



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Fachliche Einordnung zur
Beschlussvorlage des Nationalen Begleitgremiums
„Umgang mit Empfehlungen der Sachverständigen“ vom
11.06.2021

Stand 26.07.2021

Inhaltsverzeichnis

Präambel	3
1 Einleitung	4
2 Beschlussvorlage mit Kommentaren der BGE	5
2.1 Referenzdatensätze	5
2.2 Weiterer Forschungsbedarf	7
2.3 Bearbeitung und Darstellung geologischer Daten bzw. Umgang mit geologischen Daten	9
2.4 Darstellung Zwischenbericht Teilgebiete	12
2.5 Einbeziehung anderer Forschungseinrichtungen/Akteure	12
2.6 Wirtsgesteinsspezifische Empfehlungen	15
Literaturverzeichnis	17
Anzahl der Blätter dieses Dokumentes	18

Präambel

Am 28.09.2020 hat die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (im Weiteren BGE) den „Zwischenbericht Teilgebiete gemäß § 13 StandAG“ (im Weiteren ZBTG) veröffentlicht, in dem insgesamt 90 Teilgebiete durch die Anwendung der Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß §§ 22 bis 24 StandAG ausgewiesen worden sind. In diesen Teilgebieten werden günstige geologische Voraussetzungen für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle erwartet.

Im Juni 2021 wurden der BGE durch das Nationale Begleitgremium (im Weiteren NBG) die Beschlussvorlage zum „Umgang mit Empfehlungen der Sachverständigen“ übermittelt. Im Folgenden beziehen wir Stellung zu den verschiedenen Anmerkungen.

1 Einleitung

Am 28.09.2020 hat die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) gemäß § 13 des Gesetzes zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz – StandAG) den ZBTG (Geschäftszeichen: SG01101/16-1/2-2020#1 – Objekt-ID: 830015 – Revision: 000) nebst 74 untersetzender Unterlagen veröffentlicht.

Der Zwischenbericht Teilgebiete stellt den Stand der Arbeiten der BGE zum Ende des Schrittes 1 der Phase I des Standortauswahlverfahrens dar und zeigt auf, welche Gebiete in Deutschland nach Anwendung der im Standortauswahlgesetz (StandAG, 2017) definierten Kriterien und Anforderungen (Ausschlusskriterien nach § 22, Mindestanforderungen nach § 23 und geowissenschaftliche Abwägungskriterien nach § 24 StandAG) bei der Endlagersuche nicht weiter berücksichtigt werden und welche im weiteren Verlauf des Standortauswahlverfahrens näher untersucht werden. Die BGE hat die in den §§ 22 bis 24 StandAG festgelegten Kriterien anhand der von Bundes- und Landesbehörden bereitgestellten geologischen Daten auf ganz Deutschland angewendet.

Von der BGE wurden 90 Teilgebiete mit günstigen geologischen Gesamtsituationen ermittelt, mit einer Fläche von ca. 240.874 km². Davon liegen:

- im Wirtsgestein Tongestein neun Teilgebiete mit einer Fläche von ca. 129.639 km²,
- im Wirtsgestein Steinsalz 74 Teilgebiete mit einer Fläche von ca. 30.450 km², davon befinden sich 60 Teilgebiete in steil stehenden Steinsalzformationen und 14 Teilgebiete in stratiformen, also flachlagernden Steinsalzformationen,
- im kristallinen Wirtsgestein sieben Teilgebiete mit einer Fläche von 80.786 km².

Da sich die Teilgebiete in erdgeschichtlich unterschiedlichen Einheiten befinden, überlagern diese sich teilweise. Berücksichtigt man die Überlagerung einiger Teilgebiete, ist in Deutschland eine Fläche von ca. 194.157 km², also ein Anteil von ca. 54 % der Landesfläche als Teilgebiet ermittelt worden. Die Teilgebiete bilden die Grundlage für die Auswahl von überfällig zu erkundenden Standortregionen.

Das vorliegende Dokument dient der fachlichen Einordnung der Beschlussvorlage des NBG „Umgang mit Empfehlungen der Sachverständigen“ welches der BGE von der Fachgruppe II Geologie und Grundlagendaten des NBG übermittelt wurde. Die Textpassagen aus oben genannter Beschlussvorlage haben wir wörtlich in dieses Dokument übernommen und mit blauer Schriftfarbe markiert. Unsere Antworten folgen direkt unter den jeweiligen Textteilen in schwarzer Schriftfarbe.

2 Beschlussvorlage mit Kommentaren der BGE

2.1 Referenzdatensätze

Es wird geraten, bei den nächsten Schritten zunehmend und wo immer möglich durch Untersuchungen die für die Bewertung nötigen Daten aus dem Teilgebiet selbst zu generieren. Bei Erstellung des vorliegenden Zwischenberichts Teilgebiete war der weitgehende Gebrauch des Referenzdatensatzes Kristallingesteine sicher angezeigt. Eine geänderte Vorgehensweise ist aber nötig künftig um Priorisierungen auf dem nationalen, regionalen und lokalen Maßstab zu ermöglichen.

(Anmerkung aus der Geschäftsstelle: Ähnliches gilt auch für die anderen Wirtsgesteine)

Fachliche Einordnung: Die BGE kann sich diesem Ratschlag in dieser Form grundsätzlich anschließen, es ist jedoch nötig, den Begriff „Untersuchungen“ einzuordnen.

