Nationales Begleitgremium
FÜR EIN FAIRES VERFAHREN

Datum: 14.12.2022

Wie bewerten die Staatlichen Geologischen Dienste (SGD) die Methodik der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (rvSU)?

Eingebracht von: Fachgruppe II (Geologie & Grundlagendaten)

Hintergrund

Die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) hat Ende März ein Konzept und eine umfangreiche Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (rvSU) gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung (EndlSiUntV) vorgelegt. Hiermit soll erstmals die Sicherheit eines möglichen Endlagers in den unterschiedlichen Gesteinsformationen bewertet und eine Eingrenzung für übertägig zu erkundende Standortregionen im Schritt 2 der Phase 1 der Endlagersuche ermöglicht werden.

Das Konzept wurde von der BGE in einer öffentlichen Veranstaltungsreihe vom 25.03.2022 – 01.04.2022 vorgestellt. In der Konsultationsphase der Methodik wurden Dritte, insbesondere auch die Staatlichen Geologischen Dienste Deutschlands (SGD) von der BGE gebeten, zur vorgeschlagenen Methodik Stellung zu nehmen. Zum Teil wurden die SGD auch von den Ministerien der Länder mit der Stellungnahme beauftragt (z.B. Bayern, Sachsen, Thüringen).

Im vorliegenden Dokument wird versucht, zentrale Aspekte der Stellungnahmen der SGD – soweit bis zum 14.12.2022 durch die BGE veröffentlicht – zusammenzufassen. Ziel ist nicht eine vollständige Auflistung aller Empfehlungen aller SGD. Vielmehr sollen sich deckende Aussagen und Empfehlungen identifiziert, unterschiedliche Auffassungen der SGD zu einzelnen Punkten gegenübergestellt und weitere ausgewählte fachliche Anmerkungen der SGD zur vorgestellten Methodik und ihren Prüfschritten dargestellt werden. Dabei sind Auszüge aus einzelnen Stellungnahmen mit der Kurzbezeichnung des jeweiligen Landesdienstes in …*kursiv* markiert. Bezüglich der detaillierten Empfehlungen, z.B. zu einzelnen Teilgebieten, wird auf die umfangreichen Stellungnahmen der jeweiligen SGD verwiesen.

Berücksichtigte Stellungnahmen:

Folgende, bis zum 05.09.2022 durch die BGE veröffentlichte Stellungnahmen der SGD konnten berücksichtigt werden:

- **Bund**: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (**BGR**) vom 01.07.2022
- **Baden-Württemberg**: Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (**LGRB**) vom 15.06.2022
- **Bayern**: Landesamt für Umwelt (**LfU**) vom 06.07.2022
- **Brandenburg**: Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe (**LBGR**) vom 13.06.2022
- **Hessen**: Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (**HLNUG**) vom 26.04.2022

- **Mecklenburg-Vorpommern**: Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie (**LUNG**) vom 24.06.2022
- **Niedersachsen**: Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (**LBEG**) vom 27.09.2022
- **Sachsen-Anhalt**: Landesamt für Geologie und Bergwesen (**LAGB**) vom 16.06.2022
- **Sachsen**: Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft mit fachlichen Beiträgen des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (**LfULG**) vom 24.06.2022
- **Thüringen**: Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz (**TLUBN**) vom 30.05.2022

Wozu nehmen die SGD Stellung?

Viele der SGD betonen, dass im vorgelegten Konzept der rvSU zahlreiche Methoden enthalten sind, die nicht in ihrem Kompetenzbereich bzw. ihrer fachlichen Zuständigkeit liegen und daher nicht bewertet werden können. Hierzu gehören beispielsweise die Erhebung des Abfallinventars, komplexe Modellierungen des Radionuklidtransports und Stoffmengenaustrags sowie ingenieurtechnische Aspekte zur Betriebssicherheit, zum Streckenverschluss oder zur Langzeitintegrität der Endlagerbehälter.

Die Stellungnahmen der SGD fokussieren daher auf die für die Endlagersuche geologisch relevanten Fragestellungen, wie sie insbesondere im Rahmen der Geosynthese der rvSU betrachtet werden, auf die verwendeten geologischen Datengrundlagen und auf die jeweiligen Teilgebiete in ihrem Bundesland.

Hervorgehoben wird von einigen SGD außerdem, dass aufgrund des in Teilen vorläufigen Charakters des Konzepts nicht abschließend Stellung genommen wird und sich Ergänzungen im Zuge einer ggf. erforderlichen weiteren Prüfungen vorbehalten werden. Das LGRB merkt darüber hinaus an, dass *…eine vertiefte Prüfung erst nach der Bereitstellung digitaler Geodaten erfolgen kann.* Dass das Konzept im Laufe der Arbeiten fortlaufend auf Basis neuer Erkenntnisse im Sinne des lernenden Verfahrens weiterentwickelt werden soll, wird vom LBGR als nicht zielführend erachtet und für die Abgabe von Stellungnahmen als sehr kritisch gesehen: *Das Verfahren ist nicht nur ein lernendes, sondern fordert auch den Abschluss bestimmter Phasen, deren Erreichung ein weiteres wichtiges Ziel bleiben müssen.*

Wie werden die Methodik und der Zeitpunkt ihrer Veröffentlichung eingeschätzt?

Grundsätzlich stimmen die meisten SGD darin überein, dass das von der BGE dargelegte Vorgehen weitgehend formal korrekt, plausibel und in großen Teilen nachvollziehbar und verständlich aufbereitet ist. Das vorgelegte Konzept liefert damit zunächst einmal eine gute Grundlage für die Diskussion mit der (Fach-)Öffentlichkeit. Auch der methodische Ansatz, in der Geosynthese sowohl räumlich als auch von der Arbeitstiefe immer detaillierter zu werden, erscheint beispielsweise dem HLNUG als plausibel und *…sollte konsequent umgesetzt werden.*

Zugleich wird aber auch festgestellt, dass die Beschreibungstiefe und der Detaillierungsgrad der Methodik nicht einheitlich ist. Während einige Arbeitsschritte sehr genau dargestellt sind und an mehreren Gebieten die entwickelten Methoden bereits getestet werden, sind andere nur skizziert und müssen an vielen Stellen noch weiter ausgearbeitet und präzisiert werden. Aus Sicht des LGRB wird daher das Konzept zu früh veröffentlicht: *…es [wäre] hilfreich gewesen, wenn die gesamte Methodik bis zur Betrachtung des Endlagersystems durchgängig an einem realen oder virtuellen Fallbeispiel veranschaulicht worden wäre. Zum jetzigen Stand ist dem*

Methodenkonzept das konkrete inhaltliche Vorgehen nicht zu entnehmen. Auch dem LBEG zufolge mangelt es …*bei zahlreichen Prozessschritten an konkreten Angaben zur Umsetzung oder Beispielanwendungen […].*

Sind die Dokumente klar und verständlich aufgebaut und Begriffe eindeutig definiert?

Die BGE hat den Arbeitsstand der Methodik in einem Konzept mit 62 Seiten und einer mit über 700 Seiten sehr umfangreichen Methodenbeschreibung als Anlage dokumentiert. Nach Auffassung vieler SGD sind die beiden Unterlagen stark unterschiedlich aufgebaut, was die Herstellung inhaltlicher Bezüge zwischen den beiden Dokumenten erschwert. Insbesondere die Methodenbeschreibung wird als …*zu umfangreich, […] teilweise unübersichtlich strukturiert* (LUNG) und …*für den Lesenden zum Teil nicht leicht nachvollziehbar* (LGRB) beschrieben. Zur Verbesserung wird daher z.B. vorgeschlagen, mehrere separate Anlagen zu erstellen (LUNG), die Methodenbeschreibung nach thematischen Schwerpunkten in drei Dokumente (Sicherheitskonzept/Endlagerauslegung, Geosynthese, Analyse Endlagersystem) aufzugliedern (LAGB) oder die Strukturierung anhand der Teilgebiete oder Wirtsgesteine zu orientieren (LGRB). Das Konzeptpapier sollte …*umfassende, stringente und gut nachvollziehbare Verweise […] auf die zugehörigen Ausführungen in der Anlage enthalten* (BGR). Außerdem wird angeregt, das in der Methodenbeschreibung enthaltene Glossar zur Erläuterung der Fachbegriffe weiter auszugestalten und in das Konzept zu übernehmen (BGR).

