrisierung der Anisotropie im Rahmen der rvSU nicht zielführend. In den nachfolgenden Verfahrensschritten werden mit zunehmenden Detailgrad komplexere Zusammenhänge in die Transportmodellierung einbezogen.

Über Transportmodellierung hinaus gibt es bereits in der jetzigen Phase Untersuchungen bezüglich Anisotropie. Das FuE-Projekt GAME¹ führt Anisotropiemessungen durch, um daraus ein besseres Verständnis für mögliche Fluidwegsamkeiten im kristallinen Wirtsgestein zu erlangen.

2.7.3 Anmerkungen zu „Ermittlung des Diffusionskoeffizienten“

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Wesentliche Eingangsgrößen zur Bestimmung der beiden vorstehend genannten Kennzahlen werden in den Kapitel 8.5.5ff der Anlage genannt. Eine dieser Eingangsgrößen ist der Diffusionskoeffizient, für dessen Bestimmung Informationen zu Porosität und Temperatur erforderlich sind (Anlage, Blatt 530). Für beide Parameter sind „in den meisten Fällen standortspezifische Daten verfügbar“. Falls nicht, geht die BGE davon aus, dass dafür „[gute] Schätzungen vorgenommen werden können“. Unklar ist, inwiefern dies mit Blick auf die Porosität tatsächlich praktikabel ist bzw. wie groß die Sensitivität der Berechnungen bzgl. dieses Parameters ist, so dass ggf. der Einfluss einer unzureichenden Bestimmung abgeschätzt werden kann.“ (BGR 2022, S. 25)

Fachliche Einordnung: Die BGE kann die Kritik teilweise nachvollziehen.

Begründung: Die Ableitung effektiver Diffusionskoeffizienten für die Radionuklide im Gestein ist in der Tat mit vielfältigen Ungewissheiten behaftet. Aus diesem Grund werden Sensitivitätsuntersuchungen der relevanten Eingangsgrößen durchgeführt. Dies umfasst auch die Temperatur und die Porosität. Insbesondere die Porosität kann Bandbreiten aufweisen, die in geeigneter Weise quantifiziert werden müssen. Zu diesem Zweck wurde die Kennzahl I_R zur Abschätzung der Robustheit abgeleitet. Sie umfasst die möglichen Ausprägungen der Transportlängen u. a. bezogen auf Ungewissheiten der Porosität. Die Bandbreiten der Porositätswerte werden ortsspezifisch unter Berücksichtigung von Messdaten und Literaturwerten abgeleitet. Neben der bestmöglichen Einschätzung der genannten Parameter werden somit zusätzlich realistische Bandbreiten in die Modellierung einbezogen.

2.7.4 Anmerkungen zu „Berücksichtigung des advektiven Transports“

Die BGR kritisiert, dass der advektive Transport in der Modellierung des Radionuklidtransports nicht ausreichend berücksichtigt wurde.

¹ https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Forschung/20220323_Steckbrief_fuer_Forschungsvorhaben_GAME_barrierefrei.pdf

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Neben der Bedeutung des Diffusionskoeffizienten als wesentliche Eingangsgröße zur Bestimmung der beiden Kennzahlen wird sowohl in Tabelle 64 als auch in Kapitel 8.5.5 der Anlage ebenfalls auf die Bedeutung („Haupteinflussgröße“, Blatt 426) des advektiven Transports verwiesen. Dieser wird überwiegend von der Abstandsgeschwindigkeit dominiert (Navarro et al., 2019). Anlage 1 StandAG gibt für die Abstandsgeschwindigkeit in der Wertungsgruppe „bedingt günstig“ einen Wertebereich von $0,1$ bis $1,0 \text{ mm a}^{-1}$ an. Damit kann die praktische Konsequenz dieses Wertebereichs abgeschätzt werden: eine Abstandsgeschwindigkeit von $0,1 \text{ mm a}^{-1}$ entspricht einer advektiven Transportstrecke von 100 m in 1 Million Jahre . Demgegenüber entspricht eine Geschwindigkeit von $1,0 \text{ mm a}^{-1}$ einer advektiven Transportstrecke von 1000 m in 1 Million Jahre .

Diese überschlägigen Abschätzungen unterstreichen die Bedeutung des advektiven Transports von Radionukliden für den Fall, dass ein ausreichendes hydraulisches Potenzial vorhanden ist. Die vorgelegten Ausführungen behandeln überwiegend den diffusiven und nicht den advektiven Transport. Wie nachstehend beispielhaft gezeigt, werden pauschale, nicht hinreichend belegte Annahmen zum advektiven Transport dessen Bedeutung nicht gerecht, obwohl diese an selber Stelle betont wird: „Generell hat die Abstandsgeschwindigkeit eine hohe Bedeutung für die Sicherheitsfunktion eines Endlagersystems in Tongestein [...]. Für das GzME ‚Opalinuston‘ (01_00UR) ist aber eine sehr geringe Abstandsgeschwindigkeit zu erwarten, so dass die lokalspezifische Bedeutung voraussichtlich geringer einzuschätzen ist“ (Anlage, Blatt 594).

Unklar ist ebenso, inwiefern Ungewissheiten in Parametern, durch welche die Abstandsgeschwindigkeit und dadurch auch die advektive Transportstrecke bestimmt werden, etwa im hydraulischen Gradienten oder in der Permeabilität, berücksichtigt werden (vgl. Ziffer 5 dieser Stellungnahme). Durch diese können sich ggf. so starke Variationen der Transportlänge ergeben, dass die Berücksichtigung von Ungewissheiten des Diffusionskoeffizienten vernachlässigbar werden kann.“ (BGR 2022, S. 25 f.)