Begründung: Die geowissenschaftlichen Abwägungskriterien wurden in Schritt 1 der Phase I auf die identifizierten Gebiete angewendet. Diese wurden für die Bewertung nicht weiter unterteilt. Die Rolle der Referenzdatensätze bestand darin, eine Betrachtung für diejenigen Indikatoren und Kriterien zu ermöglichen, welche nicht auf Basis ortsbezogener Daten bewertet werden konnten (BGE 2020b). Zusätzlich wurde das Prinzip der konservativen Bewertung zugrunde gelegt: Im Rahmen der bekannten Bandbreite möglicher Werte wurden die Werte ausgewählt, die den günstigsten Fall repräsentieren (BGE 2020a). Dies stellt sicher, dass Gebiete nicht durch fehlende Daten schlechter bewertet werden.

Für die Bearbeitung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen und der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien in Schritt 2 der Phase I wird bereits im Zuge der Methodenentwicklung eine neue Vorgehensweise entwickelt. Ziel ist es, geowissenschaftliche Informationen und Parameter nach Möglichkeit gebietsspezifisch abzuleiten. Hierbei soll der Detaillierungsgrad durch eine Differenzierung zwischen Teilgebieten und innerhalb großer Teilgebiete deutlich erhöht werden. Mit dieser geänderten Vorgehensweise wird sichergestellt, dass lokale Informationen gegenüber generisch abgeleiteten (wie z. B. die Referenzdatensätze) priorisiert werden.

Angestrebte Weiterentwicklungen sind unter anderem die Erweiterung und Spezifizierung der Datenbasis über die Referenzdatensätze hinweg, um einerseits unbekannte Parameter anhand ortsspezifischer Informationen indirekt ableiten zu können und andererseits Eigenschaften für spezifischen Teilgebiete direkt anhand der vorhandenen Informationen zu übertragen. Als Beispiel sei hier der Opalinuston genannt, für den aufgrund der intensiven Arbeiten innerhalb der Schweizer Endlagersuche eine gute Datenbasis vorliegt, die möglicherweise auf das TG001 (Opalinuston) in Deutschland übertragbar ist.

Sollten mit „Untersuchungen“ Arbeiten im Rahmen der übertägigen Erkundung gemeint sein, so können diese erst mit Start der Phase II durchgeführt werden. Die BGE plant nicht, innerhalb der Phase I eigene „Untersuchungen“ im Sinne von Messkampagnen in Teilgebieten zur Ermittlungen neuer Daten durchzuführen. Jedoch ist im Rahmen von

Forschungsprojekten geplant, neue Daten zu sammeln, die teilgebietsübergreifend als wirtsgesteinsspezifische (Referenz-)Datensätze vorliegen, und diese für spezifische Fragestellungen zu generieren. Als Beispiel sollen hier die Projekte AMPEDEK im kristallinen Wirtsgestein (https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Forschung/2021-05-28_BGE_Projektskizze_Oeffentlichkeit_AMPEDEK_barrierefrei.pdf) und MATURITY im Tongestein (https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Forschung/2021-05-28_BGE_Projektsteckbrief_MATURITY_barrierefrei.pdf) genannt sein.

Selbstverständlich führt die BGE „Untersuchungen“ im Sinne einer Auswertung bestehender Daten durch. Diese Arbeiten, wie z. B. die Dateninterpretation oder Neuauswertung von Rohdaten, stellen eine der Hauptaufgaben in Schritt 2 der Phase I im Rahmen der geowissenschaftlichen Charakterisierung dar.

Es wird eine fachöffentliche Rezension der Referenzdatensätze benötigt, um a) die verfügbare Literaturliste zu prüfen, zu erweitern und zu vervollständigen und b) neue sowie differenzierte Referenzdatensätze für Steinsalz, Tongestein und Kristallingestein zu erstellen, die dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen.

Fachliche Einordnung: Die BGE kann sich den Anmerkungen in dieser Form in Teilen anschließen.

Begründung: Die BGE erarbeitet für Schritt 2 der Phase I neue Konzepte, um differenzierte Datensätze für Steinsalz, Tongestein und Kristallingestein zu erstellen und deren Anwendung zu prüfen. Hierbei bindet die BGE bereits im Rahmen von laufenden Forschungsprojekten mehrere Fachexpertinnen und Fachexperten ein, um den Stand von Wissenschaft und Technik sicherzustellen. Empfehlungen, die bei der fachlichen Weiterentwicklung der Datenbasis helfen, z. B. im Rahmen einer fachöffentlichen Rezension nach Abschluss der Arbeiten, sind seitens der BGE ausdrücklich erwünscht.

Der erneute und ggf. mehrfache Durchlauf des Bewertungsmoduls der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien zur Ermittlung der Standortregionen (Phase I, Schritt 2) ist notwendig mit den neuen Referenzdatensätzen und unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Fachkonferenz Teilgebiete, der Stellungnahmen der Landesämter und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe sowie der Empfehlungen aus allen bislang durch das NBG in Auftrag gegebenen Gutachten.

Fachliche Einordnung: Die BGE schließt sich den Anmerkungen an.

Begründung: In Schritt 2 der Phase I ist eine erneute Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien nach § 14 StandAG gefordert. Bei der Weiterentwicklung der Methoden zur Anwendung und Erweiterung der Datensätze wird die BGE die besagten

Ergebnisse der Fachkonferenz Teilgebiete, die Stellungnahmen der Staatlichen Geologischen Dienste sowie die Empfehlungen aus NBG-Gutachten fachlich einordnen und entsprechend dieser Einordnung berücksichtigen.