Die zahlreichen Kartendarstellungen in der Methodenbeschreibung sollten einheitlichen Vorgaben in Aufbau, Legenden und Farbverläufen folgen (LAGB, LGRB), um leicht lesbar und verständlich zu sein. Das LUNG weist darauf hin, dass bei einigen Karten die Abbildungsgrundlagen nicht vermerkt sind und nicht ersichtlich ist, auf welcher Basis Mächtigkeits- und Tiefenisolinien erstellt worden sind.

Die Nachvollziehbarkeit der Methodik wird zudem durch unklare Begriffsdefinitionen und nicht immer eindeutige Formulierungen eingeschränkt (BGR, LAGB, LUNG). Geologische Fachbegriffe wie „höffige Gebiete“, „intensive Blattverschiebung“, „diffuse tektonische Überprägung“, „weit verbreitet“, „engständig“, „lithologische Ausprägung“, aber auch andere verwendete Begriffe wie „zielgerichtet“, „zielführend“, „quantitativ“, „menschliches Ermessen“ sollten klar definiert und in ihrem Gebrauch eindeutig verwendet werden. Das TLUBN schlägt eine wissenschaftlich belastbarere Formulierung zur Unterscheidung von Datentypen vor. Das LUNG merkt weiterhin an, dass …*mitunter Einheiten verwendet [werden], die keinem SI-Standard entsprechen.*

Bezüglich der Fortschreibung der Dokumente empfiehlt das LGRB, dass diese …*frühzeitig veröffentlicht und nachvollziehbar kenntlich gemacht werden.* Auch das LBEG erwartet, dass …*in absehbarer Zeit eine aktualisierte Version des Konzeptes bzw. der fortentwickelten Methodik öffentlich zur Diskussion gestellt werden wird, bevor die Anwendung auf alle Teilgebiete erfolgt.* Darüber hinaus scheint für das LBEG …*ein anonymisiertes Peer-Review-Verfahren nach wissenschaftlichen Standards zur Überprüfung einzelner Verfahrensschritte geboten.*

Wird die Datenlage richtig bewertet? Sind die Vorschläge zum Umgang mit Gebieten ohne hinreichende Informationen und mit Ungewissheiten plausibel?

Bewertung der Datengrundlagen und der heterogenen Datenlage

Die BGE stellt in der Methodenbeschreibung ihre Verfahrensweise zur Bewertung der geologischen Daten und ihrer Aussagefähigkeit sowie zum Umgang mit der ungleichen Verteilung der Daten (heterogene Datenlage) vor. Die Bewertung basiert dabei wesentlich auf der Ermittlung von vier Kenngrößen:

1) Datenqualität (DQL)
2) Datenquantität (DQN)
3) Interpretative Daten und weitere (indirekte) Nachweise (IDN)
4) Geologische Komplexität (KX)

Vor allem die Kenngröße zur Datenqualität (DQL) von Informationen aus Bohrungen, die aus der Menge und dem Detailgrad an Schichtbeschreibungen automatisiert ermittelt werden soll, erscheint den meisten SGD als zu pauschal. Die vorgeschlagene Ermittlung der Kenngröße wird daher kritisiert:

Das LGRB …*warnt bei Schichtprofilen vor einer Korrelation des Grads der stratigraphischen Auflösung mit der Datenqualität, da eine feingliedrige stratigraphische Auflösung kein Garant für eine qualitativ hochwertige Gesteinsansprache […] ist.* Das LGRB verweist in diesem Zusammenhang auf seine regionalgeologisch begründete Qualitätseinschätzung für die Schichtenprofile.

Auch aus Sicht des TLUBN ist …*die pauschale Annahme, dass es sich bei Bohrungsdaten mit hohem Detailgrad im Vergleich zu Bohrungsdaten mit geringerem Detailgrad um verlässlichere Daten handelt, […] inkorrekt.* Berücksichtigt werden muss dem LUNG zufolge, …*dass die Informationen aus Bohrungen aus verschiedenen Quellen mit unterschiedlichen Qualitätsstufen stammen.*

Das HLNUG führt Beispiele für weitere Faktoren, die Einfluss auf die Qualität der Schichtbeschreibungen haben können: Schichtenbeschreibungen aus den Jahren vor 1930 sind anders zu bewerten als aktuelle Schichtenverzeichnisse. Die im Zuge der Rohstofferkundung interessanten Gesteine (Zielhorizonte) sind in Bohrungen besser beschrieben als andere erbohrte Gesteine. Somit ist auch der Zweck der Bohrung und die Fachexpertise des Datenaufnehmers bzw. der Daten aufnehmenden Institution zu beachten. Ob das von der BGE vorgestellte …*Verfahren wirklich zu einer Trennung von qualitativ guten und weniger guten Daten führt, bleibt streng zu überwachen.*

Die BGR weist auf die Möglichkeit hin, dass …*ein detailarmes Schichtenverzeichnis auch aus einer – für die Standortauswahl zu begrüßenden - homogenen Schichtfolge resultieren kann* und rät dringend an, belastbar die Annahme zu prüfen, dass der Detailgrad innerhalb der Schichtbeschreibungen ein Hinweis auf die Datenqualität ist. Das in der Methodenbeschreibung angeführte Beispiel basiert zudem …*auf chronostratigraphischen Angaben, die in der Praxis erfahrungsgemäß nur äußerst selten im Detailgrad „sehr detailliert" […] vorhanden sind.* Unklar ist der BGR außerdem, warum in die Kenngröße zur Datenqualität keine geophysikalischen Bohrlochmessungen eingehen.

Das LfULG ist der Ansicht, dass für die …*Charakterisierungen von kristallinem Wirtsgestein stratigraphische Kategorien nicht brauchbar [sind]. Kristalline Wirtsgesteine sollten stattdessen nach a)*

Petrographie, b) Metamorphosegrad, c) retrograder Überprägung [und] d) Metamorphose- beziehungsweise Intrusionsalter bewertet werden.

Des Weiteren weist das LGRB darauf hin, dass die …*Bewertung von Reflexionsseismik als wichtige Datengrundlage für geologische 3D-Modelle […] noch nicht beschrieben [ist]. Ebenso finden sich keine Hinweise zur Gewichtung und Verrechnung der einzelnen Maßzahlen. Die Methodik kann daher seitens des LGRB zum aktuellen Stand nicht bewertet werden, da einzelne Elemente des Konzepts noch nicht ausgearbeitet sind. Im Zusammenhang mit der Bewertung der Güte der Reflexionsseismik sollte neben technischen Parametern und der Zuverlässigkeit der in der Seismik gepickten Horizonte und Störungen auch die Güte des Geschwindigkeitsmodells für die Zeit-Tiefen-Konvertierung betrachtet werden.*

Insbesondere mit Blick auf die beiden Kenngrößen 3 (Interpretative Daten und weitere (indirekte Nachweise, IDN) und 4 (Geologische Komplexität, KX) mangelt es der BGR …*an Beschreibungen und Beispielen, wie die einzelnen Kenngrößen ermittelt werden.*

Die Methodik zur Bewertung der heterogenen Datenlage ist den meisten Stellungnahmen der SGD zufolge also noch weiter zu entwickeln und zu präzisieren. In diesem Zusammenhang verweisen die SGD auch mehrfach auf die zu erwartenden Ergebnisse des von der BGE initiierten Forschungsprojekts GeoBlocks zu diesem Thema.

