



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Fachliche Einordnung zur
„Fachstellungnahme des Geologischen Dienstes im
LUNG M-V zum BGE-Konzept zur Durchführung der
repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen
(rvSU) gemäß
Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung“
vom 24.06.2022

Stand 07.02.2023

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Abkürzungsverzeichnis	2
1 Einleitung	3
2 Wesentliche Anmerkungen des LUNG und fachliche Einordnung	4
2.1 BGE-Präsentationsveranstaltungen vom 28.03. bis 01.04.2022	4
2.2 Konzeptbericht und Anlage 1	5
2.2.1 Allgemeine Anmerkungen	5
2.2.2 Wirtsgesteine	9
2.2.3 Datengrundlagen (Bohrungen, Seismik)	13
2.2.4 Kategorien A bis D	14
2.2.5 Empfehlungen	15
Literaturverzeichnis	17
Anzahl der Blätter dieses Dokumentes	18

Abkürzungsverzeichnis

BGE	Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
DQL	Datenqualität
DQN	Datenquantität
EndISiUntV	Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung
FEP	Features, Events and Processes
GzME	Gebiet(e) zur Methodenentwicklung
LUNG	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie
M-V	Mecklenburg-Vorpommern
rvSU	Repräsentative vorläufige Sicherheitsuntersuchungen
StandAG	Standortauswahlgesetz

1 Einleitung

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

Am 26.06.2022 wurde der BGE durch das Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie (im Weiteren LUNG) von Mecklenburg-Vorpommern eine „Fachstellungnahme des Geologischen Dienstes im LUNG M-V zum BGE-Konzept zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (rvSU) gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung“ vorgelegt. Für die Übersendung dieser bedankt sich die BGE ausdrücklich. Die Stellungnahme des LUNG ist auf der [Homepage](#) der BGE veröffentlicht.

In dieser fachlichen Einordnung wollen wir in Kapitel 2 auf die wesentlichen Punkte aus der Stellungnahme eingehen.

2 Wesentliche Anmerkungen des LUNG und fachliche Einordnung

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

2.1 BGE-Präsentationsveranstaltungen vom 28.03. bis 01.04.2022

Aussagen der Stellungnahme des LUNG:

„Die Veranstaltungsreihe der BGE zur Methodik der rvSU fand in den Abendstunden statt. Vorträge und Diskussionen dauerten jeweils etwa 2 Stunden. Nach einer umfangreichen Übersichtspräsentation zur Thematik befassten sich die nachfolgenden spezifischen Präsentationen mit den vier Wirtsgesteinstypen, für die seitens der BGE Gebiete zur Methodenentwicklung festgelegt wurden (vgl. <https://www.bge.de/de/endlagersuche/standortregionen/gebiete-zur-methodenentwicklung>).

Die Veranstaltungen liefen nach einem einheitlichen Schema ab, d.h. nach einer 10minütigen Einführung wurde in ca. 30-40 Minuten immer wieder die methodische Herangehensweise vorgestellt und anschließend eine halbe Stunde diskutiert. Diese immer gleiche Prozedur war zumindest bei einer wiederholten Teilnahme ermüdend. Erst danach erfolgten die Ausführungen zum jeweiligen Wirtsgestein in einem für die Methodenentwicklung ausgewählten Teilgebiet mit einer anschließenden Diskussion. Alle Beiträge wurden seitens der BGE immer durch die selben Protagonisten, i.d.R. Nicht-Fachleute auf dem Gebiet der Geowissenschaften vorgestellt. Für die fachlichen Fragen standen während der Diskussion lediglich ein oder zwei Geowissenschaftler zur Verfügung. Unklar blieb leider, wer bei der BGE die konkreten Arbeitsschritte durchführt und welche Qualifikationen die Mitarbeiter besitzen. Interessanterweise wurde darauf hingewiesen, dass für die bisherige Bestimmung des Kriteriums der Mindestmächtigkeit gemäß § 23 StandAG stratigraphische Liegend- und Hangendgrenzen genutzt wurden (vgl. BGE-Zwischenbericht Teilgebiete) und man jetzt endlich den Schritt von der Stratigraphie zur Lithologie gehen würde. Zu den lithologischen Merkmalen gehören aber vor allem die mineralogische Zusammensetzung und das Gefüge eines Gesteins, zu denen aber keine Erkenntnisse vorgelegt wurden.

Als wichtigste Information konnte der Zuhörer immerhin mitnehmen, dass die Teilgebiete nun intern in die Kategorien A, B, C und D eingeteilt werden sollen, wobei für Bereiche der Kategorie D entweder ein Ausschlusskriterium (§ 22 StandAG) zutrifft oder die Mindestanforderungen nicht erfüllt werden. Letzteres ist aufgrund der bisher verwendeten stratigraphischen Mächtigkeiten insbesondere für die extrem großen Teilgebiete mit Kristallin- und Tongesteinen zu erwarten.“ (LUNG M-V 2022, S. 1)

Fachliche Einordnung: Die Kritik am Veranstaltungsformat kann die BGE nicht nachvollziehen. Die Methodik für die Anwendung der Mindestanforderung „Mächtigkeit“ wurde unter Berücksichtigung der Kritik zum Zwischenbericht Teilgebiete weiterentwickelt.

Begründung: Die BGE hat im Anschluss an die Veröffentlichung der Unterlagen zur Methodenentwicklung für die repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen vom 25.03.2022 bis 01.04.2022 eine Veranstaltungsreihe initiiert. Diese hatte das Ziel, mit Fokus auf jeweils ein anderes Wirtsgestein, nicht nur mit der Fachcommunity, sondern auch mit der interessierten Öffentlichkeit in den jeweiligen Gebieten zur Methodenentwicklung in einen Austausch zu treten. Aufgrund dieser wechselnden Zielgruppe ergab sich notwendigerweise und seitens BGE bewusst eine gewisse Redundanz der vier Veranstaltungen. Bei den Veranstaltungen stand eine ausreichende Zahl Fachexpert*innen zur Verfügung, um alle fachlichen Fragen zu beantworten.