Darüber hinaus finden zusätzlich in Schritt 2 der Phase I die repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchen statt. Auch hier werden neben anderen sicherheitsrelevanten Aspekten die geologischen Standortgegebenheiten bei der Bewertung des sicheren Einschlusses berücksichtigt (§ 27 StandAG). Dadurch kommt es in Kombination mit der Bearbeitung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien zu einer mehrfachen Betrachtung der geologischen Gesamtsituation bei der Ermittlung der Standortregionen.

2.2 Weiterer Forschungsbedarf

Für die Gewinnung entscheidungsrelevanter Daten aus dem betrachteten Teilbereich wird empfohlen, bereits in diesem frühen Stadium des Auswahlprozesses weitergehende Untersuchungen in den zwei häufigsten Wirtsgesteinen, nämlich Gneis und Granit zu beginnen.

Fachliche Einordnung: Die BGE kann sich den Anmerkungen in dieser Form in Teilen anschließen.

Begründung: Im kristallinen Wirtsgestein wurden insgesamt sieben Teilgebiete mit einer Fläche von 80.786 km² ermittelt. Um diese Fläche in Schritt 2 der Phase I weiter eingrenzen zu können, ist es unbedingt notwendig, weitere wissenschaftliche wirtsgesteinspezifische Forschung durchzuführen. Zum besseren Verständnis von kristallinem Wirtsgestein hat die BGE daher bis zum jetzigen Zeitpunkt die folgenden Forschungsvorhaben initiiert oder beteiligt sich daran:

- i) Forschungsvorhaben „Erforschung der Auswirkungen bergbaulicher Aktivitäten in großen Tiefen auf die Integrität von Kristallingestein im Kontext der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle“ (PRECODE); (https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Forschung/Steckbrief_fuer_Forschungsvorhaben_-_PRECODE_barrierefrei.pdf):

Das Vorhaben hat drei wesentliche Forschungsziele, die alle Bezug zur Bewertung der Eignung von Kristallingestein als Wirtsgestein zur Endlagerung hochradioaktiver Abfälle haben:

- Schaffung eines verbesserten Verständnisses über die Entstehung und Bewertung von auffahrungsbedingten Auflockerungszonen im Kristallingestein
- Die Erprobung von Methoden, um mittels Fluidinjektionen naturidentische Kluffüllungen herzustellen und so die Gebirgsdurchlässigkeit zu verringern

- Die Entwicklung einer Methode zur Quantifizierung des Dilatanz- und Fluiddruckkriteriums in kristallinem Wirtsgestein

Für das Erreichen der Forschungsziele werden im Rahmen des Vorhabens In-Situ-Versuche im Bedretto Untertagelabor (Schweiz) von der RWTH Aachen und der BGE Technology GmbH durchgeführt.

- ii) Forschungsvorhaben „Atlas der Mineralogischen und Petrophysikalischen Eigenschaften Deutscher Kristalliner Wirtsgesteine“ (AMPEDEK); (https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Forschung/2021-05-28_BGE_Projektskizze_Oeffentlichkeit_AMPEDEK_barrierefrei.pdf):

Ziel dieses Projekts ist es, Daten über mineralogische und petrophysikalische Eigenschaften von kristallinen Wirtsgesteinen zu digitalisieren und in einer Datenbank zu organisieren. Auf der Grundlage einer wissenschaftlichen Studie sollen die zum Zwischenbericht Teilgebiete veröffentlichten Referenzdatensätze erweitert werden. Dabei sollen sich die erfassten petrophysikalischen, mineralogischen, mechanischen und thermophysikalischen Datensätze auf kristalline Wirtsgesteine in Deutschland beschränken, um die Repräsentativität der Referenzdatensätze zu maximieren. Das Projekt AMPEDEK lässt sich mit folgenden Hauptschwerpunkten beschreiben:

- Erfassung von Meta-Informationen wie Probenahmeort, mineralogische und petrographische Beschreibung, stratigraphische Informationen etc.
- bestehende archivierte Aufschlussproben und Bohrkerne im Labor hinsichtlich ihrer thermischen (Wärmeleitfähigkeit, Temperaturleitfähigkeit, Wärmekapazität und radiogene Wärmeproduktion) und mechanischen (einaxiale Druckfestigkeit, Spaltzugfestigkeit, Scherfestigkeit, Poissonzahl, Elastizitäts- und Verformungsmodule, Ultraschallwellengeschwindigkeit) Eigenschaften zu untersuchen. Das Untersuchungsprogramm beinhaltet auch die Messung der petrophysikalischen Eigenschaften Reindichte, Rohdichte, absolute und effektive Porosität und intrinsische Permeabilität. An ausgewählten Proben sollen über die standardisierten Untersuchungen unter Laborbedingungen hinaus thermophysikalische und mechanische Eigenschaften unter in situ Druck- und/oder Temperaturbedingungen untersucht werden
- Erstellung/Implementierung einer Datenbank mit allen vorhandenen Daten mineralogischer und petrophysikalischer Eigenschaften der in Deutschland vorkommenden kristallinen Wirtsgesteinen
- Digitalisierung der Daten in einem Geoinformationssystem (GIS)

Weitere Forschungsprojekte und Vergaben, die der fachlichen Charakterisierung von kristallinem Wirtsgestein (sowohl Plutoniten/Graniten als auch Gneisen) dienen, befinden sich derzeit in Planung oder in der Vorbereitung. Weiterführende Informationen zu

den beschriebenen FuE-Projekten der BGE zum Standortauswahlverfahren sind auf der Homepage der BGE (<https://www.bge.de/de/endlagersuche/forschung/>) veröffentlicht.