Fachliche Einordnung: Die BGE kann die Kritik teilweise nachvollziehen.

Begründung: Die von der BGE eingesetzten Modelle berücksichtigen grundsätzlich auch Advektion als Prozess. Sicherlich sind die Ungewissheiten in Bezug auf den advektiven Transport groß, dies betrifft insbesondere auch den wirksamen hydraulischen Gradienten als Eingangsparameter. Es ist Gegenstand weiterer Prüfungen seitens der BGE, in welcher Weise diese Ungewissheiten behandelt werden können.

2.8 Anmerkungen zur „Geosynthese gem. § 5 EndSiUntV“

2.8.1 Anmerkungen zu „Kenngroßen“

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Im Zuge der Durchführung der Geosynthese führt die BGE aus, dass sie die Datenlage und die geologischen Rahmenbedingungen anhand der folgenden vier Kenngrößen bewerten will: (I) Datenqualität, (II) Datenquantität, (III) interpretative Daten und weitere (indirekte) Nachweise, (IV) geologische Komplexität (vgl. Anlage, Kap. 5.1.2). Insbesondere mit Blick auf die beiden Kenngrößen zu den geologischen Rahmenbedingungen (Kenngrößen III und IV) mangelt es an Beschreibungen und Beispielen, wie die einzelnen Kenngrößen ermittelt werden. Hinsichtlich aller vier Kenngrößen ist nicht klar ersichtlich, wie die einzelnen Kenngrößen in die weiteren Arbeitsschritte der rvSU einfließen.“ (BGR 2022, S. 26)

Fachliche Einordnung: Der Hinweis ist verständlich. Die dargelegte Methodik stellt eine erste Skizze zum Umgang mit einer heterogenen Datenlage dar, die im Rahmen der veröffentlichten Berichte mit der Fachöffentlichkeit diskutiert werden sollte.

Begründung: Die Einschätzung der BGR ist korrekt, dass in dem Kapitel über die Methode zum Umgang mit heterogener Datenlage aktuell noch wenige Beispielen und Beschreibungen enthalten sind. Die BGE hat die Herausforderung eine Methode zu entwickeln, die sowohl großmaßstäblich als auch kleinmaßstäblich funktioniert. In BGE 2022b wurde dafür zunächst eine erste Skizze vorgestellt, um der Fachöffentlichkeit das Prinzip zu präsentieren, wie die BGE in Zukunft eine heterogene Datenlage erfassen möchte.

Aktuell arbeitet die BGE daran, diese Überlegungen weiterzuentwickeln und in eine anwendbare Vorgehensweise zu überführen. Hinweise von der Fachöffentlichkeit werden in die aktuellen Arbeiten einfließen.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„In die Kenngröße „Datenqualität“ zur Erfassung der Datenlage fließt u. a. „die Menge an vorliegenden digitalen Schichtinformationen bezogen auf Petrologie- und Stratigraphieangaben“ (Anlage, Blatt 233) ein. Im Bewusstsein der enormen Anstrengungen, die die BGE mit Blick auf die Digitalisierung von Bohrakten gegenwärtig unternimmt, stellt sich die Frage, ob sich die Durchführung der rvSU (d. h. die Reihenfolge der Bearbeitung der einzelnen Teilgebiete) dabei am Fortschritt der Digitalisierungskampagnen orientiert. Dadurch wäre gewährleistet, dass den rvSU ein möglichst vollständiger Datensatz der jeweiligen Teilgebiete zu Grunde liegt.“ (BGR 2022, S. 26)

Fachliche Einordnung: Das ist ein fachlich nachvollziehbarer Ansatz, den die BGE bereits verfolgt.

Begründung: Die BGE arbeitet im Schritt 2 mit großen Untersuchungsräumen, in denen ungeeignete (Kategorie D) bis sehr gut (Kategorie A) geeignete Gebiete vorkommen können.

Für Gebiete, die eine gewisse Eignung erwarten lassen (Kategorie C und besser), erfolgt eine detailliertere Bearbeitung der Teiluntersuchungsräume (TUR). Für diese TUR wird auch die Datenlage detaillierter betrachtet. Die Digitalisierungsarbeiten fokussieren sich auf diese Gebiete, lassen aber zur Verifizierung der Kategorie D-Entscheidung auch Bohrungen in Kat. D Gebieten nicht völlig außer Acht.

Um die Digitalisierung möglichst gut mit der Bearbeitung zu synchronisieren, werden Priorisierungen für die Digitalisierung erarbeitet. So sollen besonders relevante Bohrungen zuerst digitalisiert werden damit diese für die Arbeiten im Rahmen der rvSU frühzeitig vorliegen.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Unbenommen davon wird dringend angeraten, die Annahme, dass „der Detailgrad innerhalb der Schichtbeschreibungen [...] ein Hinweis auf die Datenqualität [ist]“ (Anlage, Blatt 233) belastbar zu prüfen, da ein detailarmes Schichtenverzeichnis auch aus einer – für die Standortauswahl zu begründenden – homogenen Schichtfolge resultieren kann. Dies gilt insbesondere mit Blick auf das kristalline Wirtsgestein, wo verglichen zu Tongestein (und untergeordnet Steinsalz in flacher Lagerung) mit besonders mächtigen, petrographisch homogenen Gesteinsabfolgen zu rechnen ist. Unklar ist, anhand welcher Parameter (z. B. Lithologie, strukturelle Merkmale, etc.) der Detailgrad bestimmt werden soll, ob es einen solchen Parameterkatalog gibt bzw. ob ein solcher als erforderlich anzusehen ist. Das zum Detailgrad angeführte Beispiel 31 basiert auf chronostratigraphischen Angaben (Anlage, Abb. 63), die in der Praxis erfahrungsgemäß nur äußerst selten im Detailgrad „sehr detailliert“ („Gruppe A“) vorhanden sind. Demnach ist unklar, welche Informationen tatsächlich zum Erstellen der Abbildung 64 herangezogen wurden und damit die Repräsentativität ihrer Aussagekraft.“(BGR 2022, S. 26 f.)