Umgang mit Gebieten ohne hinreichende Informationen

Gebiete ohne hinreichende Information liegen vor, wenn die Informationslage nicht ausreicht, um die Kriterien und Anforderungen nach §§ 22 bis 24 StandAG anzuwenden (§ 14 Abs. 2 StandAG). In der vorgestellten Methodik werden diese Gebiete im Rahmen der Geosynthese identifiziert, separat ausgewiesen und zunächst nicht weiterbearbeitet.

Erst zusammen mit dem Vorschlag der Standortregionen empfiehlt die BGE den weiteren Umgang mit den betroffenen Gebieten. Diese Empfehlung basiert auf einer Prüfung, ob ein Gebiet ohne hinreichende Informationen eine gleichwertige oder bessere Bewertung der Anforderungen und Kriterien nach §§ 22 bis 24 StandAG im Vergleich zu den ermittelten Standortregionen erwarten lässt. Im Falle einer positiven Prüfung wird empfohlen, das Gebiet in Phase II zu erkunden.

Für viele SGD wie z.B. die BGR bleibt unklar, …*wie eine solche Abschätzung bei Gebieten ohne hinreichende Informationen erfolgen soll, insbesondere im Vergleich mit Gebieten, in denen ausreichend Informationen zum Ausweis von Standortregionen vorliegen.* Das LfULG stellt hierzu die Frage: *Wie kann abgeschätzt werden, dass Gebiete eine gleichwertige oder bessere Bewertung in [der] Anwendung der geowissenschaftlichen Auswahlkriterien erhalten könnten, wenn die Anwendung schon zu Beginn aufgrund der unzureichenden Informationslage nicht möglich war?*

Es wird in mehreren Stellungnahmen, z.B. der des LAGB, auf die Gefahr hingewiesen, dass …*Gebiete nur wegen der bisher mangelnden Bearbeitung und daraus resultierenden schlechten Datenlage aus der weiteren Bearbeitung entlassen [werden]. Hier bedarf es einer Präzisierung zur Behebung des Informationsmangels durch Rückgriff auf analoge Grundlagen.* Auch für das LBEG bergen verschiedene der dargestellten Prozessschritte das Potenzial …*zu einem Ausschluss von Gebieten aufgrund einer schlechten Datenlage bzw. einer Höherbewertung von Gebieten mit guter Datenlage beizutragen. Es erscheint notwendig, dem durch eine Anpassung der Methodik entgegenzuwirken.* Und weiter: … *Solange nicht für alle Teilgebiete eindeutige und reproduzierbare sowie operationalisierte Kriterien angewandt werden können, erzeugt die vorgeschlagene Methodik eine Schieflage bei der Behandlung der Teilgebiete, die im weiteren Verfahren zur bevorzugten Berücksichtigung von Gebieten führen kann, für die eine aussagekräftige Datenlage existiert.*

Diesem Umstand trägt die derzeit vorgestellte Methodik noch nicht in hinreichendem Ausmaß Rechnung.

Auch dem LGRB zufolge ist das geplante Vorgehen der BGE in Gebieten mit geringer Datenlage zwar *…aus geowissenschaftlicher Sicht prinzipiell nachvollziehbar. Im Verfahren muss von der BGE jedoch sichergestellt werden, dass aufgrund der heterogenen Datenbasis Gebiete nicht unbegründet ausgeschlossen werden. Eine transparente und nachvollziehbare Vermittlung des Vorgehens bei der Anwendung von Analogieschlüssen und verbalargumentativer Bewertung ist zu gewährleisten.*

Dem LUNG zufolge wird *…ein Ausschluss von Gebieten ohne hinreichende Datenlage von der weiteren Erkundung entsprechend den Ausführungen […] des Konzeptes […] als kritisch angesehen und sollte überdacht werden.* Das LfULG bittet dahingehend zu prüfen, *…ob tatsächlich auf Erkundungsmaßnahmen in Phase 1 vollständig verzichtet werden soll*, insbesondere wenn es sich um eine vergleichsweise geringe Anzahl von Gebieten mit handhabbarem Erkundungsaufwand handeln sollte.

Zu dem in der Methodenbeschreibung aufgeführten Beispiel 33 im GzME „Saxothuringikum" mit möglichen Gebieten ohne hinreichende Informationen führt das LBGR aus: *…Der Ansatz, weitere Informationen hinzuzuziehen (hier Aero- und Bodenmagnetikmessungen) wird als zielführend erachtet. Allerdings bleibt unklar, ob die dennoch dann als weiterhin nicht hinreichend eingeschätzte Informationslage der Eigenschaft geophysikalischer Messungen (Mehrdeutigkeit) oder der fehlenden Erfahrung der Interpretation geophysikalischer Messungen zuzuordnen ist. Demnach wird das Beispiel noch als nicht ausreichend zur fachlichen Nachvollziehbarkeit eingeschätzt.*

Umgang mit Ungewissheiten

Einer der im Rahmen der rvSU durchzuführenden Arbeitsschritte ist die Bewertung von Ungewissheiten. Die vorgeschlagene Methodik sieht eine detaillierte Betrachtung von Ungewissheiten nur für die als bestgeeignet kategorisierten Bereiche (Kategorie A, s.u.) der Teilgebiete vor. Zwar wird in der Methodenbeschreibung auf Blatt 616 ausgeführt, *…dass, unabhängig davon, 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.* Es bleibt jedoch z.B. für die BGR unklar, *…inwiefern dieses Vorgehen die regulatorischen Vorgaben erfüllt.*

Ungewissheiten sollen nach der vorgeschlagenen Methodik in den rvSU in Erfassungstabellen zusammengetragen werden. Für eine bessere Nachvollziehbarkeit regt die BGR hierzu an, *…exemplarisch zu erläutern, in welchem Umfang diese Erfassungstabelle jeweils für (Teil-)Untersuchungsräume der Kategorien D – A ausgefüllt werden soll.*

Finden bisherige Empfehlungen der SGD in der Methodik Berücksichtigung?

Überwiegend begrüßen die SGD die erneute Anwendung der Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen, wie sie in der vorgestellten Methodik im Prüfschritt 1 der Geosynthese von der BGE aufgenommen wird. Das TLUBN stellt hierzu fest: *Die BGE greift […] in der Methodik der rvSU die in verschiedenen Stellungnahmen der Staatlichen Geologischen Dienste (u.a. TLUBN 2021) geäußerte Kritik auf, dass im Schritt 1 der Phase 1 bei der Anwendung der Ausschlusskriterien, insbesondere bei der Anwendung der Mindestanforderungen vielfach ungeeignete Daten mit unterschiedlichen räumlichen Auflösungen, Kenntnisständen und Detaillierungsgraden verwendet wurden. Hingegen wurden wichtige Daten, die den aktuellen digital verfügbaren Wissensstand*

widerspiegeln und bereits in Schritt 1 der Phase 1 eine deutlich genauere räumliche Eingrenzung der Teilgebiete erlaubt hätten, nicht bzw. nicht adäquat berücksichtigt. Die jetzt in der rvSU geplante, frühzeitige nochmalige Anwendung der Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen wird daher auch vom TLUBN als sinnvoll und dringend notwendig erachtet.

Das LBEG vermisst hingegen …*eine Auseinandersetzung mit den Ergebnissen der Fachkonferenz Teilgebiete und den Stellungnahmen der staatlichen geologischen Dienste (SGD) sowie weiterer fachlicher Kritik im Zusammenhang mit der Veröffentlichung des Zwischenberichts Teilgebiete […].* Im Rahmen der erneuten Anwendung der Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen verweist das LBEG zudem auf die Stellungnahmen, …*die von verschiedenen SGD im Rahmen der Verfahren nach § 21 StandAG angefertigt wurden. Sie können in diesem Zusammenhang wertvolle Informationen liefern und könnten von der BGE bei den jeweiligen SGD oder zentral beim Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) abgefragt werden.*

Im Falle einer Betroffenheit im Landesgebiet wird von den jeweiligen SGD auch zu den dargestellten Beispielen der erneuten Anwendung der Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen in den Gebieten zur Methodenentwicklung (GzME) Stellung genommen.