2.3 Bearbeitung und Darstellung geologischer Daten bzw. Umgang mit geologischen Daten

Bereitstellung einer Suchfunktion nach geographischen Koordinaten. Dies ist laut Auskunft der BGE in Arbeit.

Fachliche Einordnung: Die BGE stimmt der Anmerkung zum Teil zu.

Begründung: Die BGE bietet auf ihrer Homepage eine interaktive Karte an, in der die ermittelten Teilgebiete und ausgeschlossenen Gebiete dargestellt werden. In der Karte kann sich der Anwender über eine Postleitzahlen- oder Ortssuche navigieren. Die Implementierung einer Suche über Koordinaten ist vorerst in dieser Anwendung nicht vorgesehen und für den Bürger auch nicht praktikabel.

Anders sieht es im Datenmanagementsystem der BGE aus. In diesem ist es möglich, nach räumlichen Daten über eine Koordinateneingrenzung zu suchen. Die BGE ist bestrebt, die Datenhaltung und Bereitstellung sukzessive weiterzuentwickeln und zu verbessern.

Die große Menge der vorhandenen Daten erfordert effiziente Tools, um auf alle Daten schnell und zielorientiert zugreifen zu können. Hier würden sich insbesondere grafische Oberflächen anbieten (nach Aussage BGE wird hieran bereits gearbeitet).

Fachliche Einordnung: Die BGE stimmt dieser Aussage zu.

Begründung: Das bisherige Datenbanksystem der BGE war auf die Erfordernisse der Datenbereitstellung im Zusammenhang mit der Ermittlung von Teilgebieten (§ 13 StandAG) ausgerichtet. Gegenwärtig arbeitet die BGE an einer Erweiterung des bestehenden Datenbanksystems. Dabei wird eine Verbesserung der Datenhaltung und Dokumentation, aber auch der Benutzeroberfläche angestrebt.

Bohrdaten sollten in 3D Modellen verfügbar gemacht werden. Initial zu Visualisierungszwecken. Später sollten auch verwendete Marker, Bohrlochmessungen und Korrelationen zwischen den Bohrungen sichtbar gemacht werden. Dies gilt für regionale Modelle und später auch für kleinräumige 3D Modelle zur ortsspezifischen Auswertung.

Fachliche Einordnung: Dem stimmt die BGE nur zum Teil zu.

Begründung: Hierbei muss unterschieden werden zwischen von der BGE in eigener Bearbeitung erzeugten 3D-Modellen und solchen, die von den Staatlichen Geologischen Diensten (SGD) bereitgestellt werden. Für eigene, durch die BGE erstellte 3D-Modelle werden selbstverständlich die zugrundeliegenden Daten öffentlich bereitgestellt, insofern

deren Veröffentlichung nach Geologiedatengesetz erlaubt ist. Damit soll sichergestellt werden, dass die einzelnen Arbeitsschritte transparent und nachvollziehbar dargestellt werden.

Die am 04.02.2021 auf der Homepage der BGE veröffentlichten 3D-Modelle sind jedoch nicht Arbeitsergebnis der BGE. Die 3D-Modelle wurden von den SGD, zum Teil mit Unterstützung durch weitere Partner, erstellt. Im Ergebnis der Datenabfragen zu den Mindestanforderungen wurden der BGE die Modelle der SGD bereitgestellt. Die Datengrundlage dieser Modelle sowie detaillierte Informationen zur Datenauswertung und Dateninterpretation waren nicht Bestandteil der Datenlieferungen an die BGE.

In Zusammenhang mit der Bohrkerndigitalisierung sollten alle Bohrkerndaten inventarisiert und in Kartenform dargestellt werden. Da die BGE dies mit aller Wahrscheinlichkeit alleine nicht zeitnah umsetzen kann, sollte über eine standardisierte Zuarbeitung und Digitalisierung durch die Geologischen Dienste der einzelnen Länder nachgedacht werden.

Fachliche Einordnung: Die BGE begrüßt diesen Vorschlag.

Begründung: Die BGE hat bereits mehrere Digitalisierungskampagnen in den Archiven SGD durchgeführt bzw. ist gegenwärtig dabei (unter anderen beim Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie [LBEG] in Niedersachsen, Datenbestände der WISMUT) und wird auch weiterhin Unterlagen digitalisieren.

Den Vorschlag zur Inventarisierung vorhandener Bohrkerne in den Kernlagern der SGD nimmt die BGE dankend auf, jedoch mit Fokus auf die Teilgebiete bzw. im Zusammenhang der Erkundung von Standortregionen in Phase II.