Fachliche Einordnung: Das ist ein fachlich nachvollziehbarer Hinweis.

Begründung: Neben detaillierten chronostratigraphischen Angaben, werden auch Schichten mit detaillierten lithostratigraphischen und biostratigraphischen Angaben der Gruppe A zugeordnet.

In den digitalen Schichtenverzeichnissen der Bohrungen im GzME Thüringer Becken gibt es für sehr viele Bohrungen detaillierte chronostratigraphische Angaben, so dass ein Großteil der Bewertungen die Gruppe A (Detailgrad 1 oder 2 (ohne petrographische Beschreibung)) ergibt (vgl. Abb. 66 in BGE 2022b). Fachlich bedeutet das, dass die digitale Aufnahme der Schichtbeschreibung eine Differenzierung der relevanten stratigraphischen Einheit erlaubt, hier entweder das Werra-Steinsalz (z1NA) oder das Staßfurt-Steinsalz (z2NA). Darüber hinaus gehende Details in den Angaben ändern die Bewertung bezüglich des Detailgrads nicht, helfen aber natürlich bei der Bewertung z. B. für die Anlage 3 (§ 24 StandAG). Den Hinweis, dass wenige Angaben in den Schichtenverzeichnissen auch auf eine homogene Abfolge deuten können, nehmen wir gerne auf. Bezüglich der Bewertung der Kenngröße DQL sieht die BGE hier aber kein Handlungsbedarf, da bereits eine einmalige Aufführung des Steinsalz-Horizonts (z1NA oder z2NA) im Schichtenverzeichnis zur besten Bewertung (Gruppe A) dieser Schicht führt.

Der BGE ist bewusst, dass in anderen Gebieten Deutschlands der digital aufgenommene Detailgrad deutlich geringer ausfallen kann. Auf solche Gebiete fokussieren sich die Digitalisierungsarbeiten, um hier entsprechend nachzubessern. Die automatisierte Bewertung des Informationsgehalts von digital vorliegenden Bohrungsdaten hilft folglich auch bei der Identifizierung von Datenlücken.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Unklar ist ebenso, warum für die Kenngröße „Datenqualität“ vor allem „digitale [...] Schichtinformationen bezogen auf Petrologie- und Stratigraphieangaben“ (Anlage, Blatt 233), nicht jedoch geophysikalische Bohrlochmessungen herangezogen werden sollen. Es ist davon auszugehen, dass die meisten Tiefbohrungen nicht gekernt, dafür aber mit unterschiedlichen geophysikalischen Bohrlochsonden vermessen sein.“ (BGR 2022, S. 27)

Fachliche Einordnung: Die BGE bedankt sich für den Hinweis

Begründung: Die ursprüngliche Idee zur Bewertung der Kenngröße DQL hat vorgesehen, die Bewertung so objektiv und automatisiert wie möglich ablaufen zu lassen, um der großen Datenmenge und Flächengröße für die rvSU Rechnung zu tragen und eine Vergleichbarkeit der ermittelten Bewertung der Datenlage zu gewährleisten. Es sollten dafür nur wenige Aspekte (Informationsgehalt und seismische Daten) als Indikator der Datenqualität zur Bewertung herangezogen werden. Die BGE wird dem Hinweis der BGR im Rahmen der aktuellen Arbeiten zum Umgang mit einer heterogenen Datenlage nachgehen.

2.8.2 Anmerkungen zu „Kriterium zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper“

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Es wird mit Beispielen erläutert, wie die Konfiguration der Gesteinskörper, wie in Anlage 2 des StandAG ausgeführt, bewertet werden soll. In Beispiel 48 der Anlage werden Profilschnitte, gebildet aus Bohrungen inner- und außerhalb des Untersuchungsraums sowie ein synthetisches Bohrprofil dargestellt. In Beispiel 51 wird ausgeführt, „dass die Bewertung [der Indikatoren zu Anlage, 2 StandAG] überprüft werden muss, sobald nähere Erkenntnisse zum Internbau der Salzstruktur ermittelt werden konnten“ (Anlage, Blatt 336). Ferner wird ausgeführt, dass „sobald detaillierte Kenntnisse zum Internbau der Salzstruktur und damit zu den Mengenanteilen von Steinsalz, Kalisalzen, Anhydriten etc. vorliegen, [...] die Bewertung des Indikators überprüft und gegebenenfalls angepasst [wird]“ (Anlage, Blatt 338). Diese Aussage bzw. die Erwartung weiterer „detaillierter Erkenntnisse zum Internbau“ bleiben für Phase I des Standortauswahlverfahrens bzw. für die Entwicklung der Methodik zu den rvSU kritisch zu hinterfragen, da keine neuen Daten durch Erkundung erhoben werden. Neben den in Beispiel 48 gezeigten Daten werden wahrscheinlich keine weiteren bewertungsrelevanten ortsspezifischen Daten hinzukommen. Auch durch die Bewertung von Internbau-relevanten Indikatoren über Analogieschlüsse (Anlage, Kap. 5.2.4) sind keine detaillierten ortsspezifischen Informationen zum Internbau zu erwarten. Insofern ist es, trotz der zu erwartenden Komplexität des Internbaus aber auch vor dem Hintergrund der in der Steinsalz-Definition ausgeführten Ausschlussmöglichkeiten (Anlage, Blatt 707f; vgl. Ziffer 8 dieser Stellungnahme), unklar, warum anhand der Bohrungsinformationen mit darin enthaltenen lithologischen Informationen, eine weitere Eingrenzung des Untersuchungsraums vorgenommen wurde. Der Bereich um die Bohrungen Bahlburg 1 und Luhdorf-I zeigt bspw. ab ca. 800 m Teufe ein Vorkommen von Zwischenschichten aus Anhydrit, Kalisalzen und Salzton (Anlage, Blatt 317), die vstl. keine Ausweisung eines ewGs erlauben. Die jetzige Vorgehensweise („für das aktuelle Beispiel gilt für die Bewertung vereinfacht die Annahme, dass die Salzstruktur vollständig aus dem Wirtsgestein Steinsalz aufgebaut ist“; Anlage, Blatt 336) scheint für die Entwicklung der Methodik, speziell im Wirtsgestein Steinsalz in steiler Lagerung und bei Vorliegen ortsspezifischer Bohrungsdaten, zu konservativ gewählt und hinsichtlich der weiteren Einengung der 60 Teilgebiete nicht zielführend.“ (BGR 2022, S. 27 f.)

