

Gutachten:

Sichtung der Unterlagen zur Methodenentwicklung für die repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen für das Gebiet zur Methodenentwicklung „Thüringer Becken“ im Wirtsgestein Steinsalz in flacher Lagerung

GzME Gebiet zur Methodenentwicklung

rvSU repräsentative vorläufige Sicherheitsuntersuchung

Auftraggeber:

Nationales Begleitgremium Geschäftsstelle,
Buchholzweg 8, 13627 Berlin

Gutachter:

Prof. Dr. Michael Kühn,
Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ),
Telegrafenberg, 14473 Potsdam

Projektnummer 153735

Potsdam, 8. Juli 2022

Zusammenfassung der Beurteilung zum Stand der Methodenentwicklung in der Modellregion Thüringer Becken

Im Auftrag des Nationalen Begleitgremiums (NBG), das den Prozess der Endlagersuche für hochradioaktiven Müll unabhängig und vermittelnd begleitet, erfolgte die Sichtung umfangreicher öffentlich verfügbarer Unterlagen zur Methodenentwicklung für die repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (rvSU) sowie eine Akteneinsicht bei der Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) von nicht frei zugänglichem Material. Zudem wurde die öffentliche Vorstellung und nachfolgende Konsultation der Methodenentwicklung begleitet mit jeweils konkretem Blick auf das Gebiet zur Methodenentwicklung (GzME) „Thüringer Becken“ für das Wirtsgestein „Steinsalz in flacher Lagerung“.

Zur Einordnung des Gutachtens gilt es zu berücksichtigen, dass sich die durch die BGE vorgestellte Methodik der rvSU noch in einem frühen und in der Entwicklung befindlichen Arbeitsstand befindet. Trotzdem ist aber sehr zu begrüßen, dass die inhaltliche Diskussion der rvSU mit der Publikation durch die BGE nun begonnen wurde.

Die rvSU unterteilt sich insgesamt im wesentlichen in die Festlegung der Untersuchungsräume, die Geosynthese, ein vorläufiges Sicherheitskonzept und die zugehörige Auslegung des Endlagers, die Analyse des Endlagersystems sowie eine umfassende Endlagersystembewertung und die Bewertung von Ungewissheiten, und daraus folgend eine Ableitung von Erkundungs-, Forschungs-, und Entwicklungsbedarfen. Die BGE präsentiert im Dokument zur Methodenentwicklung der rvSU einen Arbeitsstand, der mit Blick auf das Thüringer Becken im wesentlichen die Aufteilung des Teilgebiets in Teiluntersuchungsräume und die Geosynthese des GzME abdeckt.

Das für die rvSU vorgeschlagene und präsentierte Vorgehen ist grundsätzlich verständlich, fundiert und sinnvoll. Im Detail gut nachvollziehbar ist es allerdings nur, wenn man die Daten im Rahmen der Akteneinsicht auch vorliegen hat. Was zum jetzigen Zeitpunkt noch aussteht, ist eine interne oder auch externe Qualitätskontrolle durch oder für die BGE, mit dem Beleg, dass das Verfahren verlässlich und reproduzierbar ist und zum bestmöglichen Ergebnis führt.

Die Festlegung der Untersuchungsräume durch die BGE bzw. die Aufteilung des Teilgebiets Thüringer Becken ist zielführend und erfolgte anhand bestehender Teilflächen in den verschiedenen Formationen, sowie über seismisch nachweisbare Störungszonen, paläogeographische Elemente wie Schwellen und Senken und Mächtigkeitskarten. Die geologischen Aspekte stehen bei der Methodenentwicklung im Vordergrund. Die heterogene Datenbasis bleibt aber die wesentliche Herausforderung im Rahmen des Standortauswahlverfahrens, die noch ungelöst ist. Die rvSU als Methode muss noch geprüft und belegt werden. Die vorliegenden Daten müssen auch für Plausibilitätsprüfungen des 3D-Modells und für das verfügbare Kartenmaterial eingesetzt werden, um so auch Informationen über Ungewissheiten im Verfahren ableiten zu können. Transparenz und Nachvollziehbarkeit hängen vom wissenschaftlichen Standpunkt aus gesehen sehr stark an der Reproduzierbarkeit der Methode. Die dargelegten Schritte beruhen alle auf ortsspezifischen Daten. Unklar ist allerdings an verschiedenen Stellen, wie die Datenlage insgesamt und konkret ist.

Die Qualität der Öffentlichkeitsarbeit der BGE sollte verbessert werden. Es herrscht eine deutliche Diskrepanz zwischen dem tatsächlichen Arbeitsstand und dem, was davon in den öffentlichen Veranstaltungen präsentiert und diskutiert wird.

Summary of the assessment of the status of the method development in regard to the Thuringian Basin model region

On behalf of the National Citizens' Oversight Committee (NBG), which accompanies in an independent mediating manner the process of the search for a final repository for high-level radioactive waste, extensive publicly available documents on the development of methods for the implementation of the representative preliminary safety analyses (rvSU) were reviewed, as well as files inspected at the Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) of material that is not freely accessible. In addition, the public presentation and subsequent consultation of the method development was accompanied by a specific view onto the area for method development (GzME) "Thuringian Basin" for the host rock type "stratiform rock salt".

In order to classify the report, it must be taken into account that the methodology of the rvSU presented by the BGE is still at an early stage of development. Nevertheless, it is very welcome that the discussion of the content of the rvSU has now begun with the publication by the BGE.

The rvSU is essentially divided into the definition of the investigation areas, the geosynthesis, a preliminary safety concept and the associated design of the repository, the analysis of the repository system as well as a comprehensive repository system assessment and the evaluation of uncertainties and, as a result, the derivation of exploration, research and development needs. In the document on the method development of the rvSU, the BGE presents a work status with regard to the Thuringian Basin, which essentially covers the division of the sub-area into partial investigation areas and the geosynthesis of the GzME.

The procedure proposed and presented for the rvSU is basically comprehensible, well-founded and sensible. However, it is only comprehensible in detail if the data is also available in the context of file inspection. What is still missing at this point is an internal or external quality control by or for the BGE, to prove that the procedure is reliable and reproducible and leads to the best possible result.

The definition of the investigation areas by the BGE or the division of the Thuringian Basin subarea is purposeful and was carried out on the basis of existing domains in the various formations, as well as via seismically detectable fault zones, palaeogeographical elements such as thresholds and depressions and the thickness maps. The geological aspects are in the foreground of method development. However, the heterogeneous database remains the main challenge in the site selection process, and is so far unresolved. The rvSU as a method still needs to be tested and proven. The available data must also be used for plausibility checks of the 3D model and the available map material in order to be able to derive information about uncertainties in the procedure. From a scientific point of view, transparency and traceability depend very much on the reproducibility of the method. The steps presented are all based on location specific data. However, it is unclear at various points what the data situation over all and actually is.

The quality of the public relations work of the BGE should be improved. There is a clear discrepancy between the actual status of the work and what of it is presented and discussed in public.

1. Hintergrund und Bezug zum Standortauswahlverfahren

„Mit dem Standortauswahlverfahren soll in einem partizipativen, wissenschaftsbasierten, transparenten, selbsthinterfragenden und lernenden Verfahren für die im Inland verursachten hochradioaktiven Abfälle ein Standort mit der bestmöglichen Sicherheit für eine Anlage zur Endlagerung [...] in der Bundesrepublik Deutschland ermittelt werden. Der Standort mit der bestmöglichen Sicherheit ist der Standort, der im Zuge eines vergleichenden Verfahrens [...] bestimmt wird und [...]den dauerhaften Schutz von Mensch und Umwelt vor ionisierender Strahlung und sonstigen schädlichen Wirkungen dieser Abfälle für einen Zeitraum von einer Million Jahren gewährleistet“ (StandAG § 1, Satz 2, https://www.gesetze-im-internet.de/standag_2017/).

Das **Nationale Begleitgremium (NBG)** ist ein unabhängiges, pluralistisch zusammengesetztes Gremium, welches die Bandbreite der gesamten Gesellschaft widerspiegelt. Die Aufgabe des NBG ist gemäß des StandAG (§ 8, Satz 1) die vermittelnde und unabhängige Begleitung des Verfahrens, insbesondere mit Blick auf die Öffentlichkeitsbeteiligung. Da nicht alle vorhandenen geologischen Daten, die im Standortauswahlverfahren gesammelt und verwendet werden, für die Öffentlichkeit zugänglich sind, hat das NBG seine Möglichkeit genutzt eine **Sachverständigengruppe** zu beauftragen, um Daten einsehen und bewerten zu lassen, mit dem Ziel die Transparenz im Verfahren zu erhöhen. Aufgabe der Sachverständigen ist die **stichprobenartige Qualitätskontrolle** und die diesbezügliche **Information der Öffentlichkeit** vonseiten des NBG.