Anwendung des Ausschlusskriteriums „Seismische Aktivität“ in den GzME

Hier empfiehlt das LGRB, gemarkungsscharfe Abgrenzungen nach der in Baden-Württemberg gültigen Landesbauordnung zu verwenden. Dem LBEG zufolge könnte …*insbesondere die Veröffentlichung des aktualisierten nationalen Anhangs zur DIN EN 1998-1 […] im Sinne des lernenden Verfahrens und einer kontinuierlichen Orientierung am sich weiterentwickelnden Stand von Wissenschaft und Technik im aktuellen Schritt des Verfahrens berücksichtigt werden.*

Anwendung des Ausschlusskriteriums „Aktiver Vulkanismus“ in den GzME

Das LfU unterstützt fachlich die Anwendung in seiner vorgestellten Form. Das LfULG sieht ebenfalls durch die Berücksichtigung eines Fachgutachtens (Schreiber & Jentzsch 2021) seine Hinweise berücksichtigt. Der BGR zufolge sollte sichergestellt werden, dass die wissenschaftlich identifizierten Indikatoren (u.a. seismische Anomalien im Mantel, Moho-Tiefe, rezente Hebung, Mantelentgasungen, Ergebnisse von geodynamischen Simulationen) zu dem Kriterium deutschlandweit betrachtet werden.

Anwendung des Ausschlusskriterium „Aktive Störungszonen“ in den GzME

Das LfU wie auch das LGRB empfehlen, anstatt der bisher verwendeten stark generalisierten Störungsverläufe die genaueren und übermittelten Daten der SGD zu verwenden. Das HLNUG gibt zu bedenken, dass die Aktivität und Raumlage von Störungen schwierig zu bestimmen sind und begrüßt das in diesem Zuge an die TU Darmstadt vergebene Forschungsprojekt.

Bei der Anwendung atektonischer Vorgänge stellt das LGRB fest, dass im GzME „Opalinuston“ die Hinweise zur Abgrenzung des Impaktkraters Nördlinger Ries von der BGE übernommen wurden. Auch das TLUBN sieht im GzME „Thüringer Becken“ seine Hinweise für atektonische Vorgänge berücksichtigt. Das HLNUG ergänzt hierzu, dass der gewählte Sicherheitsabstand von 1000 m …*nur dann sinnvoll [ist], wenn bekannte Subrosionsstrukturen als Fläche erfasst sind, da es Subrosionssenken mit mehreren Kilometern Durchmesser gibt.*

Anwendung des Ausschlusskriterium „Bergbauliche Aktivität“ in den GzME

Dem TLUBN zufolge wurde im GzME „Thüringer Becken“ die Datengrundlage zu dem Kriterium – wie im Zwischenbericht der BGE angekündigt – vervollständigt. Aus Sicht des HLNUG müssen bei der Anwendung auf die hessischen Teilgebiete Anpassungen erfolgen: *Im Werra-Salinar z.B. werden bei der Kalisalzgewinnung in Osthessen bis über 3 km lange Horizontalbohrungen*

durchgeführt, die dem Abbau vorausgehen. Diese müssen komplett in einer 3-D-Betrachtung berücksichtigt werden. Daten (selbst Nachweisdaten) dieser Bohrungen liegen dem HLNUG nicht vor.

Anwendung der Mindestanforderungen „Mächtigkeit und Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ in den GzME

Im GzME „Opalinuston“ stellt das LfU fest, dass seine Hinweise auf Daten und Projektstudien der BGR zur Bestimmung der Mindestmächtigkeit des potenziellen Wirtsgesteins von der BGE berücksichtigt wurden. Das LGRB sieht hingegen seine Empfehlungen zur engeren Abgrenzung des Wirtsgesteins Opalinuston noch nicht vollständig umgesetzt. Das LBEG merkt zudem an: *Für das Modellgebiet Opalinuston wurde die maximale Tiefe auf 1000 m bis zum Einlagerungsbereich angepasst. Aus den vorliegenden Unterlagen wird nicht ersichtlich, ob diese Änderung im Rahmen der rvSU auch auf Tongesteine anderer Teilgebiete übertragen werden soll.*

Im GzME „Thüringer Becken“ gibt das TLUBN zum wiederholten Mal der BGE die Empfehlung, *…die Verbreitungen, Mächtigkeiten und Tiefenlagen der Steinsalze der Staßfurt- und Werra-Formationen auf Basis der gelieferten Bohrungsdaten und geophysikalischen Messdaten selbständig mittels reproduzierbarer Methoden zu ermitteln […].* Die erneute Anwendung der Mindestanforderungen wird *…zu einem dauerhaften Ausschluss von großen Flächen […] und demzufolge zu einer deutlichen räumlichen Einengung des Suchraums im Untersuchungsraum Thüringer Becken führen. Dieser essenzielle Schritt muss […] auf der Grundlage der am besten geeigneten Daten und mit Methoden durchgeführt werden, deren Ergebnisse vollständig reproduzierbar sind.* Für das HLNUG Hessen ist zudem nicht nachvollziehbar, ob zwischengeschaltete Kalisalz-Flöze bei der Anwendung berücksichtigt werden.

Für das GzME „Saxothuringikum“ fehlt dem LBGR *…eine Darstellung, warum im Vergleich zu den anderen Teilgebieten das Saxothuringikum nur in Teilen und fokussiert auf Ost-Sachsen betrachtet wird.* Zwar entspricht die Anwendung der Mindestanforderungen im Anteil Brandenburg *…bis auf die Bereiche noch nicht erfolgter Bewertung der fachlichen Stellungnahme des LBGR zum Teilgebietsbericht, nämlich den Anteil des Teilgebietes in Brandenburg aufgrund nicht hinreichender Datenlage auszuschließen.* Allerdings ist für das LBGR die Berücksichtigung seiner Stellungnahme zum Zwischenbericht Teilgebiete in Bezug auf das GzME mit Anteil Brandenburg nicht nachvollziehbar dargestellt.

Wie werden die Arbeitsschritte der Methodik eingeschätzt?

Definition und Unterteilung der Untersuchungsräume

Die geplante Vorgehensweise wird vom LGRB wie auch anderen SGD als prinzipiell positiv bewertet: *Die Ausweisung von jeweils einem Untersuchungsraum pro Teilgebiet, die Definition von individuellen Betrachtungsräumen sowie die weitere Unterteilung der Untersuchungsräume in kleinere Einheiten nach den genannten Kriterien erscheint dem LGRB aus geowissenschaftlicher Perspektive sinnvoll. Ob dieses Vorgehen nach Vorgaben des StandAG und der EndlSiUntV gesetzeskonform ist, kann aus Sicht des LGRB nicht beurteilt werden.*

Das LfULG sieht in dem Vorgehen, *…die Teilgebiete in regionalgeologische Einheiten mit einem einheitlichen lithologischen und strukturellen Bau zu untergliedern und für diese jeweils differenziert die Erfüllung der Mindestanforderungen zu prüfen*, seine Hinweise zum Zwischenbericht Teilgebiete bestätigt und betrachtet die *…angestrebte gebietsspezifisch differenzierte Bewertung von Wirtsgesteinseinheiten […] als sehr wichtig.*