Fachliche Einordnung: Die BGE teilt die Einschätzung der BGR in Teilen.

Begründung: Wie korrekt dargelegt wurde, stellen die Bohrungsprofile in Beispiel 48 die zentralen ortsspezifischen Daten zum internen Aufbau der Salzstruktur Bahlburg dar. Der BGE ist bewusst, dass für eine Charakterisierung des Internbaus sowie der Internbau-relevanten Indikatoren keine zusätzlichen harten Daten geschaffen werden können. Vielmehr erhofft sich die BGE durch eine ergebnisoffene Studie zur Prognose des Internbaus einen methodischen Ansatz, mitsamt Anwendungskonzept, wie Salzstrukturen gruppiert werden können in Abhängigkeit ihrer voraussichtlichen Internbaukonfiguration. Ein Vorschlag wie ein Internbau einer Salzstruktur individuell aussieht wird kein Ergebnis der Studie sein, da dies anhand vorhandener Daten auch nicht umsetzbar sein wird.

Die BGE hat anhand der genannten Informationen keine Eingrenzung des Untersuchungsraumes vorgenommen. Die beiden Bohrungen Bahlburg 1 und Luhdorf-I zeigen jeweils individuell, wie korrekt dargelegt, kaum Möglichkeiten zur Ausweisung eines ewG. Jedoch kann aufgrund anzunehmender Verfallung der Zwischenschichten innerhalb einer Salzstruktur nicht ermittelt werden, wie weit ein möglicher Bereich der Nicht-Eignung aushält. Daher kann hier keine belastbare Eingrenzung innerhalb der Salzstruktur (entspräche einer Ausweisung von TUR) vorgenommen werden und ist zunächst auch nicht notwendig. Die BGE erwartet zum jetzigen Zeitpunkt bei einer Vielzahl von Teilgebieten im Wirtsgestein Steinsalz „in steiler Lagerung“ weniger eine Einengung von Untersuchungsräumen, sondern eher eine Reduzierung der Anzahl von Untersuchungsräumen im Wirtsgestein Steinsalz „in steiler Lagerung“ durch einen untersuchungsraumübergreifenden Vergleich.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„In der Anlage wird in einigen Beispielen der Umgang mit der geforderten Salzschwebe erläutert. Es wird angeregt, zu definieren, welche Anforderungen grundsätzlich an die stoffliche Zusammensetzung der Salzschwebe gestellt werden, da eine entsprechende Definition im StandAG fehlt. Es wäre zu prüfen, ob die gleichen Voraussetzungen gelten wie für ein Wirtsgestein, das einen ewG aufnehmen kann, oder ob davon abgewichen werden kann. Hierbei wäre eine Abweichung von der Definition für das Wirtsgestein Steinsalz, bspw. durch das Vorkommen von Salztonen oder Anhydritgesteinen, zu begründen. Eine entsprechende Erläuterung könnte bspw. im Anhang 6.2 der Anlage (Begriffsbestimmung „Steinsalz“) ergänzt werden. Darüber hinaus führt Tabelle 38 der Anlage Hutgesteinsmächtigkeiten auf, basierend auf Schichtverzeichnissen. Es ist nicht erläutert, in welcher Weise diese bei der Betrachtung des Salzkörpers bzw. der Betrachtung der Salzschwebe (Indikator 2.1a Barrierenmächtigkeit, Anlage, Abb. 107 & 109) Berücksichtigung fanden.“ (BGR 2022, S. 28)

Fachliche Einordnung: Die BGE kann den Hinweisen folgen und arbeitet bereits an einer Definition der Salzschwebe.

Begründung: Die BGE hat die fehlende Definition der Salzschwebe erkannt und arbeitet bereits an einer Definition dieser.

Tabelle 38 der Anlage zeigt, dass die Hutgesteinsmächtigkeiten in der Salzstruktur Bahlburg, wie in vielen weiteren Salzstruktur nachgewiesen, sehr unterschiedlich sein können. Daher wird auf eine pauschale Festlegung eines Wertes verzichtet.

Generell wird sich die BGE im aktuellen Verfahrensschritt sowohl mit der Definition der Salzschwebe als auch mit dem Umgang des Hutgesteins beschäftigen und dazu Festlegungen treffen.

2.8.3 Kriterium zur Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Kommt innerhalb der geologischen Barriere eine große Anzahl an Gesteinstypen vor, wird dies mit einer großen Variationsbreite der Eigenschaften gleichgesetzt.“ (Anlage, Blatt 351). Diese Annahme erscheint mit Blick auf sedimentäre Wirtsgesteine plausibel. Gleichwohl sollte zumindest stichprobenartig überprüft werden, inwiefern sie tatsächlich zutrifft. Mit Blick auf das kristalline Wirtsgestein erscheint diese Annahme nicht (vollumfänglich) plausibel und sollte daher überprüft werden.“ (BGR 2022, S. 28)

Fachliche Einordnung: Diese Anmerkung ist nicht vollumfänglich nachvollziehbar.