Die **Durchführung** des **Standortauswahlverfahrens** richtet sich nach dem StandAG. Die **Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE)** ermittelt in **Phase I und Schritt 2** aus den Teilgebieten nach § 13 die **Standortregionen für die übertägige Erkundung** gemäß § 14 (Seidel und Wengler, 2021). Alle TG, die günstige geologische Voraussetzungen für die sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle erwarten lassen, sind im „Zwischenbericht Teilgebiete“ (BGE, 2020) zusammengefasst.

Für die Teilgebiete werden laut § 27 **repräsentative vorläufige Sicherheitsuntersuchungen** (rvSU) durchgeführt. Gegenstand der rvSU ist die Bewertung, inwieweit der **sichere Einschluss** der **radioaktiven Abfälle** unter Ausnutzung der **geologischen Standortgegebenheiten** erwartet werden kann. Das **Endlagersystem** wird in dem Rahmen in seiner Gesamtheit betrachtet und entsprechend dem **Stand von Wissenschaft und Technik bewertet**. Die rvSU bilden eine der Grundlagen für die Entscheidung, ob ein Gebiet weiter im Auswahlverfahren betrachtet wird. Auf Grundlage der daraus ermittelten Ergebnisse werden unter erneuter Anwendung der **geowissenschaftlichen Abwägungskriterien** (geoWK) **Standortregionen** bestimmt. Ziel ist es am Ende den Standort mit bestmöglicher Sicherheit zu ermitteln.

Für die konkrete Ermittlung der Standortregionen für die übertägige Erkundung entwickelt die BGE zunächst Methoden, um die rvSU anhand von exemplarisch ausgewählten Teilgebieten durchzuführen, die „**Gebiete zur Methodenentwicklung**“ (GzME) genannt werden. **Jedes Wirtsgestein** bzw. jede Wirtsgesteinskonfiguration ist dabei **vertreten**. Mit der Auswahl ist laut BGE keine Aussage bezüglich einer möglichen Eignung des Teilgebietes als Standortregion verbunden.

Im Rahmen des hier **vorgelegten Gutachtens** erfolgte die **Sichtung** umfangreicher öffentlich verfügbarer **Unterlagen** zur Methodenentwicklung für die rvSU sowie eine **Akteneinsicht** bei der **BGE** von nicht frei zugänglichem Material. Zudem wurde die **öffentliche Vorstellung** und **Konsultation** der Methodenentwicklung **begleitet** mit konkretem Blick auf das **Gebiet „Thüringer**

Becken“ (Teilgebiet 078_02TG_197_02IG_S_f_z) für das Wirtsgestein „**Steinsalz in flacher Lagerung**“. Das NBG hat mit Bezug zur **rvSU** die folgenden **Fragen**, die mit diesem Gutachten beantwortet werden:

- Anhand welcher Kriterien und Überlegungen kommt die BGE zur weiteren **Aufteilung** der Teilgebiete in **Untersuchungsräume**?
- Wie geht die BGE mit Blick auf die **geologischen Aspekte** bei der **Methodenentwicklung** der **rvSU** vor?
- Bei der Entwicklung der Methodik für die **rvSU** gibt es **Schnittmengen** mit und **Abhängigkeiten** von den **geowissenschaftlichen Abwägungskriterien** (geoWK). Wie stellt die BGE sicher, dass der **Prozess transparent und nachvollziehbar** ist?
- Welche Rolle spielen **Referenzdaten** bei der **Geosynthese**?
- Als letztes geht es auch um die **Begleitung und Bewertung** der **öffentlichen Vorstellung** der **Gesamtmethodik**. Die Frage ist hier ob die zur Diskussion gestellten Inhalte den internen Ergebnissen der BGE entsprechen?

2. Vorgehensweise bei der Begutachtung

Die **Prüfung** des **öffentlich** verfügbaren **Materials** erfolgte vor allem auf Basis vom „**Konzept** zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung“ in seiner **Kurzfassung für Eilige** (BGE, 2022a; 5 Seiten, Stand vom 28.03.2022), sowie der dazugehörigen **ausführlicheren Version** (BGE, 2022b; 62 Seiten, Stand 28.03.2022), als auch der **sogenannten Anlage** zur „**Methodenbeschreibung** zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung“ (BGE, 2022c; 744 Seiten, Stand 28.03.2022). Die Durchsicht der Unterlagen musste zweimal erfolgen, weil die Vorabversionen, die durch die BGE am 21.03.2022 zur Vorbereitung auf die Begleitung und Bewertung der öffentlichen Vorstellung der Gesamtmethodik geliefert wurden, noch wesentliche Änderungen bis zum 28.03.2022 erforderten.

Ergänzende Unterlagen sind der **Zwischenbericht Teilgebiete** (BGE, 2020), das **Standortauswahlgesetz** (StandAG), die **Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung** (EndlSiUntV) und die **Endlagersicherheitsanforderungsverordnung** (EndlSiAnfV). Hinzu kommt der „**Steckbrief für ein Gebiet zur Methodenentwicklung – Thüringer Becken**“ der unter dem Geschäftszeichen SG01201/18-3/1-2021#1 mit Stand vom 12. Juli 2021 im Internet verfügbar ist.

Im **Zeitraum** vom **25. März bis 1. April 2022** erfolgte die **Begleitung** der **öffentlichen Vorstellung** der **Gesamtmethodik** durch die BGE und insbesondere der öffentlichen Vorstellung der **Methodenentwicklung** für das Wirtsgestein **Steinsalz in flacher Lagerung** (Thüringer Becken).

Am **12. April 2022** gab es Berichte zum **Zwischenstand** der laufenden Aufträge der **NBG-Sachverständigen** zur Methodenentwicklung in der **61. Öffentlichen Sitzung** des Nationalen Begleitgremiums. In dem Rahmen wurde darüber auch eine ausführliche **Diskussion** mit den **Mitgliedern** des NBG geführt.

Die umfangreiche **Akteneinsicht** von nicht öffentlichem Material wurde am **3. und 4. Mai 2022** im **Datenarchiv** der BGE in Peine durchgeführt. Es wurden **Stichproben** der verwendeten **Datensätze** zur Einsicht nachgefragt, die bei der Beantwortung der oben genannten Fragestellungen von Bedeutung und notwendig sind. Im Vorfeld, beim Besuch selbst und im Nachgang wurde das genannte Themenspektrum mit den **Mitarbeiter*innen** der **BGE ausführlich erörtert**.

Im Anschluss an die öffentliche Präsentation des Arbeitsstands bei der Methodenentwicklung durch die BGE wurde vom **29. März 2022 bis 31. Mai 2022** von der BGE eine **Online-Konsultation** durchgeführt. Gleichzeitig wurden die geologischen Landesämter um **Stellungnahmen** zum präsentierten Arbeitsstand gebeten.

Vom **8.-10. Juni 2022** fanden an der RWTH Aachen die **3. Tage der Standortauswahl** an der Fakultät für Georessourcen und Materialtechnik statt. Das Programm beinhaltete vor allem die Themenkreise gekoppelte thermische, hydraulische, mechanische, chemische und geologische Prozesse, Endlagerkonzepte und Sicherheitsanalysen.

Das **Studium** der verfügbaren Unterlagen, die Akteneinsicht im Archiv, der Besuch der aufgeführten Veranstaltungen und die **Beurteilung** des Konsultationsprozesses erfolgt im Rahmen dieses **Gutachtens** sehr konkret immer mit Blick auf des **GzME Thüringer Becken**.

Zur **Einordnung** des Gutachtens gilt es zu berücksichtigen, dass sich die durch die BGE vorgestellte **Methodik** der **rvSU** noch in einem frühen und **in der Entwicklung** befindlichen **Arbeitsstand** befindet. In keinem der GzME wurde die bisherige Methodik durchgängig und vollständig angewendet. Trotzdem ist aber sehr zu begrüßen, dass die **inhaltliche Diskussion** der **rvSU** mit der Publikation durch die BGE nun **begonnen** wurde.

3. Beispiel Thüringer Becken als Gebiet zur Methodenentwicklung

Das **Teilgebiet** (078_02TG_197_02IG_S_f_z) befindet sich im **Thüringer Becken** und bezieht sich auf die **stratigrafische Einheit Zechstein**, die das Wirtsgestein **Steinsalz in stratiformer Lagerung** enthält, und wurde als solches als GzME von der BGE ausgewählt. Es erstreckt sich über die Bundesländer Thüringen, Sachsen-Anhalt, Niedersachsen und Hessen. Es umfasst eine **Fläche** von **6.200 km²** und hat eine maximale **Mächtigkeit** von **1.200 Metern**. Die Basisfläche des Teilgebiets befindet sich in einer **Teufenlage** von **400 bis 1.500 Metern** unterhalb der Geländeoberkante.

In der **Kurzfassung für Eilige** (BGE, 2022a) vom „Konzept zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung“ wird sehr allgemein und insgesamt auf das Verfahren eingegangen. Die GzME spielen in dem Rahmen keine Rolle. Insofern kommt das **Thüringer Becken** bei diesem Überblick nicht vor. Im **Konzept** selber (BGE, 2022b) werden alle vier GzME zumindest namentlich erwähnt, aber auch keine weiteren Hintergründe dazu diskutiert. Umfangreich dargestellt wird das Teilgebiet und GzME in der „**Methodenbeschreibung** zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung“, aus der die im Folgenden aufgeführten konkreten **Beispiele** stammen (BGE, 2022c).