Das Vorgehen zur Bewertung der lithologischen Mächtigkeit in Anlehnung an die Mindestmächtigkeit gemäß § 23 StandAG ist für die Gebiete zur Methodenentwicklung in (BGE 2022b) in Kapitel 5.4.2 beschrieben. Neben geologischen Karten, Profilschnitten und Bohrungsmarkern nutzt die BGE – je nach Detaillierungsgrad der Modellierung – auch eigene Interpretationen bohrlochgeophysikalischer Messungen, um lithologische Grenzen abzuleiten.

2.2 Konzeptbericht und Anlage 1

Das LUNG ist der Auffassung, dass das Methodendokument der BGE sehr umfangreich ist und die Struktur komplex. Kritische Anmerkungen betreffen unter anderem Unklarheiten bei den Definitionen, fehlerhafte Verweisketten und sprachliche Ungenauigkeiten. Zudem hinterfragt das LUNG die Vorgehensweise bei der Bewertung der Wirtsgesteine Tongesteine und Steinsalz in steiler Lagerung anhand konkreter Beispiele. Außerdem wird der Umgang mit der unterschiedlichen Datenlage und Datenqualität thematisiert.

2.2.1 Allgemeine Anmerkungen

Aussagen der Stellungnahme des LUNG:

„Das Konzept erscheint insgesamt zu umfangreich und ist teilweise unübersichtlich strukturiert. Insbesondere die Anlage 1 ist inhaltlich im Detail schwer zu durchdringen. Es wäre sinnvoller gewesen, die wichtigsten Kapitel, welche oftmals fachlich völlig verschiedene Aspekte der Endlagerung beleuchten, als eigenständige Anlagen zu gestalten und auf diese an geeigneter Stelle zu verweisen.

Zwar wurde seitens der BGE versucht, die Arbeit strukturell zu gliedern, aber das ist nur bedingt gelungen. Es wird innerhalb der komplexen Struktur (vgl. Abb. 1 auf Blatt 15 des Konzeptes bzw. Abb. 5 auf Blatt 58 der Anlage 1; die Reihenfolge der Aufgaben/Arbeitsschritte ist durch verschiedene Pfeilsymbole in der Abbildung vorgegeben) gesprungen (vgl. jeweils bearbeiteten Abschnitt, die in den Abbildungen auf den Blättern 418, 429, 452, 460 und 630 der Anlage 1 rot markiert sind).“
(LUNG M-V 2022, S. 2)

Fachliche Einordnung: Die BGE kann die Kritik teilweise nachvollziehen und nimmt Verbesserungsvorschläge zur Darstellung der komplexen Sachverhalte gerne auf.

Begründung: Die BGE kann nachvollziehen, dass die inhaltliche Auseinandersetzung mit den seitens BGE im März 2022 veröffentlichten Dokumenten aufwendig ist, was auch auf die Komplexität und thematische Breite einer vorläufigen Sicherheitsuntersuchung zurückgeht. Um dem entgegenzuwirken, wird im Konzeptdokument (BGE 2022a) an geeigneter Stelle auf einzelne Kapitel der Anlage (BGE 2022b) verwiesen. Die Kapitelüberschriften orientieren sich am Ablaufschema und den Inhalten der rvSU (BGE 2022a, S. 22), welche als Einleitung in der Anlage zur besseren Verständlichkeit nochmals als einleitendes Kapitel aufgeführt sind (BGE 2022b, S. 57 - S. 65).

Die Aufteilung in einzelne Anlagen hätte aus Sicht der BGE nicht zur Übersichtlichkeit beigetragen, da dadurch die inhaltliche Verknüpfung der fachlich zusammenhängenden Schritte der rvSU erschwert würden.

„Das Konzept enthält seitenweise Definitionen, z.B. zum Begriff ‚Ungewissheiten‘, wobei am Ende inhaltlich trotzdem nicht klar wird, warum es nicht, wie sonst üblich, als Unsicherheit/Sicherheit benannt wird. Sicherheitszuschläge, und darum scheint es zu gehen, sind in der Ingenieurgeologie typisch, z.B. die Sicherheit η bei Böschungen entsprechend DIN 4084.“ (LUNG M-V 2022, S. 2)

Fachliche Einordnung: Die BGE nimmt den Hinweis auf, dies künftig besser einzuordnen bzw. zu erklären.

Begründung: Der Begriff „Ungewissheit“ wird im allgemeinen Sprachgebrauch oft synonym mit dem Begriff „Unsicherheit“ verwendet. Je nach Kontext werden diese Begriffe oft unterschiedlich verwendet oder definiert. Die BGE definiert den Begriff „Ungewissheit“ für das Standortauswahlverfahren daher wie folgt:

- Ungewissheit ist ein Mangel an Gewissheit und/oder Informationen zur Beschreibung des Systems und somit zur Einschätzung möglicher negativer Konsequenzen.
- Ungewissheiten können sowohl durch fehlendes Wissen, als auch durch natürliche Variabilität entstehen.

Dies wird in Kapitel 10.2. von BGE (2022b) näher beschrieben.

Auf den Begriff „Unsicherheit“ wird bewusst verzichtet, da dieser als eine mögliche Gefährdung im Sinne eines Schadensereignisses missverstanden werden kann. Ungewissheiten treten jedoch in vielfacher Weise auf und führen nicht ausschließlich zu einer Gefährdung für die Sicherheit. Darüber hinaus ist eine Verwendung des Begriffs „Ungewissheit“ konsistent mit Formulierungen aus der EndISiUntV.

„Für offensichtlich wichtige ‚Begriffe‘ wie FEP-Kataloge erfolgt bei erster Nennung auf Blatt 18 des Konzeptes keine Definition, sondern ein Verweis auf einen späteren Textabschnitt (Kap. 8.7.2), der auch keine Definition enthält, sondern nur einen Literaturhinweis. Eine Definition erfolgt dann in der Anlage 1 (Blatt 466ff), wobei hier klargestellt wird, dass es keine Trennung zwischen ‚E‘ und ‚P‘ gibt (Blatt 474), so dass es letztlich ‚FP-Kataloge‘ sind.“ (LUNG M-V 2022, S. 2)

Fachliche Einordnung: Die BGE nimmt den Hinweis auf, künftige Texte besser zu strukturieren.