Bohrlochmessungen sollten systematisch in einer geeigneten Datenbank gespeichert und für 2D Korrelationen und 3D Modelle des Untergrundes verfügbar gemacht werden. Es wird erwartet, dass diese Daten eine wichtige Rolle beim Vergleich von verschiedenen Lokationen und Gebieten spielen werden, insbesondere bevor die BGE eigene Bohrkerndaten akquiriert. Gleichzeitig erlauben sie es der BGE Qualitätskontrollen der gelieferten Schichtenverzeichnisse stichprobenartig durchzuführen. Auch dabei sollte eine länderübergreifende (am besten bundesweite) standardisierte Methodik verwendet werden. Die Geologischen Dienste spielen dabei ebenfalls eine entscheidende Rolle. D.h., der Erfolg ist abhängig von der Erstellung und Abstimmung von gemeinsamen Arbeitsweisen und Methodiken zwischen BGE und geologischen Diensten.

Fachliche Einordnung: Die BGE stimmt dem Vorschlag größtenteils zu.

Begründung: Eine wichtige Datengrundlage für die Eingrenzung von Teilgebieten werden Bohrlochmessungen sein. Die BGE entwickelt momentan ein Konzept, wie diese Daten gespeichert, verwaltet und in den verschiedenen Anwendungsprogrammen der

BGE bereitgestellt werden sollen. Welche der von der BGE ausgewerteten Bohrlochmessungen veröffentlicht werden können, wird durch das Geologiedatengesetz (GeolDG) geregelt.

Auch die BGE sieht in der Gegenüberstellung von Bohrlochmessung und dazugehörigem Bohrprofil eine Möglichkeit zur qualitativen Überprüfung der Daten.

Die BGE sucht regelmäßig den fachlichen Austausch mit den SGD, z. B. bei der Länder-tour 2019, dem fachlichen Austausch in Goslar im November 2019 oder beim fachlichen Austausch im Zusammenhang mit dem Zwischenbericht Teilgebiete im Dezember 2020. Die in dem Hinweis formulierte Anregung nehmen wir dafür gerne auf.

Die für Karten und Bohrpunktkorrelationen im Untergrund verwendeten Geo-Daten sind über Bundesländergrenzen hinweg inhomogen aufgrund der, in den geologischen Landesämtern gebrauchten unterschiedlichen Standards und IT-Systemen. Die BGE (oder der BGR in Zusammenarbeit mit den Geologischen Landesämtern) sollte diese Daten nach gemeinsamen Richtlinien standardisieren, um sie für weiterführende Studien verwendbar zu machen.

Fachliche Einordnung: Die BGE stimmt diesem Vorgehen nicht zu.

Begründung: Richtig ist, dass die der BGE zur Verfügung gestellten Geodaten heterogen sind. Für die Anwendung der Ausschlusskriterien hat die BGE bereits eine Homogenisierung der gelieferten Geodaten durchgeführt. Ob die Homogenisierung weiterer Geodaten möglich und sinnvoll ist und ob dies nach einheitlichen Standards oder gebiets-spezifisch durchgeführt werden kann, wird die Methodenentwicklung zeigen.

Der BGE ist kein einheitlicher Standard bekannt, auf den alle SGD zurückgreifen. Aufgrund des im Standortauswahlverfahren formulierten Zeitplans halten wir die Entwicklung eines deutschlandweit einheitlichen Standards in Zusammenarbeit mit den SGD für unrealistisch.

Bisher ist keine umfängliche Plausibilitäts- und Qualitätskontrolle der Daten erfolgt. Bei der Ermittlung von Standortregionen sollte dies erfolgen. Hier könnten auch „big data“ Methoden unter Nutzung „Künstlicher Intelligenz“ zum Einsatz kommen. Hierbei sollte auch die gegenseitige Abhängigkeit von Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien beleuchtet werden.

Fachliche Einordnung: Dem stimmt die BGE nur teilweise zu.

Begründung: Eine erste Plausibilitätsprüfung der Daten mit Raumbezug erfolgt grundsätzlich beim Import der Daten in die BGE-eigene Datenbank. Dabei wird der Datensatz auf Lesbarkeit und Raumlage geprüft. Eine weitere Prüfung der Daten erfolgt im Zusammenhang mit der Datenaufbereitung und Datenauswertung. Bestimmte Fehlerarten in

den Daten lassen sich erst erkennen, wenn der Datensatz im Kontext mit weiteren Geodaten betrachtet wird. Nichtsdestotrotz arbeitet die BGE an Methoden, um weitere Prüfalgorithmen zu implementieren und Fehler in den Daten frühzeitig zu erkennen.

Die in dem Hinweis formulierte Anregung zur Nutzung „künstlicher Intelligenz“ nehmen wir gerne auf.

2.4 Darstellung Zwischenbericht Teilgebiete

Die Erstellung einer zusammenfassenden Bewertung aller Teilgebiete in farblich kodierter, tabellarischer Form, separat für die drei Wirtsgesteine, wäre hilfreich. Hier sollten die Bewertungen der Kriterien (11) mit den jeweiligen zugehörigen Indikatoren (total 40) ersichtlich sein. Damit ergibt sich ein erster Überblick der Teilgebiete pro Wirtsgestein. Es ist dabei wichtig darauf hinzuweisen, dass dies nur ein erster Schritt ist. Die verbal-argumentative Betrachtung der Kriterien und Indikatoren ist der entscheidende Schritt für die Gesamtbewertung des Gebietes.

Fachliche Einordnung: Die BGE stimmt diesem Vorgehen nicht zu.