Bewertung der Datenlage und der geologischen Rahmenbedingungen

Im Zuge der Durchführung der **rvSU** muss für jeden Untersuchungsraum eine **Geosynthese** erstellt werden, in der die verfügbaren geowissenschaftlichen **Informationen dokumentiert** und

interpretiert werden. Ziel der Geosynthese ist eine konsistente Darstellung insbesondere der für die Sicherheit des Endlagers relevanten **geowissenschaftlichen Bedingungen**. Laut EndSiUntV muss der **Umfang** das für die jeweilige vorläufige Sicherheitsuntersuchung **erforderliche Maß** abdecken. Dieser Umfang ist bislang aber weder in der EndSiUntV noch im Rahmen der Methodenentwicklung weiter definiert worden. Grundsätzlich ist es notwendig, dass alle geowissenschaftlichen Grundlagen und Interpretationen erfasst werden, die für die Beurteilung der **Langzeitsicherheit** des **Endlagers** für hochradioaktive Abfälle notwendig sind.

Für die umfassende **Beschreibung** des **Wirtsgesteinsbereiches** im Rahmen der rvSU werden vor allem **gebietspezifische Informationen** verwendet. Die Bearbeitungstiefe eines Gebietes in der **Geosynthese** variiert und beinhaltet die **Charakterisierung** und **Interpretation** sowohl des Wirtsgesteinsbereiches mit **Barrierefunktion** als auch der Gesteinsformationen im **Deck- und Nebengebirge**. Zunächst erfolgt die situative Anwendung der **Ausschlusskriterien** und **Mindestanforderungen**, gefolgt von der **qualitativen** Bewertung, von Radionuklidtransportmodellen und abschließend der **quantitativen Bewertung** des sicheren Einschlusses. Über diese **Prüfschritte** werden die untersuchten Gebiete in **vier Kategorien** eingeteilt. **Kategorie D** beschreibt dabei Gebiete, die für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle **ungeeignet** sind. **Kategorie C** weist Bereiche mit einer **sehr geringen Eignung** aus. In die **Kategorien A und B** werden Gebiete mit **besten bzw. weniger guter Eignung** zur weiteren Bearbeitung und erneuten Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (geoWK) **einsortiert**.

Innerhalb der verschiedenen **GzME**, so auch im Thüringer Becken, ist die **Datendichte ungleich verteilt**. Im Rahmen der **Methodenentwicklung** ist daher ein **Fokus** auf den Umgang mit einer **heterogenen Datenlage** bei der geowissenschaftlichen Charakterisierung des Untergrundes von besonderer Bedeutung. Es muss getestet werden, wie mit der Heterogenität und daraus resultierenden **Ungewissheiten methodisch umgegangen** werden kann.

Vier **Kenngroßen** sollen definiert werden, um eine Bewertung der **Untergrundbeschaffenheit** methodisch zu entwickeln und möglich zu machen. Diese sind die **Datenqualität** und **Datenquantität**, sowie im Weiteren die geologische **Komplexität** und möglicherweise vorhandene weitere **interpretative Daten**. Der Umgang mit den Kenngröße ist bislang noch nicht im Detail definiert worden durch die BGE, was in der weiteren Ausarbeitung der Methodenentwicklung aber geplant ist.

Die Kenngröße der **Datenqualität** soll für ausgewählte Parameter aus dem verfügbaren „Datens(ch)atz“ über **einfache, objektive und automatische Methoden** abgeleitet werden. Als Beispiel wird von der BGE im Bericht der **Informationsgehalt von Bohrungen** herausgestellt. Als **Hinweis** auf die **Qualität** der verfügbaren Bohrungsdaten wird die **Menge** an vorliegenden digitalen **Schichtinformationen** bezogen auf **Petrologie- und Stratigraphieangaben** in der Bohrdatenbank interpretiert. In dem Rahmen wird der **Detailgrad** innerhalb der Schichtbeschreibungen als ein **Maß** für die Datenqualität herangezogen.

Beispielhaft dargestellt im Bericht der Methodenentwicklung sind alle **Bohrungen** im **GzME Thüringer Becken** mit ihrem **Informationsgehalt**, der als ein Aspekt für die **Datenqualität** bestimmt wurde (Abbildung 1; s. a. Methodenbericht der BGE, Blatt 235, Abb. 64). Die für die Erstellung der Abbildung verwendeten Daten sowie deren Herleitung und die Hintergründe zu den dafür notwendigen Arbeitsabläufen wurden im Rahmen der Akteneinsicht geprüft. Im Vorfeld der

Akteneinsicht in Peine, ausschließlich basierend auf dem von der BGE vorgelegten Bericht, war dagegen eine Prüfung nicht möglich. Das Vorgehen ist sehr gut nachvollziehbar, aber es fehlt noch die Darstellung einer internen oder auch externen **Qualitätskontrolle** durch oder für die BGE, mit dem **Beleg**, dass das **Verfahren verlässlich** und **reproduzierbar** ist und zum erwarteten Ergebnis führt.

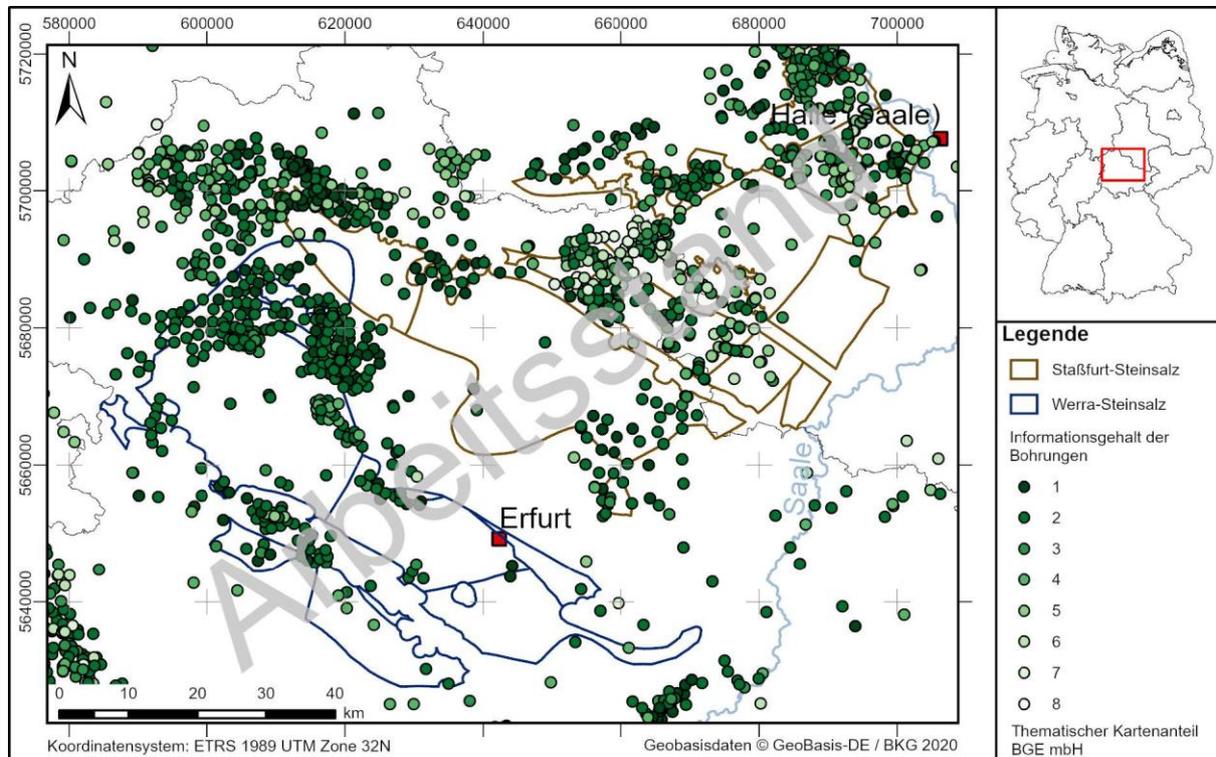


Abbildung 1: Kategorisierung der Bohrungen im Thüringer Becken in den Formationen Straßfurt- und Werra-Steinsalz in acht Stufen bzgl. ihres Informationsgehalts (nach BGE, 2022c).

Der **Informationsgehalt aller Bohrungen**, die in einem Untersuchungsraum vorkommen, wird grundsätzlich in die spezifische Bewertung der allgemeinen **Datenqualität** eines Gebietes einfließen. Dies erfolgt von sehr schlechter bis zu einer sehr guten Datenqualität in acht Stufen (Abbildung 1, DQL-Stufen 1-8). Im weiteren wird eine **Auswertung** der nun vorliegenden **Interpretation** empfohlen, um nachzuvollziehen und zu verstehen, ob eine hohe **Bohrungsdichte** mit einem hohem Informationsgehalt korreliert. Es stellt sich zudem die Frage, wo und warum sich ggf. eine **Häufung von Bohrungen** mit sehr guter bzw. sehr schlechter Datenqualität an verschiedenen Stellen im GzME ergibt.