Begründung: Auch im Fall der kristallinen Wirtsgesteine bedeutet eine große Anzahl an Gesteinstypen, eine erhöhte Variationsbreite der Eigenschaften. Dort, wo Möglichkeiten zur Kalibrierung in Form von zusätzlichen Daten wie Aufschluss- oder Kernbeschreibungen, Fazies- oder Diagenese-Studien verfügbar sind, werden diese als wertvolle Informationen herangezogen.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Weiterhin wird ausgeführt, dass „der Wechsel von Lithologien bzw. Gesteinstypen und die dadurch vorhandenen Grenzflächen [...] tendenziell eine stärkere Heterogenität sowie Variationsbreite der Eigenschaften dar[stellen] und [...] im Rahmen der Indikatorbewertung berücksichtigt [werden]“ (Anlage, Blatt 351). Darüber hinaus werden „Ausbildung und Verlauf der Trennflächen zwischen den einzelnen Gesteinstypen“ herangezogen, um sich der „räumlichen Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften zu nähern (Anlage, Blatt 369). Inwiefern die hier zitierten Stellen einen graduellen, nicht an diskreten Trennflächen gebundenen Lithologiewechsel erfassbar machen bzw. es erlauben, ihn bei den weiteren Analysen zu berücksichtigen, ist unklar. Graduelle lithologische Wechsel dürften nicht nur in Schichtverzeichnissen oftmals unzureichend beschrieben sein, da sich Top und Basis einer solchen Einheit nur schwer identifizieren lassen. Dies könnte sich ggf. nachteilig auf die „Datenqualität“ auswirken (vgl. Ziffer 7.1 dieser Stellungnahme). Darüber hinaus besteht die Besorgnis, dass durch eine nicht ausreichende Berücksichtigung gradueller lithologischer Wechsel die Mächtigkeit einer Schichtfolge mit für die Endlagerung günstigen Eigenschaften unter- aber auch überschätzt wird. Inwiefern diese Problematik reflektiert ist, geht aus den vorgelegten Unterlagen, auch aus dem Beispiel 54, das sich mit den beiden Subformationen der Opalinuston-Formation befasst, nicht eindeutig hervor. Insbesondere stellt sich die Frage, inwiefern es gelingen kann, graduelle Kontakte, die in der Literatur weniger gut als für den Opalinuston beschrieben sind, zu berücksichtigen.“ (BGR 2022, S. 28 f.)

Fachliche Einordnung: Die BGE hat diesen Sachverhalt während der Entwicklung der Methode reflektiert und stimmt zu.

Begründung: Die BGE stimmt zu, dass Grenzflächen oder graduelle Übergänge in Schichtenverzeichnissen oft nur unzureichend beschrieben sind. Oft stehen zur Bearbeitung nur die digitalisierten

Kurz-Schichtenverzeichnisse zur Verfügung, in denen lithologische Beschreibungen für größere Intervalle zusammengefasst aufgenommen sind. Aus diesem Grund legt die BGE großen Wert auf die Interpretation von bohrlochgeophysikalischen Daten. Diese bilden relative Änderungen der Lithologie besser ab und lassen diesbezüglich detailliertere Interpretationen zu. Leider sind diese Logs nur bei einem Teil der bestehenden Bohrungen gemessen worden, sodass eine Synthese der Interpretation aus Beschreibungen der Lithologie und bohrlochgeophysikalischer Messung unumgänglich ist.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Hinsichtlich des Ausmaßes der tektonischen Überprägung wird mit Blick auf das kristalline Wirtsgestein die Hypothese aufgestellt, „dass sich die Trennfugendichte und die Gebirgsdurchlässigkeit [...] von der tektonischen Überprägung eines regionalgeologischen Gebiets ableiten lässt“ (Anlage, Blatt 396). Es ist zu bedenken, dass, selbst wenn es eine Korrelation zwischen tektonischer Überprägung und Trennfugendichte gibt, dies nicht zwangsläufig bedeutet, dass die Gebirgsdurchlässigkeit aufgrund von Kenntnissen des Störungsmusters ableitbar ist. Dies geht aus der Erkundung des kristallinen Grundgebirges in der Nordschweiz durch die NAGRA hervor: „die Kenntnis des lithologisch strukturellen Musters allein genügt demnach nicht zur Prognose der Wasserführung des Grundgebirges [...]. Es gibt darum keine einfache Korrelation zwischen Wasserführung und Störungsmuster im Grundgebirge.“ (HSK 23/73, 2004, S.30).“ (BGR 2022, S. 29)

Fachliche Einordnung: Die BGE hat diesen Sachverhalt während der Entwicklung der Methode reflektiert und stimmt teilweise zu.