Begründung: Ein FEP-Katalog ist ein Katalog der *Features, Events and Processes* (Merkmale, Ereignisse und Prozesse) in einem Endlager. Er hat in einer Sicherheitsuntersuchung die Funktion einer – oft datenbankbasierten – systematischen Beschreibung des Endlagersystems und seiner Umgebung. Das in einem schwedischen Projekt unter diesem Namen für Endlager-Sicherheitsuntersuchungen angepasste Konzept stammt aus der Methodik der Szenarientwicklung (SKB 1989). Der Begriff „FEP-Katalog“ hat sich seitdem in der Endlagerung etabliert, weshalb der FEP-Katalog der Standortauswahl auch dann ein FEP-Katalog ist, wenn Ereignisse und Prozesse zusammengefasst werden.

„Im Text finden sich oftmals lange Wiederholungen (sowohl wortwörtlich als auch inhaltlich). Häufig wird auf andere Kapitel oder Abbildungen verwiesen, aber nicht in chronologischer Reihenfolge, sondern vor und zurück. Auch gibt es Verweisketten, die nicht nachvollziehbar sind oder ins Leere laufen, z.B. wird in der Unterschrift zur Abb. 206 auf Blatt 552 der Anlage 1 auf das Beispiel 92 verwiesen. Dieses findet man mittels Suchfunktion auf Blatt 526. Im Beispiel ist eine Monte-Carlo-Simulation beschrieben, für die Parameter bzw. Kennzahlen verwendet werden, die ihrerseits im Kap. 8.5.5 bzw. Kap. 8.5.3 zu finden sein sollen. In diesem Zusammenhang scheint auch der auf Blatt 551 vermerkte Verweis auf die Tab. 74 fehlerhaft. Wahrscheinlich war Tab. 75 auf Blatt 552 gemeint.“ (LUNG M-V 2022, S. 2)

Fachliche Einordnung: Die BGE kann sich der geäußerten Kritik nur teilweise anschließen. Den Hinweis bezüglich des falschen Verweises nimmt die BGE auf.

Begründung: Die genannten Verweisketten sind mit einer Ausnahme korrekt und verweisen auf die vorgesehenen Stellen. Die im Text genannten Verweise sind mit Hyperlinks im Dokument hinterlegt. Ein Suchen der entsprechenden Stellen mit der Suchfunktion ist daher nicht notwendig. Auf Blatt 551 wird im Text tatsächlich auf die falsche Tabelle verwiesen. Es muss auf Tabelle 75 anstelle Tabelle 74 verweisen werden. Dieser Fehler taucht im Text in der Box „Beispiel 100“ an zwei Stellen auf und muss korrigiert werden.

Der Hinweis, es handele sich bei der Verweisreihenfolge nicht um eine chronologische Reihenfolge ist insofern schwierig zu deuten, weil die zeitliche Methodenentwicklung nicht unbedingt der kausal zusammenhängenden Prozessreihenfolge entspricht und diese wiederum auch nicht zwingend der Berichtsreihenfolge entsprechen muss. In einer Beschreibung zur Durchführung einer angestrebten Methode wird im Allgemeinen auf nachfolgende Kapitel verwiesen, die beispielsweise Abbildungen und Ergebnisse der beschriebenen Methoden zeigen (Vorwärts-Verweis). In einer meist am Ende stehenden Diskussion wird auf Abbildungen oder Methodenbeschreibungen vorangegangener Abbildungen verwiesen (Rückwärts-Verweis). Ein Vor und Zurück lässt sich nicht vollständig vermeiden. Dies erleichtert jedoch prinzipiell den Lesern den Einstieg und die Navigation in den Dokumentteilen von Interesse.

„Bei einigen Karten sind die Abbildungsgrundlagen nicht vermerkt. Als Beispiel seien die Abbildungen 107 und 108 [gemeint ist Anwendungsbeispiel im GzME „Salzstock Bahlburg“ (02_00UR)] auf den Blättern 337 und 338 der Anlage 1 genannt. Auf welcher Basis wurden die Mächtigkeits- und Tiefenisolinen erstellt – Bohrungen, Seismik oder beides?“ (LUNG M-V 2022, S. 2)

Fachliche Einordnung: BGE nimmt den Hinweis auf, die Abbildungsgrundlage deutlicher zu deklarieren.

Begründung: Die Karten zur Mächtigkeit und Tiefenlage wurden auf Basis des aktuellsten geologischen 3D-Modells des Landes Niedersachsen erstellt. Zusätzlich wurden von der BGE Bohrungsdaten zur Validierung der Modelle ausgewertet.

„Sprachliche Ungenauigkeiten sind häufig, z.B. wird auf Blatt 33 des Konzeptes der Begriff ‚höffige Gebiete‘ verwendet, wie er aus der Lagerstättengeologie für Bereiche mit einem hohen Anteil an Gas/Öl/Mineralisationen etc. bekannt ist. In dem Zusammenhang sollen es vermutlich Bereiche mit hohem Tongehalt sein.“ (LUNG M-V 2022, S. 3)

Fachliche Einordnung: Die BGE stimmt dem nicht zu.

Begründung: Der Terminus „höffige Gebiete“ zielt im angegebenen Zusammenhang nicht auf die Höffigkeit im Sinne des Vorkommens von Rohstoffen. Der sich auf „hoffen“ bzw. „Hoffnung“ beziehende Begriff stammt zwar aus der Bergmannssprache und stellt reiche Vorkommen nutzbarer Komponenten in Aussicht, jedoch können auch gänzlich andere, verschiedene Dinge erhofft werden – wie zum Beispiel Gebiete mit einer potentiellen Eignung für die Lagerung hochradioaktiver Abfälle.