Die genaue **Vorgehensweise** zur Einstufung eines Teiluntersuchungsraums hinsichtlich der Datenqualität von Bohrungsdaten und zusätzlich ggf. verfügbaren reflexionsseismischen Daten ist zum jetzigen Zeitpunkt **noch nicht abschließend definiert**. Auch die Kenngröße der **Datenquantität** (DQN) soll aus den entsprechenden Informationen **beurteilt** werden. So kann z. B. für die vorhandenen Bohrungen eine **Nachbarschaftsanalyse** mit Thiessen-Polygonen durchgeführt werden (Abbildung 2, s. a. Methodenbericht der BGE, Blatt 237, Abb. 66). Die Größe eines Thiessen-Polygons ist mit den Entfernungen zu den nächstgelegenen Nachbarbohrungen korreliert. Über die Darstellung der **Größe der Polygone** lässt sich objektiv zeigen, wie die **räumliche Datenquantität** innerhalb des Gebietes ist. Eine weitere **Ausarbeitung** und **Sensitivitätsprüfung**

ist notwendig, um für spätere Ableitungen das **Konfidenzniveau** hinsichtlich getätigter Interpretationen und Aussagen zu einem Teiluntersuchungsraum zu bestimmen.

Für die Bohrungen im **Thüringer Becken** (Abbildung 2), die den **Zechstein** erreichen, wurden die **Thiessen-Polygone** durch die BGE berechnet. Die dargestellte Farbkodierung steht für die **Flächengröße** und verdeutlicht damit die Menge und **Abdeckung von Bohrungsdaten** in den verschiedenen Bereichen des Thüringer Beckens. Zum jetzigen Zeitpunkt ist noch keine **Dimensionierung** oder **Klassifizierung** erfolgt, und es ist auch noch nicht weiter ausgeführt, wie die Datenquantität Eingang finden soll im weiteren **Eingrenzungsprozess**.

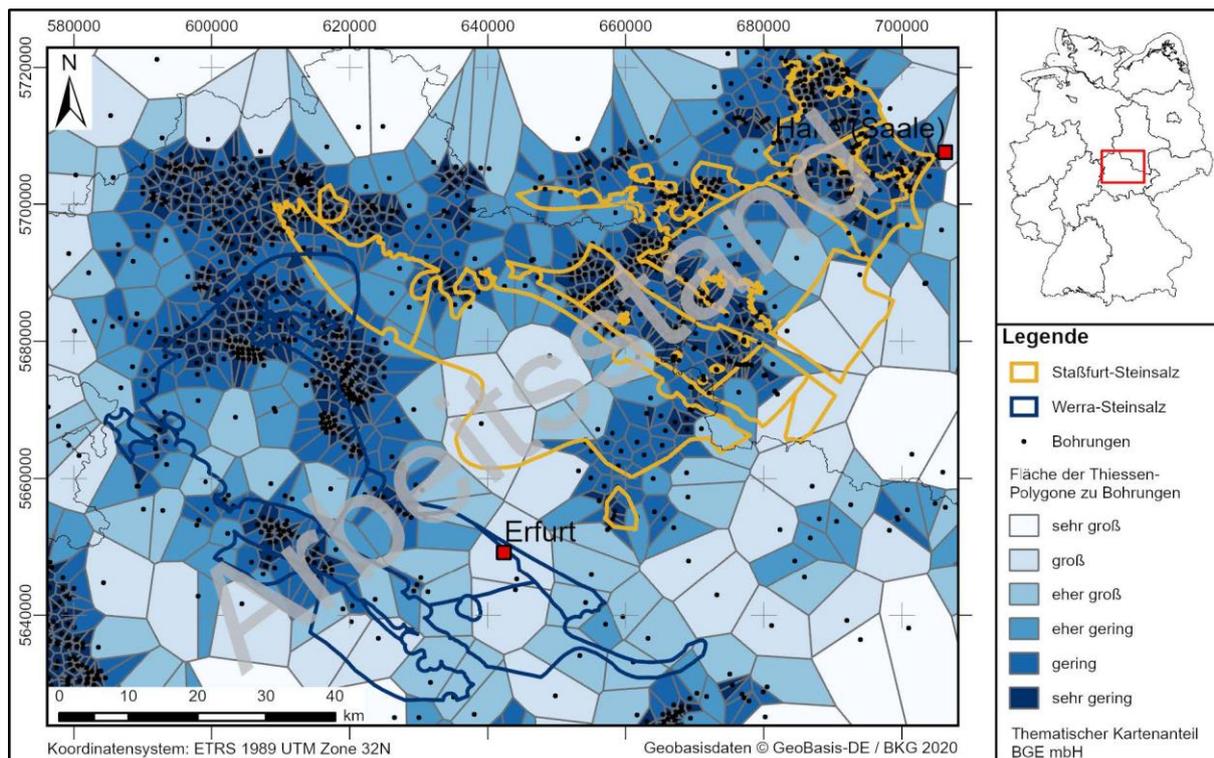


Abbildung 2: Darstellung der Datenquantität bezogen auf Bohrungsinformationen über Thiessen-Polygone. Die aufgeführte Farbkodierung steht für die jeweilige Flächengröße (nach BGE, 2022c).

Eine weitere durch die BGE vorgeschlagene **Kenngröße** (IDN) soll die **Qualität** und die **Menge** an verfügbaren Nachweisen in Form von **interpretierten Daten** (z. B. 3D-Modelle und Profilschnitte), weiteren indirekten Nachweisen aus der geophysikalischer Erkundung (z. B. Gravimetrie und Geoelektrik) sowie lokalen Studien und Modellvorstellungen bewerten. Grundsätzlich sollte die Art, Qualität und Menge dieser zusätzlichen Informationen und Nachweise wesentlich helfen können, ein **geologisches Verständnis** zu einem bestimmten Gebiet zu erlangen. Wie die Größe IDN abgeleitet bzw. dann auch bewertet und kategorisiert werden kann, wurde bislang jedoch noch nicht weiter konkretisiert.

Die vierte **Kenngröße** soll ein Maß für die geologische **Komplexität** (KX) ergeben. An dieser Stelle sollen **Informationen** zu **tektonischen Strukturen** aus Karten, 3D-Modellen und Profilschnitten die Basis sein. **Generische** aber auch **paläogeografische Arbeiten** können zur Vorhersage möglicher räumlicher Variationen und Änderungen der Fazies und Gesteinsausbildung herangezogen werden. In Bereichen mit einer **hohen Komplexität** der geologischen Verhältnisse ist die **Interpretation erschwert** und eine **Übertragbarkeit** von Informationen in Nachbarbereiche

wesentlich **unsicherer**. So soll in der Zukunft zwischen **einfachen**, schichtparallelen, ungestörten **Geometrien** und solchen Gebieten, die eine starke **tektonische Beanspruchung** erfahren haben, unterschieden werden. Dies könnte anhand von **subjektiven Bewertungen** erfolgen, aber es sind auch **objektive Beschreibungen** und **quantifizierbare Indikatoren** denkbar.

Die **Hypothese** der BGE ist an dieser Stelle, dass ggf. **trotz** einer **schlechten Datenlage**, bei gleichzeitiger **geringer Komplexität** der geologischen Gesamtsituation, dennoch eine **Ableitbarkeit** der Untergrundbeschaffenheit mit relativ guter Gewissheit **gegeben** sein sollte. Ist ein Gebiet dagegen sehr **komplex aufgebaut**, z. B. stark **tektonisch beansprucht**, muss die **Datenlage** vermutlich **umfangreicher** sein, um dennoch **vertrauenswürdige Bewertungen** für das Gebiet vornehmen zu können. Das muss allerdings anhand eines geeigneten Datensatzes, wie er für das **Thüringer Becken** z. B. vorliegt, **gezeigt** und **belegt** werden mit Hilfe einer kontrollierten **Datenreduktion**.

Im **Idealfall** ergibt sich aus allen vier **Kenngößen** bzw. aus einer anderen **Kombination** der Datenqualität (DQL), Datenquantität (DQN), Menge an interpretierten Daten (IDN) und der Komplexität (KX) eine reproduzierbare, verlässliche und übertragbare **Ableitbarkeit** der Untergrundbeschaffenheit. **Quantifiziert** könnte sich sogar die Option einer **objektiven Vergleichsmöglichkeit** ergeben zwischen verschiedenen **Untersuchungsräumen** oder auch **Teilgebieten**. Das **Thüringer Becken** als **GzME** bietet sich mit seiner **umfangreichen** aber auch **heterogenen Datenlage** sehr gut dafür an, mit Hilfe einer **gemeinsamen Betrachtung** die **Methode** zu **entwickeln**, zu **testen** und zu **validieren**.