Auch das HLNUG unterstützt …*die […] beschriebene Ausweisung von Untersuchungsräumen […] ausdrücklich. Es macht Sinn, die jetzigen sehr großräumigen Teilgebiete zu untergliedern und neben den Untersuchungsräumen auch Teiluntersuchungsräume anhand der Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen und weiterer geologischer Kriterien auszuwählen.* Unklar bleibt dem HLNUG jedoch, …*wie die Unterteilung in Teiluntersuchungsräume von Statten geht, welche Parameter dafür verwendet werden und wie dies dokumentiert wird. Wichtig ist in diesem Zusammenhang, dass die Kriterien, die für das Abtrennen von Teiluntersuchungsräumen erkannt werden und Anwendung finden, wie z. B. unterschiedliche Stratigraphie, Lithologie, besondere Störungsverläufe o.ä., transparent dokumentiert und dann in gleicher Weise auf alle Teiluntersuchungsräume angewendet werden, auch dann, wenn diese in anderen Teilgebieten liegen.*

Das LfU geht auf die unterschiedliche Größe der Teilgebiete ein und gibt zu bedenken: *Für Teilgebiete im Steinsalz in steiler Lagerung weist die BGE […] nur einen Untersuchungsraum aus; ein kristallines Teilgebiet wird hingegen in vermutlich Dutzende Teiluntersuchungsräume (TUR) untergliedert. Da sich die BGE bei der Vorstellung ihres Konzeptes bis zum Abschluss des Schrittes 2 der Phase 1 eine Verschiebung der TUR-Grenzen vorbehält, werden große und geologisch sehr variable Teilgebiete erheblich länger im Verfahren bleiben als kleine „Salzstöcke“.* Außerdem sollte aus Sicht des LfU von der BGE begründet werden, …*warum sie bei Salzstöcken einen zusätzlichen individuellen „Betrachtungsraum“ für notwendig hält, wie sie dessen Größe und Umriss ermittelt bzw. die einheitliche und vergleichbare Beurteilung mit den anderen Wirtsgesteinskonfigurationen gewährleistet, bei denen kein zusätzlicher individueller „Betrachtungsraum“ definiert wird.* Das HLNUG merkt hierzu an, …*dass Betrachtungsräume in allen Wirtsgesteinstypen regelmäßig definiert werden sollten, da die Teilgebiete über bekannte geologische oder nutzungsbedingte Grenzen von potenziellen Wirtsgesteinen abgegrenzt wurden, aber auch mögliche Auswirkungen von außerhalb beschrieben werden müssen.*

Kategorisierung von (Teil-)Untersuchungsräumen

Nach der vorgeschlagenen Methodik durchlaufen die Untersuchungsräume bzw. Teiluntersuchungsräume vier Prüfschritte im Rahmen der Geosynthese und werden hinsichtlich ihrer Eignung zur Ausweisung einer potenziellen Standortregion in vier Kategorien eingestuft:

Aufgrund des Prüfschritts 1 (Zielgerichtete Anwendung der Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen) werden ungeeignete Bereiche in die Kategorie D eingestuft.

Aufgrund der Prüfschritte 2 (Qualitative Bewertung des sicheren Einschlusses) und 3 (Quantitative Bewertung des sicheren Einschlusses) werden ungeeignete Bereiche in die Kategorie C eingestuft.

Der Prüfschritt 4 (Sicherheitsgerichteter Diskurs) führt zur Einstufung von Bereichen in die Kategorie B, die auf Grund der quantitativen Bewertung genauer untersucht werden, aber weniger gut geeignet sind als die am besten geeigneten Bereiche der Kategorie A. Ausschließlich Bereiche der Kategorie A werden im Anschluss an die rvSU im Rahmen von § 14 StandAG mit den geowissenschaftlichen Abwägungskriterien weiterbearbeitet.

Das geplante Vorgehen stößt bei den SGD prinzipiell auf positive Resonanz. Beispielsweise ist dies aus Sicht des LfU …*ein sehr fokussiertes und zielgerichtetes Vorgehen, mit Konzentration auf aussichtsreiche Gebiete und raschem Ausscheiden weniger geeigneter Gebiete (Kategorien D und C). Diese Vorgehensweise ist aus geowissenschaftlicher Sicht zielführend.* Für das LfULG ist es von großer Bedeutung, …*dass die Bereiche, die eindeutig und mit großer Sicherheit in die Kategorien D oder C einzuordnen waren, möglichst schnell öffentlich benannt werden. Dies erleichtert oder ermöglicht die Planung und Realisierung von wichtigen Infrastrukturvorhaben und*

die Bewilligung von Vorhaben zur Gewinnung von Erdwärme oder Rohstoffen in den Teilgebieten, da die Verfahren zur Gewährleistung der Standortsicherung nach § 21 Standortauswahlgesetz (StandAG) in Abstimmung mit dem BASE zumindest vereinfacht werden oder sogar ganz entfallen könnten. Auch das LUNG hält es im Hinblick auf Gebiete der Kategorie D für erforderlich, einen Weg aufzuzeigen, *…wie diese aus der aktuell gültigen Kulisse der Teilgebiete rasch entfernt werden können, um die entsprechende Mehrarbeit bei den Geologischen Landesdiensten im Hinblick auf die Anwendung des § 21 StandAG zu minimieren.*

Die Festlegung der Kategorien A bis C ist für das LUNG *…bisher nicht wirklich objektiv. Dafür müssen entsprechende Bewertungslisten (Wichtung, Punkteermittlung) erarbeitet werden, welche eine nachvollziehbare Zuordnung ermöglichen. Der Anteil an „subjektiven Bewertungen" sollte so gering wie möglich sein.* Das LBGR erwartet, *…dass der Ablauf für jedes (!) Teilgebiet angewandt und die Kategorisierung D bis A nachvollziehbar dokumentiert wird.*

Die BGR gibt den Hinweis: *Während die Einteilung in Kategorie D […] klaren Kriterien folgt […], erfolgt die Einteilung in die Kategorien C, B und A auf einer „überwiegend guten Bewertung" der jeweiligen Teilgebiete in den Prüfschritten 2 bis 4. Die Definition einer „überwiegend guten Bewertung" sollte daher präzisiert und gestärkt werden.* Im Rahmen der später zu erfolgenden umfassenden Bewertung von (Teil-)Untersuchungsräumen, deren Bearbeitungstiefe von der Kategorisierung abhängt, wird außerdem *…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 […].*

Auf die zahlreichen Hinweise und Empfehlungen der SGD zum Prüfschritt 1 wurde bereits bei der Berücksichtigung ihrer bisherigen Empfehlungen weiter oben eingegangen. Anmerkungen zu den Prüfschritten 2 bis 4 sind im Folgenden zusammengestellt.

Prüfschritt 2: Qualitative Bewertung des sicheren Einschlusses

Der BGR erscheint das Vorgehen für den Prüfschritt alles in allem zielgerichtet, wird aber durch die vorgelegten Unterlagen als noch nicht abschließend betrachtet. Konkrete Anmerkungen der BGR sind:

- Im Prüfschritt wird *…von einer „überwiegend guten Bewertung" gesprochen […], die Indikatoren des StandAG [werden] jedoch mit „günstig", „bedingt günstig" und „ungünstig" skaliert […]. Hier wird ein konsistenter Sprachgebrauch angeregt.*
- Im Prüfschritt ist vorgesehen, dass für das Nichtbestehen nicht ein einzelnes Kriterium ausschlaggebend sein soll. Hiervon kann aber fachlich begründet abgewichen werden. Die BGR rät *…eine fachliche Begründung anhand eines Beispiels für eine solche Abweichung* an.
- Es wird von der BGR angeregt zu prüfen, ob *…der Verzicht auf Kriteriengewichtung, bewertungsrelevante Eigenschaften und Indikatoren nachvollziehbar begründet ist*?
- Für die drei vorgestellten Optionen, die zum Nichtbestehen des Prüfschritts führen, wäre der BGR zufolge hilfreich, *…warum diese Optionen sinnvoll und womöglich sinnvoller als andere Optionen sind.*
- Im Prüfschritt können weitere Aspekte Berücksichtigung finden, die auf eine geringe Eignung schließen lassen, wie z.B. ungünstige Tiefenlagen oder bautechnische Aspekte. Der BGR zufolge ist unklar, *…ob ein Kriterienkatalog für das Hinzuziehen weiterer Aspekte bzw. ein Katalog der „weiteren Aspekte" selbst vorliegt*, und ob *…diese weiteren Aspekte auf alle Gebiete gleichermaßen, auf alle Gebiete eines bestimmten Wirtsgesteins oder nur einzelne Gebiete angewendet werden. Im letzten Fall erscheint eine Begründung schwierig, da der für den Prüfschritt 2 verfolgte Ansatz einer „systematischen[n]*

Bewertung und Überprüfung einheitlicher Kriterien" (Anlage, Blatt 417) wohl nicht vollständig erfüllt werden würde. Bei einer lediglich selektiven Anwendung der weiteren Aspekte könnte der Fall eintreten, dass …*Gebiete aufgrund mangelnder Kenntnisse nachteilig behandelt werden und aus dem Verfahren ausscheiden*.