Begründung: Die Teilgebiete werden im Zwischenbericht, Kapitel 5 „Ermittelte Teilgebiete gemäß § 13 StandAG“ vorgestellt und sind in den Anlagen 1A (Teilgebiete) und 1B (keine Teilgebiete) zum Fachbericht „Teilgebiete und Anwendung geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG“ bezüglich der Ergebnisse aus der Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien detailliert dargestellt. Aus diesen Darstellungen gehen sämtliche Bewertungen der Kriterien und Indikatoren hervor (siehe BGE 2020ag, 2020ah). Eine tabellarische Zusammenfassung wird aus verschiedenen Gründen als nicht zielführend angesehen: Einerseits spricht die sehr hohe Anzahl an Informationen (181 identifizierte Gebiete x 11 Kriterien x 40 Indikatoren) gegen eine tabellarische Ansicht und andererseits geht der Fokus auf die verbalargumentative, geowissenschaftliche Auseinandersetzung zugunsten einer „mathematischen“ Sichtweise verloren, die eine solche Tabelle suggerieren vermag.

2.5 Einbeziehung anderer Forschungseinrichtungen/Akteure

Eine weitere Einbeziehung der Staatlichen Geologischen Dienste (SGD) sowie der Umweltbehörden der Kreise/Städte/Gemeinden der betroffenen Teilgebiete ist zu befürworten. Hierbei sollte auch dringend die Erarbeitung gemeinsamer Standards und die Bewertung von Unsicherheiten adressiert werden.

Fachliche Einordnung: Die BGE kann sich diesem Hinweis zum Teil anschließen.

Begründung: Im Rahmen der gesetzlich vorgesehenen Beteiligungsformate sowie BGE-eigener Informations- und Diskussionsformate erfolgt eine kontinuierliche Einbeziehung bzw. Interaktion mit der Öffentlichkeit sowie kommunalen Vertreterinnen und Vertretern

betroffener Gebiete. Auf diese Diskussions- und Informationsformate, an denen regelmäßig ebenfalls Vertreterinnen und Vertreter aus der Fachwelt teilnehmen, legt die BGE äußerst großen Wert. Gleichzeitig sucht die BGE den regelmäßigen fachlichen Austausch mit den SGD, die dazugehörigen Formate haben wir in Kapitel 2.3 beschrieben. Eine Erarbeitung gemeinsamer Standards ist dabei nicht zwingend vorgesehen, jedoch eine kontinuierliche fachliche Reflexion der seitens der BGE durchgeführten Arbeiten.

Die BGE hat im März 2021 einen Forschungsauftrag zum Thema „Ungewissheiten und Robustheit mit Blick auf die Sicherheit eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle“ veröffentlicht, welcher bis Anfang Mai 2021 lief. Dieser Auftrag fokussierte sich auf die im Rahmen der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen zu treffenden geowissenschaftlichen Annahmen und den darauf basierenden Modellrechnungen. Jede dieser Komponenten ist mit Ungewissheiten verbunden, woraus sich insgesamt ein hohes Maß an Vielfaltigkeit und Komplexität ergibt. Die Charakterisierung und Bewertung von Ungewissheiten ist zentraler Bestandteil der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen, siehe § 11 EndSiUntV. Ziel des Auftrages zu diesem Forschungscluster ist die Bearbeitung zentraler Aspekte der anstehenden Arbeiten im Rahmen der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen nach § 26 StandAG nach dem Stand der Wissenschaft, die Identifizierung offener Fragestellungen und nach Möglichkeit die Schließung der Wissenslücken durch entsprechende Forschung. Der Forschungscluster adressiert fünf Themenfelder, die von einzelnen Forschungsverbänden bearbeitet werden sollen (Tabelle 1) und ist auf insgesamt drei Jahre angelegt, mit einem optionalen vierten Jahr nach positiver Evaluierung. Die im Rahmen des Forschungsauftrages eingereichten Projektskizzen werden derzeit durch die BGE gesichtet. Sobald einzelne Verbundvorhaben im Rahmen dieses Forschungsclusters starten, wird die BGE die entsprechenden Projektsteckbriefe (<https://www.bge.de/de/endlagersuche/forschung/>) unter der Rubrik aktuell laufende Forschungsvorhaben der Standortauswahl veröffentlichen.

Tabelle 1: *Übersicht der fünf Themenfelder (Verbundprojekte) im Forschungscluster „Ungewissheiten und Robustheit mit Blick auf die Sicherheit eines Endlagers für hoch-radioaktive Abfälle“. Jedes Themenfeld stellt ein Verbundprojekt dar. Alle Themenfelder zusammen ergeben den Forschungscluster.*