Umgang mit Gebieten ohne hinreichende Informationen

Es ist nicht auszuschließen, dass es ggf. **Gebiete** gibt, für welche die vorhandenen **geologischen Informationen nicht ausreichen**, um die **Kriterien** des StandAG im Rahmen der rvSU belastbar **prüfen** und **bewerten** zu können. Im Rahmen der **Geosynthese** sind diese Gebiete zu **identifizieren** und entsprechend **auszuweisen**. Teil der **Methodenentwicklung** basierend auf den ausgewählten GzME und ggf. den dargelegten Kenngößen muss es daher sein, zu erarbeiten, ob ein **Schwellenwert** abgeleitet werden kann, der ein Maß dafür bietet, ob ein Gebiet hinreichend gut über die vorhandenen Daten definiert ist oder nicht.

Die **BGE** hat eine **Empfehlung** zum weiteren **Verfahren** für Gebiete mit einem **Informationsdefizit** zu erarbeiten. Zurzeit kann jedoch nicht vorhergesehen werden, ob und wieviele der Teilgebiete in dieser Art behandelt werden müssen, oder ob sich alle Bereiche nach **Anwendung** der **geowissenschaftlichen Kriterien** abschließend als für die überragende Erkundung günstige oder nicht günstige Standortregionen **einstufen** lassen. Auch die Anzahl und Größe dieser Gebiete ist nicht absehbar und wird sich erst aus den Auswertungen der BGE ergeben. Wesentlich zum jetzigen Zeitpunkt ist es daher, über die vier **GzME** und insbesondere dem **Thüringer Becken** zu **ermitteln**, wie die **Datenqualität** und **Datenquantität** sein muss, damit eine **Kategorisierung** möglich ist.

Für die **rvSU** sollte die **Datenlage** immer eine **geowissenschaftliche Begründung** darüber zulassen, ob eine **Wirtsgesteinsformation** in einem **Gebiet** mit hoher **Wahrscheinlichkeit** angetroffen werden kann oder nicht. Außerdem müssen für eine **Bewertung** Informationen über die **Mächtigkeit**, die **Tiefe** sowie die **Eigenschaften** des **Wirtsgesteinskörpers** abgeschätzt werden können. Für Gebiete, die eine dieser Anforderungen nicht erfüllt, muss eine nicht hinreichende Datenlage konstatiert werden. Diese **Definition** wird nicht direkt an einzelne Kriterien gekoppelt,

sondern als eine **allgemeingültige Grundvoraussetzung** formuliert, die erfüllt sein muss, um **Gebiete** im Sinne des Standortauswahlverfahrens **bearbeiten** zu können.

Die **BGE** legt nahe, dass die **Empfehlung** über den weiteren **Umgang** mit einzelnen **Gebieten** auch maßgeblich von der **Eignung** der ermittelten **Standortregionen** bezüglich der bestmöglichen Sicherheit abhängig gemacht werden sollte. Mit Blick auf die Suche und Auswahl des **Standortes** mit der **bestmöglichen Sicherheit** wäre es aus ihrer Sicht nicht zielführend, **systematisch** Gebiete ohne hinreichende Datenlage zu **erkunden**, wenn diese keine oder nur eine geringe **Aussicht** hätten, dass sie sich im **vergleichenden Verfahren** am Ende durchsetzen können. Hier stellt sich dann allerdings die **Frage**, wie dies basierend auf einem **Informationsdefizit** im Vorfeld **beurteilt** werden könnte. An dieser Stelle bietet es sich an, dass z. B. das **Thüringer Becken** als **GzME** herangezogen wird, um dies einmal an einem „**künstlichen**“ **Beispiel** darzulegen und zu erläutern, wie und mit welcher **Verlässlichkeit** eine solche **Beurteilung** erfolgen kann. Zusätzlich lässt sich so auch bestimmen, ab wann die Datenlage nicht mehr ausreichend ist. Grundsätzlich gilt, dass kein Gebiet aufgrund nicht hinreichender Informationen gegenüber Gebieten mit ausreichend Informationen benachteiligt oder auch bevorteilt wird.

Anwendung der Mindestanforderung Mächtigkeit

Die Mindestanforderung der Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs kommt im Rahmen der **rvSU** erneut zur **Anwendung**. Nach dem StandAG muss der einschlusswirksame Gebirgsbereich mindestens **100 m mächtig** sein. Zur **zielgerichteten Überprüfung** werden die vorliegenden **Informationen** aus Bohrungen, von Mächtigkeitskarten und Profilschnitten für die **Steinsalz-Horizonte** separat ausgewertet. Mithilfe von Schichtenverzeichnissen der Bohrungen wird für jede einzelne **Formation** (Aller-, Leine-, Staßfurt-, Werra-Formation) **überprüft**, ob die Mindestmächtigkeit zwischen 300 m und 1500 m Tiefe gemäß **Wirtsgesteinsdefinition** angetroffen wird (vgl. Abbildung 3, z1-z4; s. a. Methodenbericht der BGE, Blatt 267, Abb. 74). Für die erweiterte Anwendung der Mindestanforderung wird ein **Kumulieren** der Steinsalz-**Mächtigkeiten** über mehrere Steinsalz-Formationen hinweg **ausgeschlossen**. Das Aller-Steinsalz erreicht in keiner Bohrung im gesamten Teilgebiet eine Mächtigkeit von 100 m. Im Fall des Leine-Steinsalz erfüllen nur wenige, aber zu kleinräumige Lokalitäten die Mindestmächtigkeit. Das **GzME Thüringer Becken** wird über die vorliegenden **Verbreitungs-** und **Mächtigkeitskarten** zu Werra- und Staßfurt-Steinsalz **eingegrenzt** (Abbildung 4, s. a. Methodenbericht der BGE, Blatt 269, Abb. 75).

Geologische Karten und **3D-Modelle** beinhalten auch immer **Ungenauigkeiten**. Sie sind also **fehlerbehaftet**, und dies ist für darauf basierende **Interpretationen** zu **berücksichtigen**. Die BGE weist darauf hin, dass stellenweise auch außerhalb der Verbreitungsfläche, die durch das beschriebene Eingrenzen entstanden ist (Abbildung 4), Vorkommen von 100 m mächtigen Steinsalzabfolgen durch Bohrungen nachgewiesen sind. In solchen Gebieten wird die Verbreitungsfläche durch die BGE dahingehend erweitert, dass diese durch die nächstgelegenen Bohrungen begrenzt wird, die Steinsalz-Mächtigkeiten unter 100 m zeigen. Dies macht deutlich, wie wichtig es ist, dass verfügbare **Modelle**, aber auch alle Arten von **Karten** und **Profilschnitten** mit Hilfe von **Bohrungsdaten überprüft** und ggf. **korrigiert** werden müssen, um **Ungewissheiten** zu **quantifizieren**, wo immer dies möglich ist.

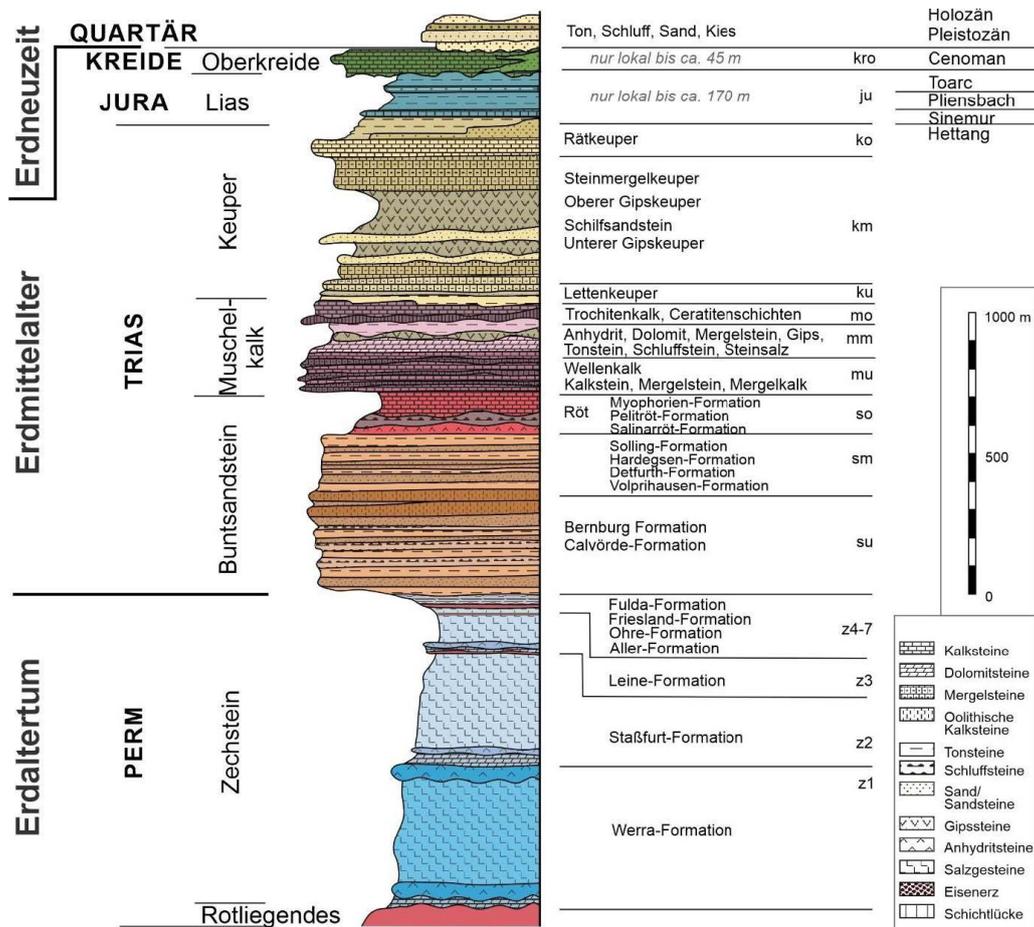


Abbildung 3: Idealisiertes Normalprofil der Schichtenfolge im Thüringer Becken (nach BGE, 2022c).