Begründung: Der BGE ist bewusst, dass die Gebirgsdurchlässigkeit durch die tektonische Überprägung eines Gesteinsverbands nicht pauschal als ungünstig zu bewerten ist. Der Sachverhalt wurde bei der Methodenentwicklung reflektiert und diskutiert. Diverse Publikationen (z. B. Caine et al. 1996; Bense et al. 2013; Mitchell & Faulkner 2012; Rukavičková et al. 2021; Snowdon et al. 2021) zeigen im kristallinen Wirtsgestein eine erhöhte Gebirgsdurchlässigkeit in der Zerrüttungszone einer Störung. Auch die NAGRA veröffentlichte dazu einen Bericht, der die hydraulische Signifikanz von tektonisch gestörten Zonen wie Störungen durch eine Korrelation von Strukturdaten aus Bohrkernanalysen mit Fluid-Logging-Ergebnissen anspricht (Ammann et al. 1992 in Voborny et al. 1994). Etwa 50 – 60 % aller festgestellten Fluidflüsse sind demnach in gestörten Kernabschnitten zu finden (Voborny et al. 1994). Dies veranschaulicht, dass die Durchlässigkeit entlang von Störungszonen im Allgemeinen größer ist, als die des intakten kristallinen Grundgebirges. Maßgeblich für die qualitative Bewertung der Gebirgsdurchlässigkeit in kristallinen Wirtsgestein ist daher die verbalargumentative Herleitung der zu erwartenden Intensität der tektonischen Überprägung hinsichtlich der Leitgröße, dass die räumliche Dichte von Störungszonen und Klüften im ewG, keine oder wenige ungestörte Wirtsgesteinsbereiche in ausreichender Größe erwarten lässt und damit von einer insgesamt erhöhten Gebirgsdurchlässigkeit in diesen Bereichen ausgegangen werden muss.

2.8.4 Anmerkungen zu „Eingangsparameter der geologischen Modelle“

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Im Zuge der Geosynthese werden für die Teiluntersuchungsräume geologische Modelle angefertigt, die als Grundlage für die numerischen Transportrechnungen dienen (Anlage, Kap. 5.7.6). Die einzelnen in den Modellen abgebildeten Lithologien werden hierbei „bezüglich ihrer mineralogischen, geochemischen, hydrogeologischen und petrophysikalischen Merkmale durch Parameter charakterisiert“ und damit „nachvollziehbar beschrieben“ (Anlage, Blatt 412). Die vorgelegten Ausführungen suggerieren, dass diese Aufzählung von Parametern abschließend ist. Unklar ist, inwiefern ggf. weitere relevante Eigenschaften, etwa zum geomechanischen Verhalten, in die Modelle einfließen.“ (BGR 2022, S. 29)

Fachliche Einordnung: Die BGE kann den Hinweis der BGR nachvollziehen.

Begründung: Die Liste der Parameter, die innerhalb der rvSU berücksichtigt werden und auch in den numerischen Transportberechnungen Anwendung finden, kann im Zuge der Durchführung der rvSU teilweise noch ergänzt werden. Daher ist die Aufzählung der Parameter in der „Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung“ (BGE 2022b) nicht als abschließend zu betrachten. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt fließt die Betrachtung der Geomechanik nicht in die Erstellung der Transportmodelle mit ein.

2.9 Anmerkungen zu „Begriffsbestimmung Steinsalz“

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Im Zuge der Methodenentwicklung für die rvSU passt die BGE ihre Auffassung des Begriffs „Steinsalz“ an bzw. präzisiert diesen (Anlage, Blatt 707f). Zwar wird ausgeführt, dass nur Steinsalzhorizonte mit einer Mindestmächtigkeit von 100 m betrachtet werden. Hierbei sind jedoch „Zwischenschichten anderer lithologischer Zusammensetzung [...] zulässig, solange die Zwischenschichten die Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs nicht beeinflussen“. Inwiefern dieser Einfluss auf die Integrität des ewG im Zuge der laufenden Phase I des Standortauswahlverfahrens, in der keine neuen Daten erhoben werden, ausgeschlossen werden kann, ist unklar.

Mit Blick auf das Steinsalz in stratiformer Lagerung wird erläutert, dass maximal 5 % des 100 m mächtigen Wirtsgesteinspakets (d. h. insgesamt 5 m) aus anderen Gesteinen als Steinsalz (Anhydrit, Tonstein, Salzton und Kalisalze) bestehen dürfen. Als Arbeitshypothese gilt, dass die Mächtigkeit einzelner Horizonte dieser anderen Gesteine 3 m nicht überschreiten darf. Inwiefern Zwischenschichten unterschiedlicher Zusammensetzung bei einer Mächtigkeit von < 3 m bzw. > 3 m Einfluss auf die Integrität eines ewG haben oder nicht, wird nicht erläutert. Es wird angeregt, dies bspw. anhand von Analogieschlüssen oder numerischen Berechnungen zu begründen. Ferner wird erläutert, dass der Einlagerungsbereich, für den in einer Arbeitshypothese eine Mächtigkeit von 30 m veranschlagt wird, „nicht durch Zwischenschichten anderer lithologischer Zusammensetzung unterbrochen sein [darf]“. Es wird angeregt zu diskutieren, inwiefern die mit dieser Ausführung suggerierten 100 % Steinsalz tatsächlich sowohl notwendig als auch praktikabel sind, werden so doch auch geringstmächtige (z. B. wenige mm bis cm) Horizonte anderer Gesteine ausgeschlossen.

Bspw. kommt Anhydrit i.d.R. in allen Steinsalzlagerstätten Deutschlands vor (bspw. im Hauptsalz der Staßfurt-Formation), wobei die geringen Beimengungen keinen negativen Einfluss auf die Endlager-sicherheit haben.“ (BGR 2022, S. 30)

Fachliche Einordnung: Die BGE nimmt einige Teile als Anregung dankend auf.