„Es werden mitunter Einheiten verwendet, die keinem SI-Standard entsprechen, z.B. steht auf Blatt 532 der Anlage 1, dass ein ‚pauschaler thermischer Gradient von 0,03 °C/m verwendet‘ wurde. Entsprechend des SI-Standards wäre die Einheit Kelvin/Meter zutreffend. Allerdings ist es ohnehin fraglich, ob der für normale Beckensedimente typische Gradient von 0,03 K/m auch für Steinsalz mit seiner deutlich höheren Wärmeleitfähigkeit angesetzt werden sollte.“ (LUNG M-V 2022, S. 3)

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

Begründung: Zwar ist die Anmerkung inhaltlich richtig, aber die Vorgehensweise der BGE ist auch nicht falsch. Solange die Einheit angegeben ist, darf auch von SI-Einheiten abgewichen werden. Erst bei Folgeberechnungen ist ggf. auf SI-Einheiten umzurechnen (jedoch unterscheidet sich der Zahlenwert bei einem Temperaturgradienten nicht, wenn zwischen Kelvin und Grad Celsius umgerechnet wird, weil ein Kelvin und ein Grad Celsius die identische Temperaturspanne beziffern, einzig der jeweilige Nullpunkt sind unterschiedlich). Für die Positionsoptimierung eines Einlagerungsbereiches innerhalb eines Salzstockes sind neben der Temperatur vielfältige, mitunter sehr komplexe Aspekte zu berücksichtigen. In dem genannten Textabschnitt wird bereits beschrieben, dass der

angegebene Gradient vorläufig, pauschal und sehr vereinfacht ist. Das vorrangige Ziel dieses Methodenteils war die exemplarische Positionsoptimierung. Die Berücksichtigung der Temperaturverhältnisse ist Teil des Standortauswahlverfahrens.

2.2.2 Wirtsgesteine

2.2.2.1 Tongesteine

Aussagen der Stellungnahme des LUNG:

„Auf Blatt 354 der Anlage 1 erfolgte eine Bewertung von Tonsteinen anhand des Tonanteils (nicht mineralogisch!) nach Hoth et al. (2007). Dort wird eine Abfolge mit einem Tonanteil von 80 % und mehr als gut und von 60–79 % als bedingt günstig beschrieben. Bereits einfache Überlegungen führen dies ad absurdum.

Beispiel: Abfolge besteht aus 80 m Tonstein (kf-Wert z.B. 10-12 m/s) und 20 m Feinsandstein (kf-Wert 10-5 m/s). Damit ergibt sich für diese 100 m mächtige Abfolge ein kf-Wert von $2 \cdot 10^{-6}$ m/s. Dieser erste Überschlag zeigt, dass bereits die Einschaltung geringmächtiger Sandeinlagerungen die durchschnittliche Durchlässigkeit erheblich erhöhen und somit die Mindestanforderung eines kf-Wertes für die Abfolge von 100 m nicht eingehalten werden kann. Entsprechend gängiger Lehrbücher wird für mehrschichtige Abfolgen ein arithmetischer Mittelwert für die horizontale und ein harmonischer Mittelwert für die vertikale Durchlässigkeit angegeben (vgl. Busch et al. 1993, S. 41). Der arithmetische Mittelwert wäre entsprechend für die Durchlässigkeit des Einlagerungsbereiches zu verwenden und der harmonische Mittelwert für die Wirksamkeit der Deckschichten. Eine diesbezügliche Diskussion scheint bisher nicht geführt worden zu sein.“ (LUNG M-V 2022, S. 3)

Fachliche Einordnung: Die BGE stimmt dem nicht zu.

Begründung: Eine Abfolge, die lediglich 80 m Tongestein aufweist, erfüllt gemäß § 23 StandAG nicht die Mindestanforderung „Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“. Der Tonanteil bezieht sich auf die durchschnittliche Zusammensetzung der Lithotypen des Gesteinspakets. Hoth et al. (2007) entwickelten eine Methode, anhand der es gelingt, Informationen aus Schichtenverzeichnissen zu nutzen, um grundlegende Zusammenhänge mit der Gebirgsdurchlässigkeit herzustellen. Diese Methode ist zwar eine sehr starke Vereinfachung, jedoch zweckdienlich, da sie versucht, vorhandene Daten nutzbar zu machen, da Gebirgsdurchlässigkeiten für die entsprechenden Wirtsgesteinsbereiche mit Barrierefunktion in diesem Schritt des Verfahrens nicht vorliegen.

„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 (vgl. Blatt 640ff). Immerhin ist es positiv zu bewerten, dass zukünftig die Gesteinsfazies (vgl. Blatt 397 der Anlage 1) genauer betrachtet und bewertet werden soll.“ (LUNG M-V 2022, S. 3)

Fachliche Einordnung: Die BGE stimmt dem Kommentar nicht zu.

Begründung: Mineralogische Betrachtungen zum Tongestein sowie Zementation und Kompaktion werden, sofern Daten vorhanden sind, in der Bearbeitung und Bewertung der geowissenschaftlichen Arbeiten im Rahmen der rvSU berücksichtigt. Die aus bohrlochgeophysikalischen Daten abgeleiteten Informationen zur Gesteinszusammensetzung fließen ebenfalls in die Interpretation und Bewertung ein. Um diese Interpretation herzuleiten, bedarf es in vielen Fällen einer Kalibrierung der Daten anhand detaillierter Daten zur Gesteinsmatrix.

Die Betrachtung und Bewertung rein mineralogischer Parameter ist nicht geeignet, um direkte Rückschlüsse auf die Barriereigenschaften zu ziehen und diese direkt für eine Bewertung im Rahmen des qualitativen Prüfschrittes zu nutzen. Beispielsweise ist der Einfluss des Karbonatgehaltes und des Karbonat-Mikrogefüges auf wesentliche Gesteinseigenschaften durch die Bundesgesellschaft für Geowissenschaften und Rohstoffe (im Weiteren BGR) (Klinkenberg 2008; Klinkenberg et al. 2009; Kaufhold et al. 2013) ausführlich untersucht worden.