Forschungscluster: Ungewissheiten und Robustheit mit Blick auf die Sicherheit eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle				
Themenfeld/Verbund 1	Themenfeld/Verbund 2	Themenfeld/Verbund 3	Themenfeld/Verbund 4	Themenfeld/Verbund 5
Risiko, Zuverlässigkeit und die Charakterisierung von Ungewissheiten – zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Darlegung verschiedener Charakterisierungsmöglichkeiten von Ungewissheiten (auch im Hinblick auf die praktische Anwendung der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen) ▪ Bestimmung von Risiko und Zuverlässigkeit anhand numerischer Methoden (Betrachtung von traditionellen als auch Bayesschen Modellen) ▪ Methoden der Risikominimierung ▪ Betrachtung von Zusammenhängen zwischen verschiedenen Systemen ▪ Berechnung von Fehlerfolgen 	Quantifizierungsmöglichkeiten von Ungewissheiten und Robustheit – zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bewertung der Aussagekraft von Simulationsergebnissen thermisch-hydraulisch-mechanisch-chemischer numerischer Modelle im Rahmen von Sicherheitsuntersuchungen ▪ Quantifizierungsmöglichkeiten durch probabilistische Berechnungen aber auch durch die Entwicklung neuartiger Methoden ▪ Methodische Erarbeitung von praxistauglichen und konkreten Abläufen für Quantifizierungen von Ungewissheiten 	Regulatorische Aspekte beim Umgang mit Ungewissheiten und Robustheit – zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Anforderungen an den Umgang mit Ungewissheiten aus dem StandAG und der Sicherheitsuntersuchungsverordnung/ Auslegung der Gesetzestexte ▪ Anforderungen an den Umgang und Vermittelbarkeit von Ungewissheiten gegenüber der Öffentlichkeit ▪ Umgang mit verschiedenen Sicherheitskonzepten 	Physikbasierte Szenarienmodellierung und Impaktmodelle – zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Prognosestabilität ungewisser Prozesse, Surrogat- und Metamodellierung ▪ Statistische Bewertung hybrider Datensätze (Modell und Physik) ▪ Modellauswahl (z. B. Bayes, Physikbasiertes maschinelles Lernen) ▪ Szenarienbewertung und Entscheidungsmethoden ▪ Bewertung von Sensitivitätsanalysen: Potentiale und Grenzen ▪ Multidimensionalität von Parameter Ungewissheiten (Raum/Zeit) mit Blick auf komplexe THMCB-Kopplungsmechanismen ▪ Probabilistische Zonenkartierung in Kombination mit physikbasierter Modellierung ▪ Berücksichtigung von Dosisberechnungen (Strahlungstransport) 	Ungewissheiten bei der Beschreibung von Gebieten – zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Entwicklung von Workflows zur Quantifizierung und Minimierung von Ungewissheiten bei der geologischen Modellierung im Standortauswahlverfahren ▪ Einfluss auf Ungewissheiten von verschiedenen Eingangsdaten, Einfluss von Subjektivität bei der Interpretation geophysikalischer Daten ▪ Methoden zum Umgang mit räumlicher Variabilität von Gesteinseigenschaften ▪ Entwicklung von Workflows zur Herstellung der Vergleichbarkeit von Ungewissheiten zwischen verschiedenen Standortregionen/Standorten (mit unterschiedlichen Datenlagen) ▪ Optimum Experimental Design mit Blick auf eine Erkundungsplanung

2.6 Wirtsgesteinsspezifische Empfehlungen

Beim Wirtsgestein „Tongestein“ sollte man dabei zwischen „Ton“ und „Tonstein“ unterscheiden, was den unterschiedlichen Verfestigungsgrad und die geomechanischen Eigenschaften ausdrückt, wobei Ton eine ähnliche mineralogische Zusammensetzung aufweist, aber noch weich und verformbar ist. Tonstein hingegen ist durch zunehmenden Druck und Temperatur und den Prozess der Diagenese bei der Versenkung im Untergrund schon deutlich verfestigt, d. h. ein „Stein“ oder „Gestein“. Oft, aber nicht ausschließlich, ist dies altersbedingt, wobei unverfestigte Tone meist aus dem Tertiär stammen also junge Formationen repräsentieren (z. B. Rupeltone in Belgien). Insgesamt betrachtet sind Tone schlechter geeignet als Endlager im Vergleich zu Tonsteinen (z. B. Unter Jura). Dies ist auch im Positionspapier der Geologischen Landesämter (2021) angesprochen und beschrieben. Deshalb sollte die Definition Ton und Tonstein bei der Evaluierung Wirtsgestein Tongestein stets in die Betrachtung einfließen.

Fachliche Einordnung: Dem stimmt die BGE nur teilweise zu.

Begründung: Das StandAG schließt plastische Tone als Wirtsgestein nicht aus und nutzt den Wortlaut „Tongestein“, worunter die petrographischen Begriffe Ton und Tonstein summiert sind. Grundsätzlich ist teilweise festigten Tonen die Eignung als Wirtsgestein nicht abzuspochen. Eine Aussage über den Verfestigungsgrad tertiärer Tongesteine ist nicht pauschal zulässig, da sich tertiäre Tongesteine lokal in Tiefen größer 1000 Meter unter Geländeoberkante befinden und demnach eine nicht unerhebliche Kompaktion und Verfestigung erfahren haben.

Eine möglichst geringe Gebirgsdurchlässigkeit ist von zentraler Bedeutung, ebenfalls im Sinne des StandAG. Diese wird bei Tongesteinen unter anderem durch deren Korngröße und mineralogische Zusammensetzung bedingt.

Sowohl im unverfestigten Boom Clay im belgischen Mol (225 m u. GOK) als auch im verfestigten Opalinustonstein im schweizerischen Mont Terri (300 m u. GOK) bestehen seit mehreren Jahrzehnten Untertagelabore. An beiden Standorten war ein tragender Ausbau erforderlich, der bei geringem Verfestigungsgrad eine größere technische Herausforderung darstellte, aber nicht unmöglich war. Die Tongesteine des Thanetium/Ypresium in Norddeutschland lassen Bedingungen erwarten, die zwischen denen im Boom Clay und Opalinuston liegen.