Begründung: Die angegebenen 3 m Schichtmächtigkeit, die als trennende Elemente zwischen Steinsalzhorizonten angesehen werden, sind bewusst eine erste konservative Arbeitshypothese, anhand derer verhältnismäßig homogene Steinsalzbereiche von heterogenen Bereichen nachvollziehbar unterschieden werden können. Für die zielgerichtete Anwendung der Mindestanforderung „Mächtigkeit des ewG“ wird damit festgelegt, dass sich Zwischenschichten größerer Mächtigkeit trennend auf die betrachteten Steinsalze auswirken, da ihnen ein negativer Einfluss auf die Barriereigenschaften unterstellt werden. Im Umkehrschluss heißt dies nicht automatisch, dass alle Zwischenschichten mit Mächtigkeiten kleiner als 3 m keinen negativen Einfluss haben. Mit steigendem Detailgrad der Bearbeitung wird die Anregung der BGR, die Arbeitshypothese von 3 m anhand von Analogieschlüssen oder numerischen Berechnungen zu begründen, aufgenommen und an die unterschiedlichen Lithologien (Kalisalze, Anhydrit, Tonsteine) individuell angepasst werden.

Bezüglich der unterschiedlichen Vorgaben bei Steinsalz „in steiler Lagerung“ und „stratiformer Lagerung“ ist der Hintergrund, dass bei stratiformen Steinsalzen aufgrund der besseren Voraussagbarkeit der Lagerungsverhältnisse auch Kalisalze innerhalb der betrachteten 100 m erlaubt sind, sofern diese nur eine geringe Mächtigkeit haben und die von der BGR richtigerweise erwähnten Sicherheitsabstände vom potenziellen Einlagerungshorizont eingehalten werden können. Da diese Abstände noch nicht final festgelegt wurden, wird auf diese Weise eine Vorfestlegung vermeiden, die möglicherweise im Nachgang korrigiert werden müsste. Bei Steinsalz „in steiler Lagerung“ hingegen wird auch aufgrund der schwierigen Prognose der Lagerungsverhältnisse aus Vorsorgegründen das Auftreten von Kalisalzen innerhalb der 100 m ausgeschlossen.

Die Ableitung der BGR, dass 100 % Steinsalz im postulierten 30 m mächtigen Einlagerungsbereich vorhanden sein muss, ist dagegen ein Missverständnis. Laut Begriffsbestimmung der BGE muss im Einlagerungsbereich Steinsalz entsprechend der Wirtsgesteinsdefinition enthalten sein. Dies bedeutet, dass ein Steinsalzanteil von mindestens 90 % vorhanden sein muss. Darin mitgedacht sind damit die richtigerweise von der BGR erwähnten Anhydrit-Verunreinigungen, die in der Regel in allen Steinsalzlagerstätten vorkommen. Die zitierte Aussage adressiert lediglich diskrete Schichten anderer Lithologie (d. h. Zwischenschichten), z. B. geringmächtige Kalisalze, massive Anhydritbänke.

Gegebenenfalls wird die Formulierung innerhalb der Wirtsgesteinsbegriffsbestimmung von der BGE noch einmal überarbeitet, um solche Missverständnisse zu vermeiden.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„Bezüglich des Steinsalzes in steiler Lagerung ist festzuhalten, dass die Mächtigkeit möglicher einzelner Horizonte anderer Gesteine mit 1 m konservativer ausgelegt wird als beim Steinsalz in stratiformer Lagerung. Ein weiterer Unterschied zwischen den beiden Steinsalz-Konfigurationen bezieht sich auf die Lithologie möglicher Zwischenschichten, die mit „Anhydrit oder Tonstein (Salzton)“

beim Steinsalz in steiler Lagerung restriktiver ausfällt. Gründe für die sich unterscheidenden zulässigen Mindestmächtigkeiten anderer Lithologien und für deren Art werden nicht gegeben. Dies erscheint zudem im Widerspruch zur Darstellung der Barrieren und ihrer Sicherheitsfunktionen, wonach für Steinsalz „zunächst eine gemeinsame Darstellung für Steinsalz in steiler und stratiformer (flacher) Lagerung [erfolgt]“ (Anlage, Blatt 100). Es wird ausgeführt, dass „Kalium- und Magnesiumsalze“ in steiler Lagerung nicht in den 100 m des Wirtsgesteins vorkommen dürfen, die einen ewG aufnehmen sollen, „da hier ein erhöhtes Risiko zur Bildung von Fluidwegsamkeiten besteht“ (Anlage, Blatt 708). Dies ist dadurch begründet, dass bspw. das Mineral Carnallit i.d.R. in Kalisalzschichten vorkommt und in offenen Systemen ab 80° C beginnt zu entwässern bzw. bei 167 °C schmilzt. Durch die thermische Entwässerung dieses Hydrates kann es folglich zur Bildung von Sekundärpermeabilitäten im ewG kommen (BGR 2016, ESK 2022). Vorkommen von „Kalium- und Magnesiumsalzen“ sollten unabhängig von der Lagerung (steil / flach) gemieden und Sicherheitsabstände, wie bspw. von Popp (2022) vorgeschlagen, nach lokationsspezifischer Prüfung eingehalten werden.“ (BGR 2022, S. 30 f.)

Fachliche Einordnung: Auf diesen Hinweis wird in der vorhergehenden Einordnung durch die BGE eingegangen.

2.10 Anmerkungen zu „Bewertung des sicheren Einschlusses mittels geowissenschaftlicher Abwägungskriterien“

Die BGR stellt den Ablauf der rvSU in Frage und kritisiert, dass die Maßnahmen welche vom StandAG vorgegeben sind nicht abgedeckt werden.