Die Auswirkung unterschiedlich starker Kompaktion und Versenkung auf die sicherheitsrelevanten Eigenschaften der Tongesteinsabfolge werden im Rahmen eines Forschungsprojektes betrachtet (https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Forschung/2021-05-28_BGE_Projektsteckbrief_MATURITY_barrierefrei.pdf).

„Teilweise wird der Tongehalt einer Schichtenfolge aus Bohrlochmessungen (Logs) ermittelt (Beispiele auf den Blättern 309 und 355 der Anlage 1), was grundsätzlich eine objektive und gute Methode darstellt. Dabei wird aber nicht klar, nach welcher Methode dies erfolgte und welche Korrekturen dafür verwendet wurden. Zudem ist nicht beschrieben, ob die verwendeten Logs spülungskorrigiert waren, inwieweit das Kaliber-Log zur Korrektur genutzt wurde und weitere Faktoren, die die Messung beeinflussen. Zudem muss berücksichtigt werden, dass z.B. ein Gamma-Log immer den ‚gemittelten‘ Wert für einen bestimmten Bereich wiedergibt. Je nach Fahrgeschwindigkeit beim Logging werden somit kleinere Sandzwischenlagen nicht nachgewiesen. Diese Problematik müsste umfassend betrachtet werden. Bei einer Verknüpfung mit Ergebnissen von Spülprobenanalysen ist zu berücksichtigen, dass die Probenabstände üblicherweise in tonigen Abfolgen ≥ 10 m sind.“ (LUNG M-V 2022, S. 3)

Fachliche Einordnung: Die BGE ist sich den Herausforderungen im Umgang mit vorhandenen bohrlochgeophysikalischen Messungen bewusst und versteht die Hinweise.

Begründung: Alle bohrlochgeophysikalische Daten werden vor ihrer Nutzung editiert. In einigen Fällen, wie bei den Daten des Bundeslandes Mecklenburg-Vorpommern, ist dies ein aufwändiger Prozess, da die Daten von der BGE zunächst vektorisiert und in diesem Zuge qualitätsgesichert werden müssen. Alle bohrlochgeophysikalischen Daten werden nach Qualitätsmerkmalen sortiert (nach von den ausführenden Firmen angewendete Korrekturen wie: Bohrlochdurchmesser, Temperatur, Spülgewicht, Sondenposition, Detektortyp, Werks-, Betriebs- und Bohrungskalibration). Für Bohrungen, die von der KW-Industrie abgeteuft und von bekannten Servicefirmen unter Einhaltung eines

strengen Qualitätsprozesses vermessen wurden, kann davon ausgegangen werden, dass diese genannten Korrekturen berücksichtigt wurden. Diese als verlässlich einzustufenden Logs werden von uns noch einmal überprüft. Dann erfolgt eine Harmonisierung des Antwortverhalten der Gamma-Ray Messung unter der Maßgabe, dass in nachweislich identischen geologischen Zonen ein ähnliches Antwortverhalten zu erwarten ist. Die Messungen werden auf dieser Grundlage in gut dokumentierten Schritten zur Harmonisierung adjustiert.

Da für die Bewertung der Teiluntersuchungsräume unterschiedliche Logs vorliegen, wird die oben beschriebene Methode der Datengrundlage angepasst. Die in der Unterlage (BGE 2022b) verwendeten Daten, konnten mithilfe einer sehr gut untersuchten Vergleichsbohrung der Schweiz interpretiert werden. Die dort gewonnenen bohrlochgeophysikalischen Messdaten konnten so in einen quantitativen Zusammenhang zur Kerndaten gesetzt werden. Da viele Bohrungen des Untersuchungsraums ähnliche Logdaten derselben Messfirma beinhalten, die auch die Bohrung in der Schweiz vermessen hat, konnte die Schweizer Bohrung sehr gut als Grundlage der Adjustierung des Antwortverhaltens herangezogen werden. Weiterhin werden auch Messungen berücksichtigt die weniger stark auf Kalibration und Messeinflüsse reagieren, wie z. B. akustische Messungen, die zusammen mit dem Gamma-Ray-Log zur Interpretation herangezogen wurden.

Im vorliegenden Fall der Vclay- und Vshale-Bestimmung sind das in erster Linie die an Kernmaterial der Schweizer Bohrung ermittelten Tonminerale und ihre Gewichtsanteile. Auf dieser Datengrundlage wurde das Vorhandensein unterschiedlicher Gesteinstypen abgeleitet und für die Bewertung der Anlage 3 wie in der der Unterlage (BGE 2022b) beschrieben, genutzt.

2.2.2.2 Steinsalz in steiler Lagerung

Aussagen der Stellungnahme des LUNG:

„Für alle 60 Salzstöcke, die als Teilgebiete im BGE-Zwischenbericht ausgewiesen wurden, soll der komplizierte Internbau auf Grundlage bereits vorhandener 2D-Seismik ermittelt werden. Dafür ist geplant, die Originaldaten zu beschaffen und neu zu bewerten. Dabei ist zu beachten, dass die vorliegenden Seismikdaten entsprechend ihres Alters von sehr unterschiedlicher Qualität sind und das Ziel der seismischen Untersuchungen bevorzugt die Randsenkenbereiche der Salzstöcke waren. 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. Für den Salzstock Werle im Grenzbereich BB und MV liegen entsprechende Daten nicht vor.“ (LUNG M-V 2022, S. 4)

Fachliche Einordnung: Die BGE kann sich der Anmerkung nur teilweise anschließen.

Begründung: Es ist richtig, dass es eine große Herausforderung darstellt, auf Grundlage der vorliegenden heterogenen seismischen Daten, Aussagen über den internen Aufbau von Salzstrukturen zu treffen. Aktuell geht es primär darum, die verfügbaren migrierten Stapelsektionen zu sichten und ggf. zu interpretieren, die in vielen Fällen u. a. Basis für die Erstellung der von uns genutzten geologischen 3D-Modelle darstellen. Die BGE nutzt die aktuell vorliegenden seismischen Daten auch, um im Zuge einer Studie herauszufinden, welche geologischen Strukturen (Anhydrite, Homogenbereiche, etc.) potenziell im Inneren eines Salzstocks abgebildet werden können. Die Ergebnisse dieser Studie werden dazu beitragen die zukünftigen Arbeiten der BGE zu planen und die Aussageweite der seismischen Daten in Bezug auf den Internbau und die Struktur allgemein einschätzen zu können. Gekoppelt mit der Internbauprognose, deren Anwendungsmethode aktuell gemeinsam mit der BGR entwickelt wird, soll ein möglichst vollständiges geologisches Bild jedes Teilgebietes im Wirtsgestein Steinsalz „in steiler Lagerung“ entwickelt werden.