Eine sicherheitsgerichtete Betrachtung aller relevanter Aspekte der Teilgebiete im Tongestein erfolgt im weiteren Verfahren nach Sachlage. Aus unserer Perspektive sind die konkreten In-situ-Eigenschaften der Tongesteine maßgeblich. Diese werden nach Möglichkeit aus den vorliegenden Unterlagen abgeleitet und lokalspezifisch für das entsprechende Tongestein bewertet.

Zu Tonstein: Speziell die Verbreitung von sandiger und karbonatischer Gesteinsfazies ist von großer Bedeutung für die horizontale Permeabilität sprich Gesteinsdurchlässigkeit. Dabei sollten nicht nur, oft allein sporadisch vorhandene Daten oder Referenzdatensätze aus dem Untergrund verwendet werden, sondern auch sogenannte Aufschlussanalogien.

Fachliche Einordnung: Dem stimmt die BGE grundsätzlich zu und verweist auf den erhöhten Detaillierungsgrad in den anstehenden Arbeiten.

Begründung: Eine Betrachtung von heterogen zusammengesetzten Tongesteinsabfolgen ist Teil der Arbeiten im weiteren Verfahren. Fragestellungen bezüglich der Heterogenität werden in Hinblick auf alle Tongesteine mit allen uns verfügbaren Informationen beantwortet und bewertet. Dies schließt ebenfalls publizierte Aufschlussstudien ein, sofern diese Analogieschlüsse zulassen.

In Phase I Schritt 1 des Projektes wurden eine minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches von 300 m angenommen für Tongestein (siehe Mindestanforderungen). Dies wirft die Frage auf, ob die Flächen um [...] glaziale Erosionsrinnen nicht ebenfalls als Ausschlussflächen betrachtet werden sollten. Diese Gebiete sind aus der dokumentierten Karte Quartärbasis sehr gut abzugrenzen [...]. Dabei ist eine Analyse notwendig, inwieweit die Erosionsrinnen in Verbindung mit oberflächennahen, tektonischen Lineamenten oder Unterschieden der Festigkeit des Gesteins in Verbindung stehen.

Fachliche Einordnung: Dem stimmt die BGE nur teilweise zu. Ein Ausschluss solcher Gebiete im Rahmen von § 22 StandAG ist nicht vorgesehen. Jedoch wird diese Thematik im Rahmen der weiteren Anwendung der Mindestanforderung minimale Tiefenlage (§ 23 Abs. 5 Nr. 3 StandAG) durch ein Forschungsprojekt näher beleuchtet.

Begründung: Bezogen auf die Anwendung der Mindestanforderungen im Rahmen von § 13 StandAG wurde für den ZBTG eine Mindesttiefe von 300 Meter seitens der BGE angesetzt. Die Auswirkungen von Vereisungsphasen im Zusammenhang mit einem günstigen Tiefenbereich werden im weiteren Verlauf des Standortauswahlverfahrens eine wichtige Rolle spielen. In den Augen der BGE ist für die Bewertung und Festlegung des Umgangs mit glazialen Erosionsrinnen, im Hinblick auf räumliche Aspekte wie die minimale Tiefenlage des Endlagersystems als auch die Auswirkungen auf die Langzeitsicherheit ein besseres Prozessverständnis notwendig. Die BGE startete daher im April 2021 einen Forschungsauftrag zur „Berücksichtigung subglazialer Erosionsprozesse bei Auswahl eines Standortes für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle“. Ziel des Projektes sollen Aussagen zu einer oberen Begrenzung eines günstigen Tiefenbereichs für den Suchraum sein. Darüber hinaus soll bewertet werden, welche Gebiete von zukünftiger Gletschererosion voraussichtlich betroffen sind und wie der Einflussbereich glazialer Rinnen in Norddeutschland konturiert sein wird. Die aus diesem Forschungsauftrag resultierenden Projekte werden zeitnah auf der Homepage der BGE (<https://www.bge.de/de/endlagersuche/forschung/>) veröffentlicht. Weiterhin wird in einem zweitägigen Fachworkshop im Dezember 2021, zusammen mit der Bundesanstalt

für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), der aktuelle Stand der Wissenschaft zum Thema „glaziale Rinnen und deren Bedeutung für die Endlagersicherheit“ diskutiert werden (<https://www.rinnen-workshop.de>).

Literaturverzeichnis

- BGE (2020a): *Arbeitshilfe zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Rahmen von § 13 StandAG*. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE).
https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Methodensteckbriefe_fuer_Forum/20200506_3_Endfassung_Arbeitshilfe_zur_Anwendung_der_geowissenschaftlichen_Abwaegungskriterien_im_AStV.pdf
- BGE (2020ag): *Anlage 1A (zum Fachbericht Teilgebiete und Anwendung Geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG). Ergebnisse der Bewertung: Teil A (Teilgebiete)*. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
- 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 (2020b): *Referenzdatensätze zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Rahmen von § 13 StandAG - Grundlagen*. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE).
https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Methodensteckbriefe_fuer_Forum/20200506_2_Endfassung_Referenzdatensätze_zur_Anwendung_der_geowissenschaftlichen_Abwaegungskriterien_im_Rahmen_von_13_StandAG_im_AStV_2_.pdf
- EndlSiUntV: Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung vom 6. Oktober 2020 (BGBl. I S. 2094, 2103)
- GeolDG: Geologiedatengesetz vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1387)
- 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

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