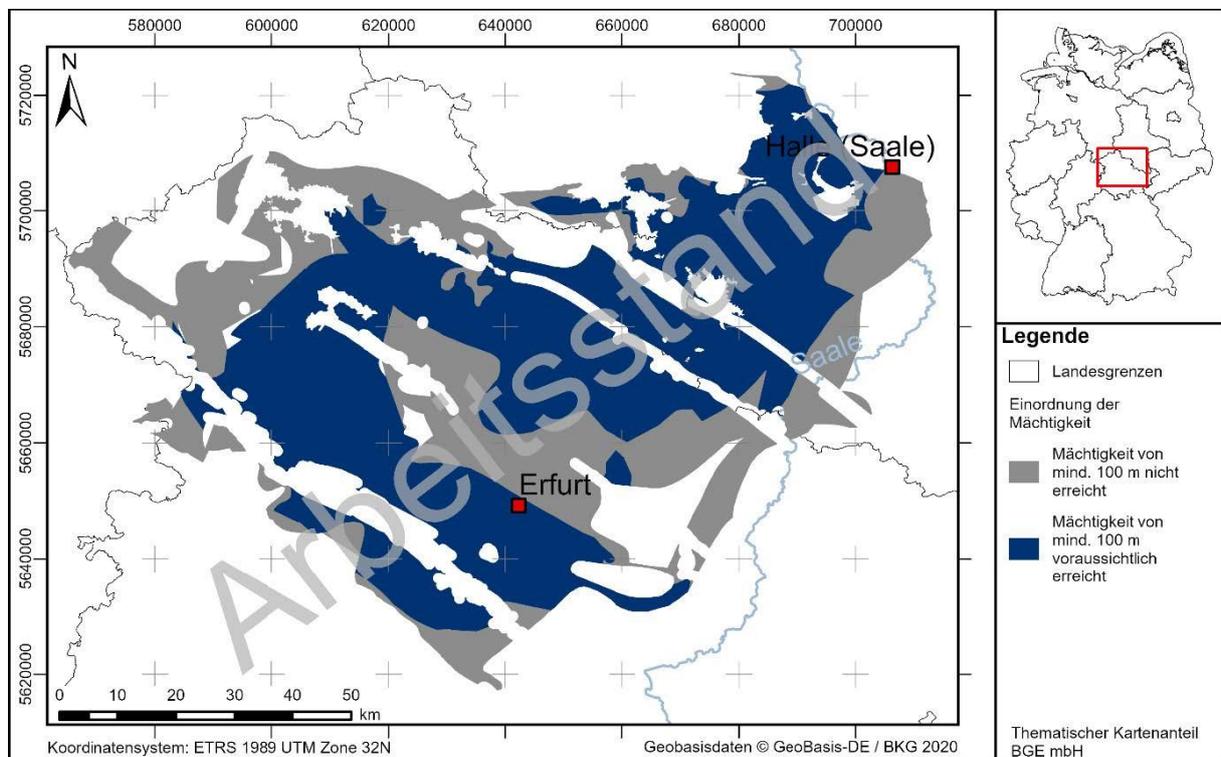


Abbildung 4: Vorläufiges Ergebnis der Überprüfung der Mindestmächtigkeit von 100 m für die Steinsalz-Horizonte im Thüringer Becken (nach BGE, 2022c).

Entgegen den **Empfehlungen** des **Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz** (TLUBN) nutzt die BGE, wie oben erwähnt, im Thüringer Becken für die erweiterte Anwendung der Mindestanforderung der Mächtigkeit **Karten zur Verbreitung des Staßfurt- und Werra-Salinars** aus Seidel (2013). Nach Auffassung des TLUBN sind diese Karten unter Anwendung aktueller geowissenschaftlicher Informationen **nicht reproduzierbar**. Es ist daher für das TLUBN nicht ersichtlich, warum die **BGE** nicht auf Basis der gelieferten Bohrungsdaten und geophysikalischen Messdaten **reproduzierbare Verbreitungskarten erstellt** und diese bei der Bearbeitung des GzME einsetzt (TLUBN, 2022).

Anwendung des Ausschlusskriteriums aktive Störungszonen

Die **Ausschlusskriterien** werden im Rahmen der rvSU **zielgerichtet** im **prozessualen Ablauf** angewendet. Durch eine **Überprüfung** und **Aktualisierung** des Kenntnisstandes der im Zwischenbericht Teilgebiete verwendeten **Informationen** zum Ausschlusskriterium aktive Störungszonen und atektonische Vorgänge ergab sich die Notwendigkeit der **Erweiterung** der **Anzahl** der **ausgeschlossenen Gebiete** im Thüringer Becken. In der **fachlichen Stellungnahme** des TLUBN (2021) zum Zwischenbericht Teilgebiete wurde darauf verwiesen, **Entstehungshorizonte atektonischer Vorgänge** durch räumliche Beziehungen mit Geologischen Karten zu ermitteln. Dieser Hinweis wurde seitens der BGE aufgenommen, um weitere Bereiche, in denen relevante Subrosionserscheinungen (unterirdische Auslaugung) nachgewiesen werden können, auszuschließen (Abbildung 5, s. a. Methodenbericht der BGE, Blatt 286, Abb. 82).

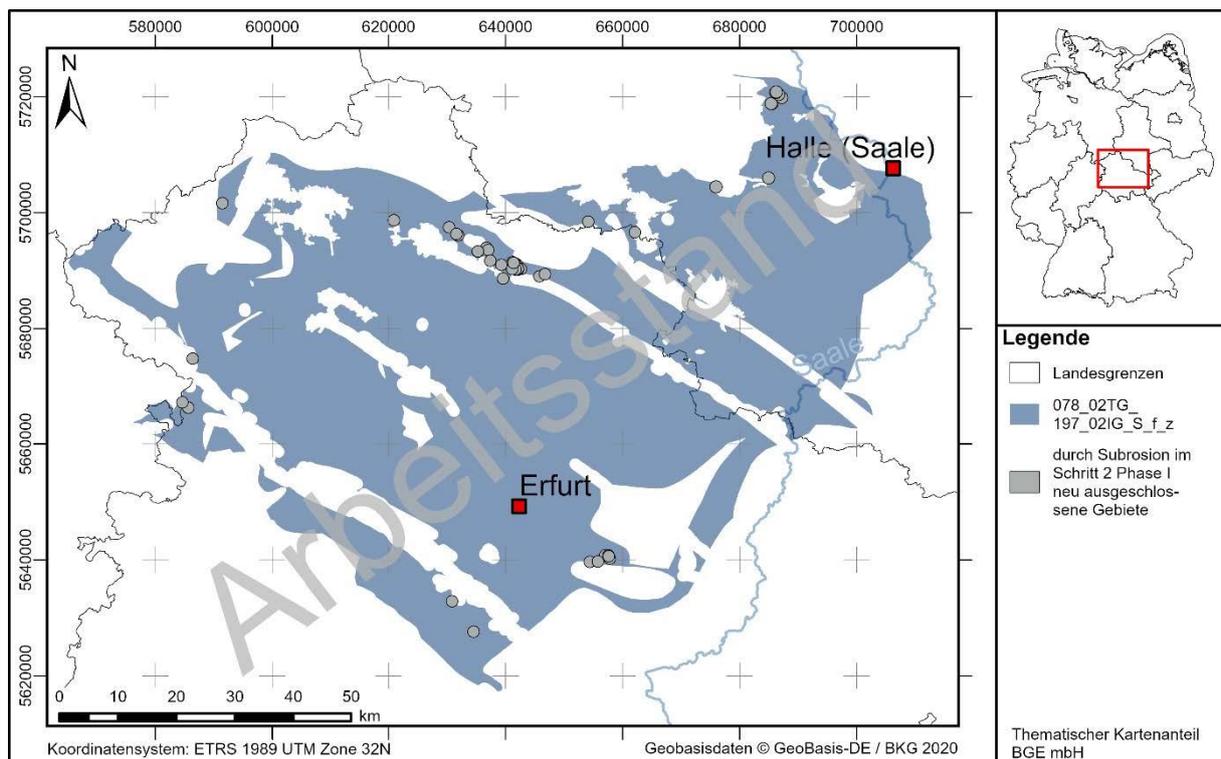


Abbildung 5: Anwendung des Ausschlusskriteriums aktive Störungszonen und atektonische Vorgänge. Darüber wurden weitere Gebiete mit Subrosionserscheinungen identifiziert (nach BGE, 2022c).

Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit

Das **Ausschlusskriterium** zu Einflüssen aus gegenwärtiger oder früherer **bergbaulicher Tätigkeit** zielt darauf ab, **negative Einflüsse** auf den Spannungszustand und die Permeabilität des Gebirges im Bereich eines vorgesehenen **einschlusswirksamen Gebirgsbereichs** (ewG) oder vorgesehenen Endlagerbereichs auszuschließen. Durch eine **Überprüfung** und **Aktualisierung** des **Kenntnisstandes** der im Zwischenbericht Teilgebiete verwendeten Informationen, ergab sich die Notwendigkeit der Erweiterung der Anzahl der durch bergbauliche Tätigkeiten ausgeschlossenen Gebiete im GzME Thüringer Becken.

Seit der Veröffentlichung des Zwischenberichts Teilgebiete wurden der BGE **neue Daten** mit zusätzlichen **Risswerken**, lateralen und vertikalen Ausdehnungen von **Grubenbauen** und **Teufenangaben** zu acht der vorgemerkten Bergwerke in Thüringen übermittelt (Abbildung 6, s. a. Methodenbericht der BGE, Blatt 290, Abb. 83).

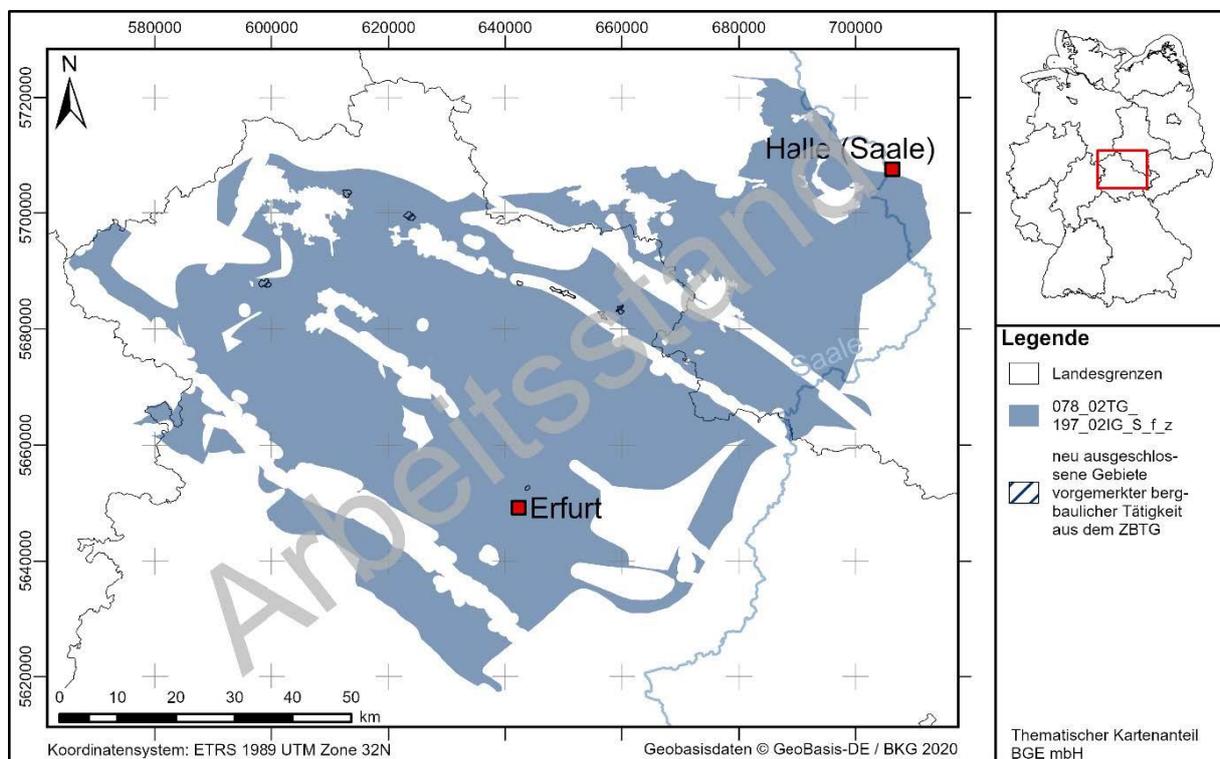


Abbildung 6: Vorgemerkte bergbauliche Tätigkeiten im Thüringer Becken (nach BGE, 2022c).

Unterteilung der Teilgebiete in Untersuchungsräume

Die großflächigen **Untersuchungsräume** der **Teilgebiete** werden von der BGE in mehrere kleinere **Teiluntersuchungsräume** aufgeteilt. Dies begründet die BGE damit, dass so die im Rahmen der rvSU getroffenen **Bewertungen nachvollziehbarer** sind, wenn sie sich auf Gebiete mit möglichst **einheitlichen geowissenschaftlichen Charakteristika** (z. B. stratigraphisch, lithologisch, tektonisch) beziehen. Die **Definition** eines Teiluntersuchungsraums soll so gewählt werden, dass sie Gebiete darstellen, die eine jeweils gemeinsame **geologische Entwicklung** und einen möglichst gleichartigen **geologischen Bau** aufweisen.

Im Anschluss an die zielgerichtete Anwendung der Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen (s. oben) wurde die verbleibende **Fläche** des GzME weiter **aufgeteilt**. Dabei ergaben sich insgesamt **27 Teiluntersuchungsräume**. Der Wirtsgesteinsbereich im Werra-Steinsalz umfasst 10

Teiluntersuchungsräume und der im Staßfurt-Steinsalz 17 (Abbildung 7, s. a. Methodenbericht der BGE, Blatt 297, Abb. 85). Die Unterteilung erfolgte anhand von bestehenden **Teilflächen** in den verschiedenen **Formationen**, sowie über **seismisch** nachweisbare **Störungszonen**, paläogeographische Elemente wie **Schwellen** und **Senken** und **Mächtigkeitskarten**. Dieses Vorgehen ist sehr gut **nachvollziehbar** und wird als absolut **zielführend** erachtet.

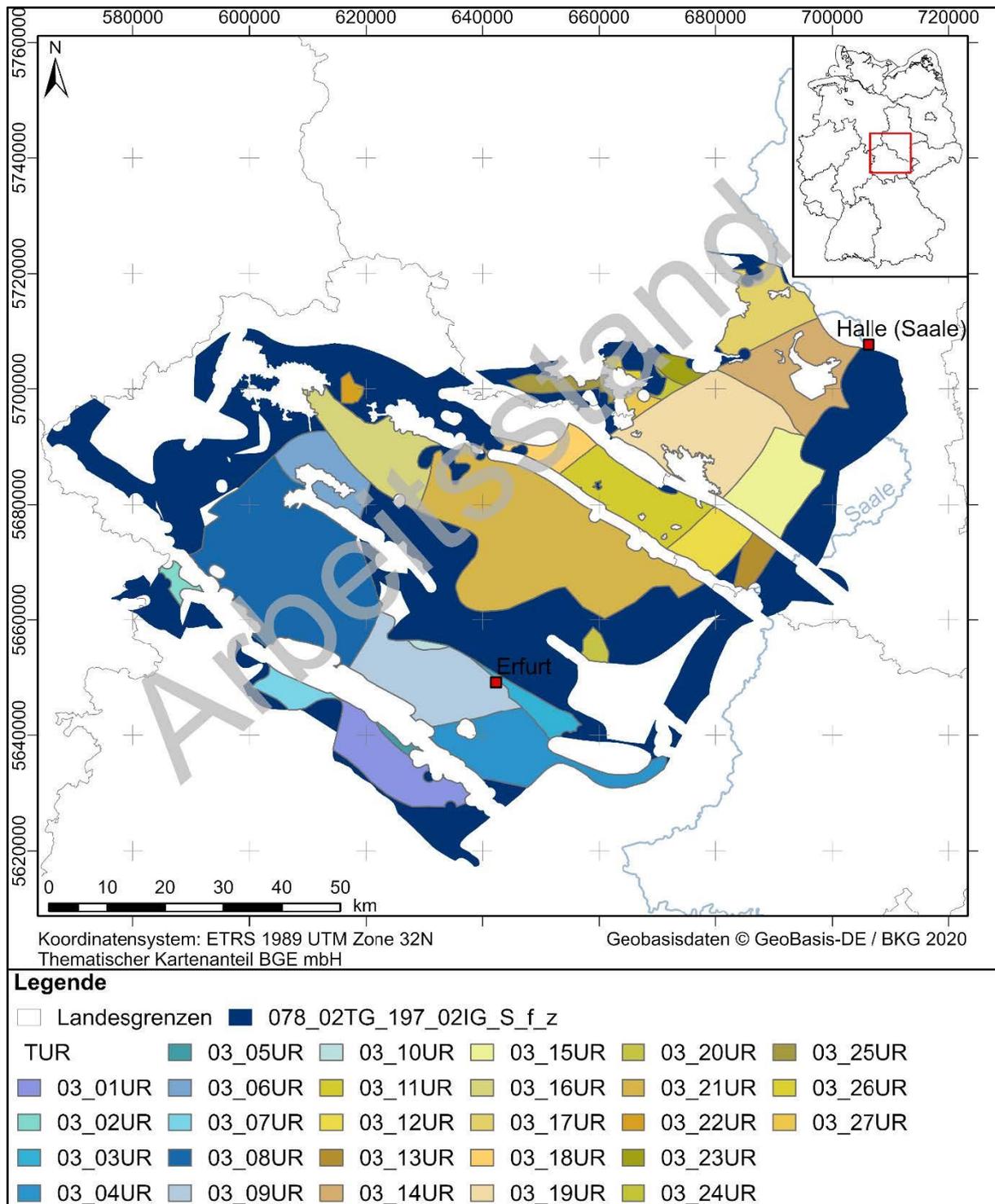


Abbildung 7: Lage der 27 Teiluntersuchungsräume im Thüringer Becken (nach BGE, 2022c).