„Auf Blatt 708 der Anlage 1 wird vorgeschlagen, dass bei Steinsalz in steiler Lagerung die Zwischenschichten (z.B. Anhydrit, Tonstein) eine Mächtigkeit von 1 m entsprechend der vorliegenden Bohrungsdaten nicht überschreiten dürfen. Das lässt sich aber nur gewährleisten, wenn die Bohrung gekernt ist und keinen Kernverlust aufweist. Das ist jedoch selten der Fall. Spülproben werden häufig nur im Abstand von 10 m gewonnen und die Spülprobe besteht dann aus frisch erbohrtem/gespültem Material sowie dem Nachfall. Damit geringmächtige Schichten >1 m zu identifizieren, ist problematisch. Im Gamma-Log lässt sich eine Tonschicht nachweisen, bei Anhydrit sieht das schon anders aus. Die Schichtenverzeichnisse sind zudem immer subjektiv gefärbte Beschreibungen unterschiedlich qualifizierter Bearbeiter (Mudlogger, Geologe).“ (LUNG M-V 2022, S. 4)

Fachliche Einordnung: Die BGE nimmt den Hinweis zur Kenntnis, stimmt jedoch nicht in allen Punkten zu.

Begründung: Es ist korrekt, dass lediglich auf Basis von Spülproben geringmächtige Schichten nicht in ihrer korrekten Lage und Mächtigkeit ausgewiesen werden können. Dies kann nur bei gekerntem Bohrungen bzw. mit der Kombination aus Bohrlochmessungen, Spülprobenbeschreibungen und/oder Bohrkernen geschehen. Der Vorschlag zielt aber nicht nur auf die aktuellen Arbeiten, sondern auch auf zukünftige ab. Bei der späteren eigenen Erkundung der BGE, in der Phase II des Standortauswahlverfahrens, wird diese Genauigkeit in der Beschreibung der Schichtmächtigkeit erzielt werden können. Des Weiteren liegen der BGE auch jetzt bereits Informationen aus zumindest teilweise gekerntem Bohrungen vor.

Je nach Verfügbarkeit von Bohrlochmessungen können Anhydritschichten sehr gut im Log erkannt werden, dies funktioniert richtigerweise nicht im Gamma-Ray-Log, jedoch beispielsweise mit einem Density-Log sehr zuverlässig. Auch dies wird bei der Auslegung der späteren Erkundung Berücksichtigung finden.

Die Tatsache, dass Schichtenverzeichnisse immer eine subjektive Beschreibung sind, ist ein wichtiger Aspekt mit dem in den Geowissenschaften immer ein Umgang gefunden werden muss. Die BGE führt hier, soweit es die vorliegenden Daten möglich machen, eine Plausibilitätsprüfung bei der

Sichtung der Schichtenverzeichnisse durch, indem sie beispielsweise einen Abgleich zu umliegenden Bohrungen durchführt.

2.2.3 Datengrundlagen (Bohrungen, Seismik)

Aussagen der Stellungnahme des LUNG:

„Die wichtigsten Datengrundlagen für die BGE sind Bohrungsdaten sowie Daten geophysikalischer Untersuchungen, wie u.a. die Abb. 63 [gemeint ist Beispiel 31: Bestimmung des Informationsgehalts der Bohrungen am Beispiel des GzME „Thüringer Becken“ (03_00UR)] auf Blatt 234 der Anlage 2 nahelegt. Darin werden der Informationsgehalt der Bohrungen und entsprechende Ableitungen für die Qualität der Bohrungen präsentiert. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Informationen aus Bohrungen aus verschiedenen Quellen mit unterschiedlichen Qualitätsstufen stammen:

- *Bohrkleinproben (Cuttings) entsprechend Beprobungsintervallen (alle 1 , 2,5 m, 5 m, 10 m, 20 m),*
- *geophysikalische Bohrlochmessungen,*
- *detaillierte lithologische und fazielle Untersuchungen an Bohrkernen (falls vorhanden),*
- *mikropaläontologische, mineralogisch-geochemische Untersuchungen an Bohrklein oder Bohrkernen,*
- *hydraulische Testarbeiten,*
- *Kalzimeteruntersuchungen etc.*

Zusätzlich sind regionale Untersuchungen zu berücksichtigen, welche eine stratigraphische Einordnung ermöglichen, z.B. reflexionsseismische Messungen durch den ‚Bohrpunkt‘. Für die Bearbeitung im Rahmen des StandAG sollte eine vollständige Liste inkl. Bewertungsmatrix erstellt werden.

Der Abb. 63 ist momentan zu entnehmen, dass die Datenqualität als gut (DG1) eingestuft wird, wenn das Schichtenverzeichnis sehr detailliert ist und petrographische Angaben vorhanden sind. Wie der jeweilige Bearbeiter zu dieser Einstufung gekommen ist, geht daraus nicht hervor. Grundlage der Bewertung sollte aber sein, welche Daten für stratigraphische und lithologische Einstufungen zur Verfügung standen. Wenn engmaschige mikropaläontologische Analysen vorlagen, ist die stratigraphische Zuordnung gut, über zusätzliche Korrelationen von Bohrlochmesskurven und seismischen Daten ist die Datenlage sogar sehr gut. Ähnliches sollte für die petrographischen Daten gelten.“ (LUNG M-V 2022, S. 4)

Fachliche Einordnung: Bei diesem Hinweis handelt es sich um ein Missverständnis seitens des LUNG hinsichtlich der Intention der BGE bezüglich der Kenngröße DQL (Datenqualität). Hinweise zur Bewertung der fachlichen Qualität von Bohrungsdaten werden dankend zur Kenntnis genommen.