- Von der BGR wird angeregt, die Formulierung einer „genügend hohen Anzahl von Gebieten", deren günstige Bewertung im Prüfschritt von der BGE erwartet wird, zu präzisieren. Zudem wird es als erforderlich angesehen, die Annahme, dass bei einem Nichtbestehen in Prüfschritt 2 nicht davon auszugehen ist, dass dies durch bessere Performanz in nachgeordneten Kriterien aufgewogen werden kann, näher zu erläutern.

Das LGRB stellt zu dem Prüfschritt fest, dass den Vorschlägen für die Aggregierung von Indikatoren aus dem Forschungsvorhaben RESUS nicht gefolgt wurde. Das von der BGE aufgestellte Regelwerk …*erscheint dem LGRB aus geowissenschaftlicher Sicht schlüssig. Ob die Regeln zu einem transparenten und gerechten Verfahren führen, kann an dieser Stelle nicht beurteilt werden. Diese Frage sollte in länderübergreifenden Gremien, wie beispielsweise vom Bund-Länderausschuss Bodenforschung (BLA-GEO) und dem Direktorenkreis der Staatlichen Geologischen Dienste (DK) sowie vom Nationalen Begleitgremium (NBG), diskutiert werden. Die Anwendung im Teilgebiet Opalinuston ist für das LGRB nachvollziehbar.*

Prüfschritt 3: Quantitative Bewertung des sicheren Einschlusses

Der BGR zufolge werden im Konzept und der Methodenbeschreibung …*Erläuterungen, wie eine „überwiegend gute Bewertung" erreicht werden kann, […] nicht gegeben. Dadurch kann nicht abschließend beurteilt werden, wie zielführend dieser Prüfschritt ist […].*

Des Weiteren wird von der BGR …*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.*

Die wirtsgesteinsspezifische Ableitung der zu erwartenden und abweichenden Entwicklungen erfolgt auf Basis von FEP-Katalogen, die sich auf geogene Prozesse beschränken. Hier sollte die Bedeutung technogener Prozesse, wie z.B. die Erwärmung des Wirtsgesteins durch die eingebrachten Abfälle, aus Sicht der BGR …*nachvollziehbar dargestellt werden. Es wird angeraten, dass technogene Prozesse […] bereits in der jetzigen Phase des Standortauswahlverfahrens Berücksichtigung finden*. Weitere Empfehlungen der BGR beziehen sich auf die Berücksichtigung der anisotropen Eigenschaften von Kristallin, Tongestein und Steinsalz in flacher Lagerung bei der quantitativen Bewertung des sicheren Einschlusses, auf Ungewissheiten der Abschätzung von Porositäten beim Fehlen ortsspezifischer Daten und die aus ihrer Sicht höhere Bedeutung des advektiven Transportes von Radionukliden für den Fall, dass ein ausreichendes hydraulisches Potenzial vorhanden ist.

Im Rahmen des Prüfschritts 3 wird in der Methodik ausgeführt, wie mittels verschiedener Rechenläufe Unsicherheiten möglicher zukünftiger Entwicklungen numerisch betrachtet werden. Hier ist für die BGR unklar, …*wie mit Rechenfällen umgegangen werden soll, die zeigen, dass unter bestimmten Bedingungen bzw. mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit diese Grenzwerte nicht eingehalten werden […]. 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 in Kategorie C führen würde. Es wird dringend angeregt aufzuzeigen, wie die Ergebnisse der Rechenläufe eingeordnet werden und Verletzungen der Grenzwerte bewertet werden sollen.*

Zur Verwendung von 1D-Transportmodellen in dem Prüfschritt merkt das LBEG an: *Für die quantitative Bewertung des sicheren Einschlusses […] ist die Durchführung numerischer*

Transportrechnungen anhand von eindimensionalen Modellen geplant. Die Modellparameter und Inputdaten sollen in Form von 1-D repräsentativen geologischen Profilen im Rahmen der Geosynthese für jeden Untersuchungsraum erarbeitet werden […]. Damit kommt diesen Profilen eine Schlüsselrolle zu und die Frage, ob ein Gebiet mit einem repräsentativen Profil hinreichend zu beschreiben ist, ist kritisch zu hinterfragen. Und weiter: *Angesichts der inhärenten Schwierigkeiten, die sich bei der Parametrisierung eindimensionaler Transportmodelle für Salz- und Kristallingesteine ergeben […] ist diese Vorgehensweise in Frage zu stellen.*

Für weitere, konkrete Hinweise zur numerischen Modellierung des Austrages der Nuklide mit Bezug auf einzelne Seiten bzw. Textstellen der Methodenbeschreibung wird zudem auf die Stellungnahme des TLUBN verwiesen.

Prüfschritt 4: Sicherheitsgerichteter Diskurs

Zu dem aus Sicht der BGR bisher nicht ausgearbeiteten Prüfschritt wird …*eine entsprechende Nachführung […] 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 räumliche Differenzierung und eine damit einhergehende Einengung 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 […].*

Das LfULG bezweifelt, ob in dem Prüfschritt vor dem Hintergrund spezifischer Unsicherheiten …*mit Kennzahlen gearbeitet werden sollte. Denn bei dem Vergleich zweier Gebiete, die für einen spezifischen Aspekt zwar eine ähnliche Kennzahl liefern, deren Unsicherheit jedoch in mindestens einem Fall sehr groß ist, steht das Ergebnis einschließlich des möglichen Ausschlusses auf einer nicht ausreichenden Grundlage. Wir begrüßen, dass die BGE beabsichtigt, diese Problemstellung weiter zu untersuchen (siehe Methodenbeschreibung als Anlage zum Konzeptentwurf, hier: Blatt 519) und bitten darum, die Ergebnisse zu gegebener Zeit ebenfalls zur öffentlichen Diskussion zu stellen.*

Das LBEG stellt hierzu fest: *Aus dem Konzept und der Methodenbeschreibung geht nicht konkret hervor, wie dieser Diskurs ablaufen wird. Auffällig ist, dass der Wertungsschritt von Kategorie B, also weniger gut geeignet, zu Kategorie A, am besten geeignet, sehr groß erscheint. Zudem stellt die Formulierung „am besten geeignet" einen Superlativ dar. Innerhalb eines Teilgebietes kann es dann formal nur eine Region geben, die am besten geeignet ist. Eine solche Aussage bedarf in jedem Fall einer fundierten Rechtfertigung. Darüber hinaus muss eine Entscheidungsfindung in einem verbal-argumentativen Diskurs, der durch die Einbeziehung verschiedener Kennzahlen (BGE 2022a) unterstützt werden soll, nachvollziehbar und reproduzierbar erfolgen. Dies gilt insbesondere, da aus den veröffentlichten Unterlagen nicht hervorgeht, wie die Kennzahlen jeweils ermittelt werden.*

Weitere Hinweise der SGD zur Methodik

Im Folgenden findet sich ohne Einordnung in einzelne Arbeitsschritte der Methodik eine Auswahl weiterer fachliche Hinweise, die in den Stellungnahmen der SGD gegeben werden:

- BGR: Beim Wechsel der BGE von der bisher gewählten „konservativen" Abschätzung zum „best estimate" Ansatz" gilt es 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: Die …*Aussage bzw. die Erwartung weiterer detaillierter „Kenntnisse zum Internbau" [von Salzstrukturen] bleiben für die Phase I des Standortauswahlverfahrens bzw. für die Entwicklung der Methodik zu den rvSU kritisch zu hinterfragen, da keine neuen Daten durch Erkundung erhoben werden.*
- BGR: Die Annahme, dass eine große Anzahl von Gesteinstypen mit einer großen Variationsbreite der Eigenschaften gleichzusetzen ist, erscheint mit Blick auf Kristallin …*nicht (vollumfänglich) plausibel und sollte daher überprüft werden.* Weiterhin 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.* Hinsichtlich des Ausmaßes der tektonischen Überprägung 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.*
- BGR: Bei den Eingangsparametern der geologischen Modelle ist unklar, …*inwiefern ggf. weitere relevante Eigenschaften, etwa zum geomechanischen Verhalten, in die Modelle einfließen.*
- BGR: Bezüglich der Begriffsbestimmung „Steinsalz" stellt die BGR fest, dass bei der Mächtigkeit und Zusammensetzung zulässiger Zwischenschichten für Steinsalz in steiler Lagerung strengere Kriterien gelten (Horizonte anderer Gesteine < 1 m mächtig, nur Anhydrit oder Tonstein) als für Steinsalz in flacher Lagerung (bis 5 m mächtige andere Gesteine, bis 3 m mächtige einzelne Horizonte aus Anhydrit, Tonstein, Salzton oder Kalisalze. *Gründe für die sich unterscheidenden zulässigen Mindestmächtigkeiten anderer Lithologien und für deren Art werden nicht gegeben.*
- BGR: Der Vorschlag der BGE, im Falle von Kristallin eine pauschale Erweiterung der Mindestanforderungen auf eine Mindestteufe von 500 m unterhalb der Oberfläche des Kristallins in Betracht zu ziehen, wird kritisch gesehen: *Generell geht aus den vorgelegten Darlegungen nicht schlüssig hervor, warum im oberen Bereich (unabhängig von der diesem konkret zugewiesenen Mächtigkeit) mit erhöhter Gebirgsdurchlässigkeit zu rechnen sei.*
- LGRB: Bei der bestmöglichen Einschätzung der Parameterwerte für den Nuklidtransport werden *Porositäten und Durchlässigkeitsbeiwerte […] für übergeordnete stratigraphische Einheiten angegeben. Damit erfolgt die Zuweisung eines einheitlichen Wertes für lithologisch und hydrogeologisch deutlich unterschiedliche Einheiten (z.B. Oberer Muschelkalk, Mittlerer Muschelkalk, Unterer Muschelkalk), obwohl differenzierte Werte vorliegen. Mit dem Einsatz solcher „Einheitswerte" werden spezifische petrographische Eigenschaften geglättet, was dazu führen kann, dass Maximalwerte, die zu einer negativeren Einordnung einer Untereinheit führen würden, nicht mehr sichtbar sind. Das LGRB empfiehlt daher eine differenzierte Parametrisierung der Untereinheiten.* Und weiter: …*Die den stratigraphischen Einheiten zugewiesenen Porositäten und Durchlässigkeitsbeiwerte sollten mit den in Baden-Württemberg vorliegenden Daten abgeglichen werden, die das LGRB im August 2021 […] der BGE aus dem Interreg-Projekt GeoMol und dem BMWi-Projekt CO_2-Speicherkataster zur Verfügung gestellt hat.*
- HLNUG: Im Rahmen der geowissenschaftlichen Langzeitprognose sollten …*seismische Einwirkungen genauer betrachtet werden. Gängige Erdbebenkataloge umfassen in der Regel maximal einen Zeitraum von 1000 Jahren, tatsächlich verlässliche Zeiträume sind noch einmal deutlich geringer (eher die letzten 50-100 Jahre). Geologisch gesehen sind dies sehr kurze Zeiträume.* Als Grundlage zur Bewertung der Subrosionsgefährdung nimmt die BGE eine Tiefenlage der löslichen Gesteine ab einer Tiefe von 300 m unter GOK an. *Aus*

Sicht von Hessen sind auch alle löslichen Gesteinsschichten oberhalb dieser von der BGE festgelegten Tiefenlage maßgeblich.

- HLNUG: *Im Hinblick auf die Methodik zur Darstellung der Barrieren und ihrer Sicherheitsfunktionen in den rvSU (Kap. 4.1.3.3) erscheint uns eine „wirtsgesteinsspezifische Darstellung der Barrieren" sinnvoll, da beispielsweise bei Steinsalz in flacher Lagerung aufgrund des Schichtaufbaus andere Ansätze zur Bewertung der geogenen Prozesse angenommen werden müssen als bei Steinsalz in steiler Lagerung.*
- LUNG: *Grundsätzlich fehlen in der Methodenentwicklung mineralogische Betrachtungen zum Tonstein. Die tonmineralogische Zusammensetzung ist abhängig von Fazies und Diagenese (insbesondere die Versenkungstiefe spielt eine große Rolle) und hat erheblichen Einfluss auf die Durchlässigkeit des Gesteins. Auch bei der Darstellung von unterschiedlichen Gebirgsdruckfestigkeiten verschiedener Tongesteine erfolgt kein Bezug zur Mineralogie.* Zudem müssen bei Bohrlochmessungen aus Sicht des LUNG verwendete Korrekturverfahren, Messtechnik und die Verknüpfung mit Spülprobenanalysen stärker berücksichtigt werden.
- LUNG: Das Vorhaben, den Internbau von Salzstrukturen anhand vorhandener 2D-Sismik neu zu bewerten, sieht das LUNG als schwierig an: *…Bereits bisher war es schon schwierig, die Umrisse eines Salzstockes anhand 2D-seismischer Messungen genau zu ermitteln, da dies eine exakte und genaue Zuordnung der Reflexionszeiten voraussetzt. Internstrukturen zu identifizieren, ist mit noch größeren Unsicherheiten behaftet. Es wurde zudem nicht dokumentiert, welche bzw. wie viele der zu betrachtenden Salzstöcke überhaupt durch Reflexionsseismik abgedeckt sind.* Zur Begriffsbestimmung „Steinsalz" wird darauf hingewiesen, dass eine Bestimmung von geringmächtigen Zwischenschichten (z.B. Anhydrit, Tonstein) von weniger als 1 m anhand der vorhandenen Gesteinsproben und geophysikalischen Messungen problematisch ist, sofern in den Bohrabschnitten nicht verlustfrei Kerne gewonnen wurden.
- LBEG: *Nach derzeitigem Kenntnisstand kann mit seismischen Verfahren von der Erdoberfläche bzw. von außerhalb der Salzstruktur […] nicht in das Salz hineingesehen, also keine Unterscheidung unterschiedlicher Salinargesteine erreicht werden. Allenfalls Teile großer Anhydritbereiche, sogenannte Klippen oder Stringer, sind in modernen seismischen Sektionen zu erahnen.*
- TLUBN: Zur Ermittlung der Variationsbreite der Eigenschaften im Wirtsgestein anhand digitaler Schichtenverzeichnisse und Bohrlochmessungen am Beispiel eines Teiluntersuchungsraums im GzME „Thüringer Becken" ist *…die von der BGE verwendete Datengrundlage […] insgesamt aus Sicht des TLUBN unzureichend und für die vorgeschlagene quantitative Analyse […] nicht geeignet.* Gründe hierfür sieht das TLUBN in der unterschiedlichen Detailtiefe der digitalen Erfassung von Schichtenverzeichnissen und in nicht vollständig digital vorliegenden geophysikalischen Bohrlochmessungen.

