

## **Fachstellungnahme des Geologischen Dienstes im LUNG M-V zum BGE-Konzept zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (rvSU) gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**

Am 28.03.2022 veröffentlichte die BGE neben dem rvSU-Konzept (Umfang: 62 Seiten) eine zugehörige Anlage „Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung“ (Umfang: 744 Seiten). Im Zeitraum vom 28.03. bis 01.04.2022 wurden die Arbeitsergebnisse der BGE online bzw. in hybriden Veranstaltungen präsentiert. Dabei wurde nicht nur das allgemeine Konzept vorgestellt, sondern die an ausgewählten Gebieten (Salzstock Bahlburg, Opalinuston etc.) entwickelten Methoden beispielhaft erläutert.

Die Stellungnahme bezieht sich auf die genannten Unterlagen und Veranstaltungen und beschränkt sich dabei auf geologische Inhalte. Ingenieurtechnische Ausführungen zum Endlager (Sicherheitssysteme, Parameter des Ausbaus etc.) wurden nicht geprüft, da diese Teile des Konzepts außerhalb der fachlichen Zuständigkeit des Geologischen Dienstes liegen.

### **1. BGE-Präsentationsveranstaltungen vom 28.03. bis 01.04.2022**

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

allein 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.

## **2. Konzeptbericht und Anlage 1**

### **2.1 Allgemeine Anmerkungen**

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).

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  $\eta$  bei Böschungen entsprechend DIN 4084.

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.

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.

Bei einigen Karten sind die Abbildungsgrundlagen nicht vermerkt. Als Beispiel seien die Abbildungen 107 und 108 auf den Blättern 337 und 338 der Anlage 1 genannt. Auf welcher Basis wurden die Mächtigkeits- und Tiefenisolinien erstellt – Bohrungen, Seismik oder beides?

Sprachliche Ungenauigkeiten sind häufig, z.B. wird auf Blatt 33 des Konzeptes der Begriff „höfliche 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.

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.

## **2.2 Wirtsgesteine**

### ***Tongesteine***

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.

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.

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  $\geq 10$  m sind.

## **Steinsalz in steiler Lagerung**

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.

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).

## **2.3 Datengrundlagen (Bohrungen, Seismik)**

Die wichtigsten Datengrundlagen für die BGE sind Bohrungsdaten sowie Daten geophysikalischer Untersuchungen, wie u.a. die Abb. 63 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 m, 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.

## **2.4 Kategorien A bis D**

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.

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.

## **3. Empfehlungen**

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.

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

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!

Güstrow, den 24.06.2022

Geologischer Dienst im LUNG Mecklenburg-Vorpommern