Begründung: Für die Darstellung der Kenngröße DQL wird unter anderem der Informationsgehalt von Bohrungen in einem Teiluntersuchungsraum bewertet. Die Kenngröße bildet lediglich den Gehalt an bereits digital verfügbaren Informationen über Bohrungsdaten in den vorhandenen Daten-

banken ab. Dabei wird nicht die Menge der digital erfassten Schichtenverzeichnisse bewertet, sondern der Detailgrad der Informationen zu Petrographie und Stratigraphie innerhalb des Schichtenverzeichnisses.

Die Datenqualität ist eine Komponente bei der Erfassung und Darstellung der heterogenen Datenlage, die es der BGE ermöglicht, dort, wo nötig, noch Daten gezielt nachzupflegen. Die Abschätzung der Kenngröße DQL zielt demnach darauf ab, eine Aussage darüber zu tätigen, ob die Daten eine hohe Auflösung hinsichtlich der Erfassung der Wirtsgesteine haben. Einschätzungen zur Qualität der fachlichen Aussage sollen im Kontext des zunehmenden Detaillierungsgrads bei der Bearbeitung erfolgen. In diesem Zusammenhang ist es für die BGE besonders hilfreich, wenn solche Informationen vom Datenbereiter zur Verfügung gestellt werden. Mehrere Landesbehörden führen eine initiale digitale Qualitätseinschätzung zu Schichtenverzeichnissen durch und stellen diese bei der Datenübermittlung der BGE für die Bearbeitung zur Verfügung. Diese initiale Qualitätseinschätzung durch die zuständigen Staatlichen Geologischen Dienste ist für die BGE von sehr großem Wert.

Die Kenngröße DQN (Datenquantität) schaut dagegen nicht mehr auf den Informationsgehalt jeder einzelnen Bohrung, sondern stellt nur die Dichte von relevanten Bohrungen im Untersuchungsraum, die den Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion erreichen oder durchteufen, dar.

2.2.4 Kategorien A bis D

Aussagen der Stellungnahme des LUNG:

„Die Teilgebiete sollen untergliedert werden und eine Kategorisierung A bis D dieser Untereinheiten erfolgen. Dabei ist die Festlegung für die Kategorien A bis C 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.“ (LUNG M-V 2022, S. 5)

Fachliche Einordnung: Die BGE kann die Kritik an der Objektivität speziell für die Einstufung in Kategorie C nicht nachvollziehen, prüft aber die Möglichkeit von „Bewertungslisten“ im weiteren Vorgehen.

Begründung: Die Einordnung der Gebiete in Kategorie C erfolgt in Prüfschritt 2 und 3 der rvSU nach objektiven Kriterien, die im Methodendokument explizit beschrieben sind (z. B. BGE 2022a, S. 16). (Dies sind Aspekte a) und b) aus § 7 Abs. 6 Nr. 3 EndlSiUntV, die in Anlehnung an die beinahe wortgleichen Anlagen 3 und 4 (zu § 24 Abs. 3) StandAG bewertet werden, sowie Anlage 1 und 2 zu § 24 Abs. 3 StandAG für Prüfschritt 2 (qualitative Bewertung) sowie Aspekte e) und f) aus § 7 Abs. 6 Nr. 3 EndlSiUntV für Prüfschritt 3, die quantitative Bewertung). Die Einstufung in Kategorie C erfolgt zunächst ohne Gewichtung der Kriterien (Vgl. BGE 2022a, S. 431). Jedoch kann im Einzelfall verbalargumentativ begründet von einer schematischen Bewertung abgewichen werden. Dies ist sinnvoll, da zwischen einzelnen Kriterien oder Indikatoren inhaltliche Verknüpfungen bestehen, die bewertungsrelevant sein können (z. B. Tiefenlage und Erosion). Solch eine Einstufung aufgrund einer verbalargumentativen Bewertung ist nicht mit Subjektivität gleichzusetzen. Auch bei einer verbalargu-

mentativen Abwägung der Ergebnisse eines Prüfschritts oder der rvSU wird auf Logik und Objektivität der Argumentation geachtet.

Die Methodik der Einstufung von Gebieten in Kategorie A und B mittels sicherheitsgerichtetem Diskurs wird derzeit noch ausgearbeitet (Vgl. BGE 2022a, S. 53). Dabei wird die BGE die Anregung des LUNG zur Anwendung von „Bewertungslisten“ berücksichtigen.

„Die Kategorie D erfasst Bereiche, in denen die gesetzlich geforderten Mindestanforderungen nicht erfüllt werden bzw. für welche die gesetzlich vorgegebenen Ausschlusskriterien gelten. Diese Gebiete hätten gemäß StandAG überhaupt nicht im BGE-Zwischenbericht ausgewiesen werden dürfen. Eine Identifizierung von Bereichen der Kategorie D sollte für alle 90 Teilgebiete so schnell wie möglich erfolgen. Zudem muss ein Weg aufgezeigt werden, 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.“ (LUNG M-V 2022, S. 5)

Fachliche Einordnung: Die BGE kann die geäußerte Kritik am Verfahren in Schritt 1 der Phase I nicht nachvollziehen.

Begründung: In Schritt 1 der Phase I wurden Mindestanforderungen und Ausschlusskriterien gemäß § 13 StandAG mittels einer einheitlichen und für den Detaillierungsgrad von Schritt 1 angemessenen Methode auf alle Gebiete angewendet. Alle Teilgebiete sind somit nach den damals festgelegten Kriterien korrekt als solche ausgewiesen worden.