Wie wird der Umgang mit verschiedenen Endlagerkonzepten im Kristallin bewertet?

Abgesehen von dem Endlagersystem Typ 1, bei dem der sichere Einschluss der radioaktiven Abfälle durch einen oder mehrere einschlusswirksame Gebirgsbereiche (ewG) erreicht wird, ist im Kristallin auch ein Endlagersystem Typ 2 möglich, in dem der sichere Einschluss durch technische und geotechnische Barrieren erzielt wird. Das ebenfalls diskutierte Konzept des überlagernden ewG, das im Wesentlichen auf barrierewirksame Gesteine über einem Kristallinkörper beruht, kann aus Sicht der BGE über den gesamten Bewertungszeitraum nach § 4 Abs. 4

EndlSiAnfV nicht das Ziel der Konzentration und des sicheren Einschlusses am Einlagerungsort gewährleisten und wird daher in der Methodik nicht berücksichtigt.

Das LfU begrüßt die Entscheidungen der BGE ausdrücklich, im Kristallin prioritär nach dem Endlagertyp 1 zu suchen und das Konzept des überlagernden ewG nicht weiterzuverfolgen, merkt aber zur separaten Bewertung für Endlagersysteme vom Typ 1 und Typ 2 an: *Die Folge ist, dass Typ 1-Untersuchungsräume im kristallinen Wirtsgestein, die in die wenig geeignete Kategorie C kommen, nicht herausfallen, sondern für die spätere Typ 2-Bearbeitung vorläufig zurückgestellt werden müssen. Mit anderen Worten: Diese C-Gebiete im Kristallin werden im Verfahren sehr lange „mitgeschleppt" und verlängern (aus unserer Sicht unnötigerweise) den Suchprozess.* Außerdem sollten *…im Zuge der Transparenz des Verfahrens […] durch die BGE Vergleichsmöglichkeiten von Kristallin-C-Gebieten mit Ton- und Salz-A/B-Gebieten frühzeitig erarbeitet und vorgestellt werden.*

Das HLNUG unterstützt die Aussage der BGE hinsichtlich der Bewertung des überlagernden ewG. Demgegenüber ist das LfULG der Meinung, dass der Ausschluss des überlagernden ewG als Endlagerkonzept *…weitgehend aus formalen Gründen im Zuge der Interpretation der Endlagersicherheitsanforderungsverordnung [erfolgt] und offenkundig mit der Prämisse, dass ein ausreichender Einschluss durch das kristalline Gestein unter der einschlusswirksamen Schicht grundsätzlich unmöglich und eine relevante Ausbreitung der Radionuklide zwangsläufig anzunehmen sei. Ein Nachweis dafür wäre jedoch erst zu erbringen. Wir gehen davon aus, dass hier eine Klarstellung erforderlich ist:*

Kristalline Gesteine unter einem überlagernden ewG sollten nicht grundsätzlich ausgeschlossen, sondern im Rahmen der rvSU zunächst untersucht werden. Sofern hier Bereiche mit einer ausreichend geringen Gebirgsdurchlässigkeit vorliegen, wäre der überlagernde ewG als zusätzliche Barriere zu werten, der die Robustheit des Endlagersystems deutlich erhöht. Diese günstige Konfiguration sollte daher nicht ohne eine nähere Betrachtung aus dem Verfahren ausscheiden.

Die BGR folgert, dass in der Verfahrensweise keine Prüfung stattfindet, *…ob ein für ein Endlager vom Typ 1 untersuchtes und in Kategorie A oder B eingeordnetes Gebiet, das aus dem Verfahren ausscheidet, nicht dennoch für ein Endlager vom Typ 2 geeignet wäre […]*, und regt eine entsprechende Prüfung an, inwiefern dies mit dem regulatorischen Rahmen konform ist. Es sollte zudem abgeklärt werden, ob im Kristallin neben den Konzepten vom Typ 1 und Typ 2 auch ein Endlagerkonzept Typ 3 zu betrachten ist, das sowohl auf kristallinem Wirtsgestein mit ewG, für dessen Mächtigkeit nach StandAG auch weniger als 100 m zulässig sind, und den technischen und geotechnischen Barrieren als wesentlicher Barriere basiert.

Worauf wird noch hingewiesen?

Das LfU empfiehlt im Zuge der Transparenz *…eine frühzeitige externe Prüfung der verbalargumentativen Klassifizierung der BGE-Ergebnisse an einzelnen Beispielen (Stichwort „peer review"). Es sollte fachlich fundiert und unabhängig auch überregional geprüft werden, ob die BGE die UR [Untersuchungsräume] oder TUR [Teiluntersuchungsräume] nach Stand von Wissenschaft und Technik sowie unter Berücksichtigung der SGD-Daten vornehmen wird. Eine abschließende Prüfung der BGE-Vorschläge durch das BASE erscheint aufgrund der zu erwartenden Datenfülle erst zu spät zu greifen.*

Das LGRB weist auf die Anzeigepflicht geologischer Untersuchung nach dem Geologiedatengesetz (GeolDG): *In den Unterlagen werden verschiedene, von der BGE in Auftrag gegebene Forschungsvorhaben genannt, die u.a. auf baden-württembergischem Landesgebiet durchgeführt*

werden. Wir möchten die BGE in diesem Zusammenhang bitten, ihre Auftragnehmer auf die Anzeigepflicht für geologische Untersuchungen nach § 8 GeolDG beim LGRB als zuständige Behörde für das Land Baden-Württemberg hinzuweisen. Auch vom LBGR wird explizit darauf verwiesen, *…dass lt. § 8 GeolDG geologische Untersuchungen anzuzeigen sind. Dazu gehören auch Neubearbeitungen öffentlich bereitgestellter Fachdaten und Bewertungsdaten. Dem LBGR liegt bisher keine derartige Anzeige zum GzME Saxothuringikum, Anteil Land Brandenburg vor.*

In der rvSU Methodik wird mit dem Verweis auf § 27 (4) StandAG von einer Grenztemperatur von 100° C an der Außenfläche der Behälter ausgegangen. Diesbezüglich teilt das LfULG die eindeutige Position der Entsorgungskommission (ESK) und bittet die BGE, *…das Konzept zur Durchführung der rvSU entsprechend zu überarbeiten und ab sofort nicht mehr von einer pauschalisierten Grenztemperatur von 100 °C auszugehen.*

Das HLNUG weist darauf hin, *…dass die nach § 14 Abs. 1 EndlSiAnfV zu gewährleistende Möglichkeit der „Bergung der eingelagerten Endlagergebinde während der Stilllegung und für einen Zeitraum von 500 Jahren nach dem vorgesehenen Verschluss des Endlagers" in Steinsalzschichten aufgrund der visko-plastischen Verformung von Steinsalz höchstwahrscheinlich nur sehr aufwendig technisch zu realisieren sein wird.*

Abkürzungsverzeichnis

BGE	Bundesgesellschaft für Endlagerung
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
DGN	Kenngröße Datenquantität
DQL	Kenngröße Datenqualität
EndlSiAnfV	Endlagersicherheitsanforderungsverordnung
EndlSiUntV	Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung
ESK	Entsorgungskommission
ewG	einschlusswirksamer Gebirgsbereich
GeolDG	Geologiedatengesetz
GzME	Gebiet zur Methodenentwicklung
HLNUG	Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie Hessen
IDN	Kenngröße Interpretative Daten und weitere (indirekte) Nachweise
KX	Kenngröße Geologische Komplexität
LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen
LGRB	Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg
LfU	Landesamt für Umwelt Bayern
LBGR	Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg
LUNG	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern
LAGB	Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt

LfULG	Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen
rvSU	repräsentative vorläufige Sicherheitsuntersuchungen
SGD	Staatliche Geologische Dienste Deutschlands
SI	Internationales Einheitensystem (Système international d'unités)
StandAG	Standortauswahlgesetz
TLUBN	Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz Thüringen