Kernaussagen der Stellungnahme BGR

„§ 14 StandAG sieht für die Ermittlung von Standortregionen für die übertägige Erkundung (mindestens) zwei Maßnahmen vor:

Maßnahme A: Durchführung von rvSU für die Teilgebiete

Maßnahme B: Erneute Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien

In der Methodenbeschreibung wird ausgeführt, dass zunächst eine qualitative Bewertung des sicheren Einschlusses erfolgt, indem die geowissenschaftlichen Abwägungskriterien 1 bis 4 angewendet werden. Für Teilgebiete, die dabei nicht überwiegend günstig abschneiden, ist keine weitere Bearbeitung vorgesehen. Für diese Teilgebiete wird also lediglich ein Teil der Maßnahme B abgearbeitet. Dass damit auch die vom StandAG geforderte Maßnahme A abgedeckt ist, also u. a. die Bewertung der Möglichkeit des sicheren Einschlusses der Radionuklide „anhand überschlägiger Abschätzungen und Analogiebetrachtungen“ (§ 7 Abs. 6 Nr. 3 EndlSiUntV), erscheint unwahrscheinlich, da beide Maßnahmen im Gesetz explizit separat genannt sind: „Der Vorhabenträger ... führt für die Teilgebiete repräsentative vorläufige Sicherheitsuntersuchungen ... durch. Auf der Grundlage der daraus ermittelten Ergebnisse hat der Vorhabenträger unter erneuter Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien ... günstige Standortregionen zu ermitteln...“ (§ 14 Abs. 1 StandAG).“ (BGR 2022, S. 31)

Fachliche Einordnung: Die BGE schließt sich der Kritik nicht an.

Begründung: Die BGE führt in jedem Untersuchungsraum eine vollständige rvSU durch.

Ein Prüfschritt der rvSU ist die qualitative Bewertung (in Anlehnung an die Anlagen 1 bis 4 StandAG), die sofern nicht erfüllt keine günstige Situation erwarten lässt.

Eine weitere Betrachtung und Bearbeitung dieser Gebiete wäre nicht zielführend. Somit werden die rvSU für entsprechende Gebiete an diesem Punkt abgeschlossen.

Eine erneute Anwendung der geoWK erfolgt für die geeigneten Gebiete zusätzlich zur Durchführung der rvSU. Sobald ein Gebiet als nicht geeignet identifiziert wird, wird dieses nicht mehr im Rahmen der geoWK berücksichtigt.

Literaturverzeichnis

- Achtziger-Zupančič, P., Loew, S. & Hiller, A. (2017): *Factors controlling the permeability distribution in fault vein zones surrounding granitic intrusions (Ore Mountains/Germany)*. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, Bd. 122 (3). S. 1876–1899. ISSN 01480227. DOI: <https://doi.org/10.1002/2016JB013619>
- Bense, V. F., Gleeson, T., Loveless, S. E., Bour, O. & Scibek, J. (2013): *Fault zone hydrogeology*. Earth-Science Reviews, Bd. 127 (1). S. 171–192. ISSN 00128252. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.09.008>
- BGE (2020ah): *Anlage 1B (zum Fachbericht Teilgebiete und Anwendung Geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG). Ergebnisse der Bewertung: Teil B (Keine Teilgebiete)*. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH.
- BGE (2022a): *Konzept zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung*. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH.
- BGE (2022b): *Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung*. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH.
- BGR (2022): *Stellungnahme der BGR zur Methodenentwicklung für die repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen der BGE*. Stellungnahme. Hannover: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.
- Caine, J. S., Evans, J. P. & Forster, C. B. (1996): *Fault zone architecture and permeability structure*. Geology, Bd. 24 (11). S. 1025–1028. ISSN 19432682. DOI: [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1996\)024<1025:FZAAPS>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1996)024<1025:FZAAPS>2.3.CO;2)
- EndlSiAnfV: Endlagersicherheitsanforderungsverordnung vom 6. Oktober 2020 (BGBl. I S. 2094)
- EndlSiUntV: Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung vom 6. Oktober 2020 (BGBl. I S. 2094, 2103)
- Jockwer, N. & Wieczorek, K. (2008): *Advective and Diffusive Gas Transport in Rock Salt Formations*. 2008. ADDIGAS. 9783939355083. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH. Cologne, Germany
- Liu, W., Völkner, E., Minkley, W. & Popp, T. (2017): *Zusammenstellung der Materialparameter für THM-Modellberechnungen*. 2017. Ergebnisse aus dem Vorhaben KOSINA. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Hannover
- Mitchell, T. M. & Faulkner, D. R. (2012): *Towards quantifying the matrix permeability of fault damage zones in low porosity rocks*. Earth and Planetary Science Letters, Bd. 339-340. S. 24–31. ISSN 0012821X. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2012.05.014>
- Rukavičková, L., Holeček, J., Holečková, P., Najser, J., Gvoždík, L. & Pačes, T. (2021): *Comparison of hydraulic conductivity of rock matrix and fractured blocks of granitic rocks*. International

Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Bd. 144. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2021.104743>

Schreiber, U. & Jentzsch, G. (2021): *Vulkanische Gefährdung in Deutschland*. 2021. Bewertung möglicher vulkanischer Aktivitäten der nächsten 1 Million Jahre in Deutschland inklusive Festlegung der Gebiete mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit in diesem Zeitraum. Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH. Bonn

Snowdon, A. P., Normani, S. D. & Sykes, J. F. (2021): *Analysis of Crystalline Rock Permeability Versus Depth in a Canadian Precambrian Rock Setting*. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, Bd. 126. S. 21. ISSN 01480227. DOI: <https://doi.org/10.1029/2020JB020998>

StandAG: Standortauswahlgesetz vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 7. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2760) geändert worden ist

Voborny, O., Resele, G., Hürlimann, W., Lanyon, W., Vomvoris, S. & Wilson, W. (1994): *Hydrodynamic Synthesis and Modeling of Groundwater Flow in Crystalline Rocks of Northern Switzerland*. 1994. Technical Report. 92-04. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra). Wettingen

Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
Eschenstraße 55
31224 Peine
T +49 05171 43-0
poststelle@bge.de
www.bge.de