Die Methodik zur Durchführung der rvSU in Schritt 2 der Phase I hat nun zum Ziel, mittels der Kategorisierung der Gebiete (in Kategorie A bis D) ungeeignete Gebiete möglichst früh zu identifizieren, um die Arbeiten auf geeignetere Bereiche fokussieren zu können. Dazu gehört die zielgerichtete Anwendung der Mindestanforderung und Ausschlusskriterien durch eine im Vergleich zu Schritt 1 der Phase I weiterentwickelte Methodik. Hier verfolgt die BGE das Ziel die Gebiete der Kategorie D schnell und fachlich gründlich auszuarbeiten. Bezüglich der gewünschten raschen Entfernung der als Kategorie D eingestuft Gebiete aus den Sicherheitsvorschriften gemäß § 21 verweist die BGE an das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) als Verfahrensführer der Sicherheitsvorschriften nach § 21 StandAG.

2.2.5 Empfehlungen

Aussagen der Stellungnahme des LUNG:

„Es wird empfohlen, das Konzept zu straffen und insbesondere die Anlage 1 übersichtlicher und verständlicher zu strukturieren. Dabei würden z.B. tabellarische Auflistungen der relevanten und verwendeten Parameter (Mächtigkeit, Diffusion, Sorption, ...) inkl. anschließender kurzer Beschreibung und Diskussion helfen. Wiederholungen sind zu vermeiden und auf Fülltexte (z.B. auf Blatt 487: ‚Eine systematische Vorgehensweise ist von besonderer Bedeutung ... ‘) kann grundsätzlich verzichtet werden.

Für die Gebiete zur Methodenentwicklung sollten die angewendeten Methoden jeweils einmal nachvollziehbar dargestellt werden (z.B. in Form einer separaten Anlage). Dabei sind alle Berechnungen exemplarisch und nachvollziehbar darzulegen.“ (LUNG M-V 2022, S. 5)

Fachliche Einordnung: Die BGE erachtet den Vorschlag des LUNG, Parameteraufstellungen vorzunehmen, als sehr sinnvoll.

Begründung: Die BGE erarbeitet momentan eine Zusammenstellung aller Parameter, die die Nachvollziehbarkeit und Transparenz der Bewertungen steigern wird. In der Parameterzusammenstellung wird auch die Relevanz der Parameter für eine Bewertung sowie eine Einschätzung der Möglichkeit der Parameterbelegung mit ortsspezifischen Daten enthalten sein.

Eine vollständige Datendokumentation und Protokollierung der Arbeitsstände aus den GzME war nicht Ziel des Dokuments. Vielmehr wurden die methodischen Ansätze durch praxisnahe Beispiele aus den GzME zur besseren Verständlichkeit erläutert.

„Es sollte ein einheitliches, nachvollziehbares und transparentes Vorgehen erarbeitet werden, von dem keine Abweichungen möglich/notwendig sind. Dies könnte über Parametertabellen mit Wichtigkeitsfaktoren erfolgen, wie es in anderen Fachrichtungen üblich ist. Die zu bewertenden Parameter sind grundsätzlich vorgegeben (gemäß StandAG: Kriterien, Indikatoren).“ (LUNG M-V 2022, S. 5)

Fachliche Einordnung: Die BGE versteht bei dieser Aussage nicht genau, was gemeint ist.

Begründung: Wie in Kapitel 2.2.4 erläutert, verwendet die BGE einheitliche Kriterien zur Bewertung von Gebieten.

„Ein Ausschluss von Gebieten ohne hinreichende Datenlage von der weiteren Erkundung entsprechend den Ausführungen auf Blatt 60 des Konzeptes wird als kritisch angesehen und sollte überdacht werden!“ (LUNG M-V 2022, S. 5)

Fachliche Einordnung: Die BGE sieht die Kritik am Vorgehen nicht als gerechtfertigt an.

Begründung: Die BGE möchte klarstellen, dass Gebiete ohne hinreichende Datenlage nicht automatisch aus dem Verfahren ausgeschlossen werden bzw. nicht automatisch nicht weiter erkundet werden. Vielmehr werden diese Gebiete zunächst mit den ermittelten Standortregionen verglichen. Erst wenn dieser Vergleich zeigt, dass Gebiete ohne hinreichende Informationen unter realistischen Annahmen schlechter abschneiden als die Standortregionen, kommen sie selbst nicht mehr als Standortregionen in Frage. Dies mag beispielsweise der Fall sein, wenn in einem Gebiet ohne hinreichende Informationen ein geogener Prozess abläuft, der in den Standortregionen keine Rolle spielt.

Literaturverzeichnis

BGE (2022a): *Konzept zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung*. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH.

BGE (2022b): *Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung*. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH.

EndlSiUntV: Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung vom 6. Oktober 2020 (BGBl. I S. 2094, 2103)

Hoth, P., Wirth, H., Reinhold, K., Bräuer, V., Krull, P. & Feldrappe, H. (2007): *Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen Deutschlands. Untersuchung und Bewertung von Tongesteinsformationen*. 2007. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR). Berlin / Hannover

Kaufhold, A., Gräsle, W., Plischke, I., Dohrmann, R. & Siegesmund, S. (2013): *Influence of carbonate content and micro fabrics on the failure strength of the sandy facies of the Opalinus Clay from Mont Terri (Underground Rock Laboratory)*. Engineering Geology, Bd. 156. S. 111–118. ISSN 0013-7952. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2013.01.014>

Klinkenberg, M. (2008): *Einfluss des Mikrogefüges auf ausgewählte petrophysikalische Eigenschaften von Tongesteinen und Bentoniten*. Dissertation. Georg-August Universität, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, Göttingen. Verfügbar unter <http://hdl.handle.net/11858/00-1735-0000-0006-B270-9>

Klinkenberg, M., Kaufhold, S., Dohrmann, R. & Siegesmund, S. (2009): *Influence of carbonate microfabrics on the failure strength of claystones*. Engineering Geology, Bd. 107 (1-2). S. 42–54. ISSN 0013-7952. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2009.04.001>

LUNG M-V (2022): *Fachstellungnahme des Geologischen Dienstes im LUNG M-V zum BGE-Konzept zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (rvSU) gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung*. 2022. Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern. Güstrow

SKB (1989): *The joint SKI/SKB scenario development project*. 1989. Svensk Kärnbränslehantering AB. Sweden

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 5171 43-0
poststelle@bge.de
www.bge.de