Durch diese **vorläufige Grenzziehung** in Teiluntersuchungsräume ergab sich, dass an mehreren Stellen einzelne Gebiete mit weniger als 3 km² übriggeblieben sind. Diese **Gebiete** erfüllen nicht mehr die **Mindestanforderung** des **Flächenbedarfs**. Die Flächengrößen der einzelnen verbleibenden **Teiluntersuchungsräume** variieren zwischen 7 km² und 705 km².

Geosynthese mit Blick auf Teiluntersuchungsräume

Die **Geosynthese** im Rahmen der **rvSU** wird durch die BGE mit **unterschiedlichem räumlichen Bezug** durchgeführt. Grundsätzlich beginnt sie mit Blick auf das **Teilgebiet** und die **Untersuchungsebene** und wird für spezifische **Teiluntersuchungsräume** im Rahmen der jeweiligen **Prüfschritte** immer detaillierter ausgearbeitet.

Für das **GzME Thüringer Becken** wird für den **Teiluntersuchungsraum** 03_21UR (Abbildung 7) die **geowissenschaftliche Bearbeitung** im Folgenden **exemplarisch**, anhand einiger Beispiele wie im Bericht der BGE dargelegt, **gezeigt**. Es ist der flächenhaft größte Teiluntersuchungsraum mit einer Ausdehnung von 705 km², und befindet sich im nordöstlichen bis zentralen Teil des Thüringer Beckens im Bereich der **Thüringischen Senke** in den Bundesländern Thüringen und Sachsen-Anhalt.

Der **Wirtsgesteinsbereich** in dem Teiluntersuchungsraum ist das **Staßfurt-Steinsalz**. Die **Mächtigkeit** reicht von 100 m bis deutlich über 300 m und nimmt von Nordosten nach Südwesten hin ab. Die 100-m-Isolinie bildet dabei die nordwestliche und südliche Begrenzung des Teiluntersuchungsraums. Am höchsten ist die Mächtigkeit mit **über 500 m** im nordöstlichen bis zentralen Bereich (Abbildung 8, s. a. Methodenbericht der BGE, Blatt 343, Abb. 111). Der Bereich zwischen der **100-m- und 200-m-Isolinie** weist eine **weniger günstige** und der Bereich zwischen der **200-m- und 300-m-Isolinie** eine **bedingt günstige** Barrieremächtigkeit auf. **Ab der 300-m-Isolinie** liegt eine **günstige Barrieremächtigkeit** vor.

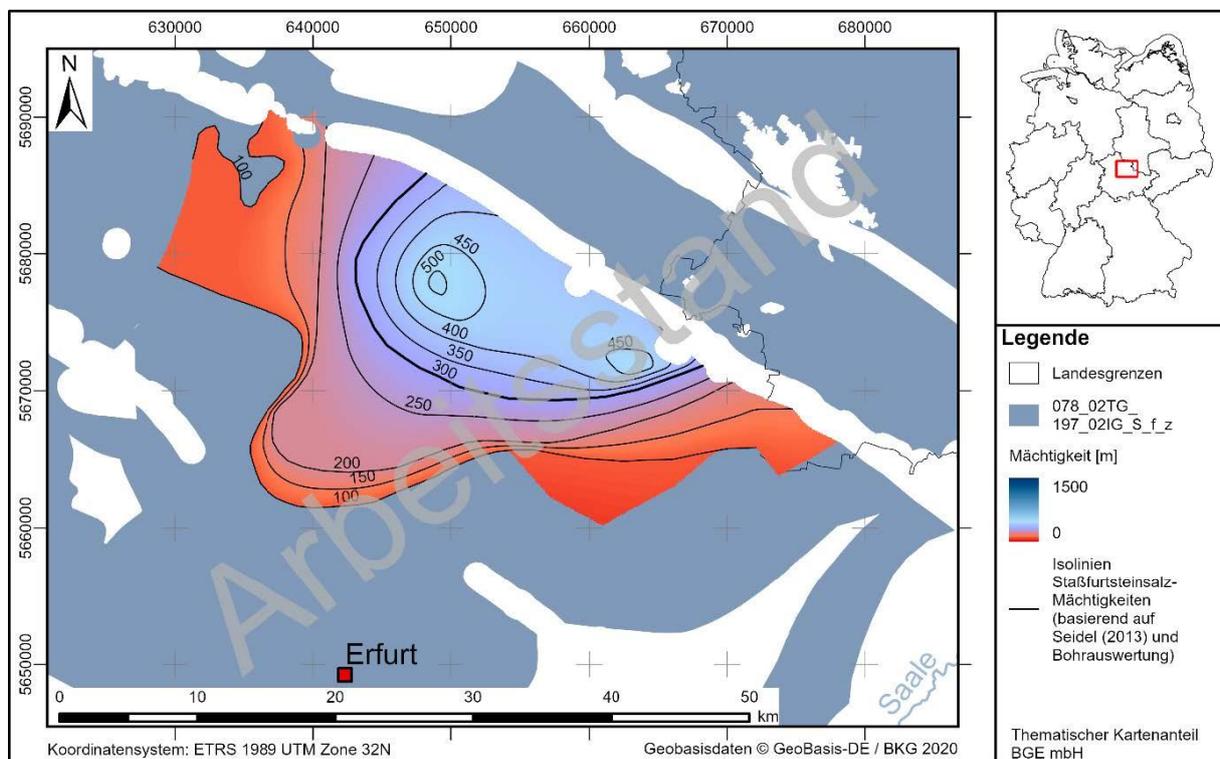


Abbildung 8: Die Mächtigkeit des Staßfurt-Steinsalzes dargestellt mit Isolinien für den Teiluntersuchungsraum 03_21UR (nach BGE, 2022c).

Die **Tiefen der Oberkante** des Staßfurt-Steinsalzes variieren für den Teiluntersuchungsraum nur gering und liegen zumeist zwischen **1.000 m und 1.250 m**. Die geringsten Tiefen befinden sich im Nordwesten des Gebietes.

Der **lithologische Aufbau** der Steinsalz-Formationen ist im wesentlichen abhängig vom **Ablagerungsprozess** des **Zechsteins** und in dem Rahmen von den **Eindampfungszyklen**. Aus diesem Grund kann es sowohl zu großräumigen als auch kleinräumigen Wechseln der **Gesteinseigenschaften** kommen. Ortschaftenspezifische Daten z. B. bezüglich der mineralogischen Zusammensetzungen liegen in dieser Phase des Verfahrens nicht vor. Die Bewertung der **Gesteinstypen** (z. B. Steinsalz, Anhydritstein, Kalisalz, Karbonat) basiert daher zum jetzigen Zeitpunkt auf den **Schichtenverzeichnissen** der Bohrungen sowie der Auswertung **bohrlochgeophysikalischer Daten**.

Die **Bewertung der Gesteinseigenschaften** wird auf die Mindestmächtigkeit von 100 m angewendet. Das Vorkommen von **Nebenkomponten**, z. B. Anhydrit im Steinsalz, kann nur dann berücksichtigt werden, wenn es in den bohrlochgeophysikalischen Daten auch erkennbar ist. **Günstige Bedingungen** liegen dann vor, wenn **maximal 5 %** Nebenkomponten im Steinsalz vorhanden sind. Die meisten Bohrlochprofile innerhalb des Teiluntersuchungsraums 03_21UR zeigen mindestens 100 m mächtige Abfolgen mit einer **geringen Variationsbreite** und werden durch die BGE damit insgesamt als günstig bewertet. Ungünstig bewertete Bohrungen finden sich vor allem an den Grenzen des Teiluntersuchungsraums (Abbildung 9, s. a. Methodenbericht der BGE, Blatt 361, Abb. 118).

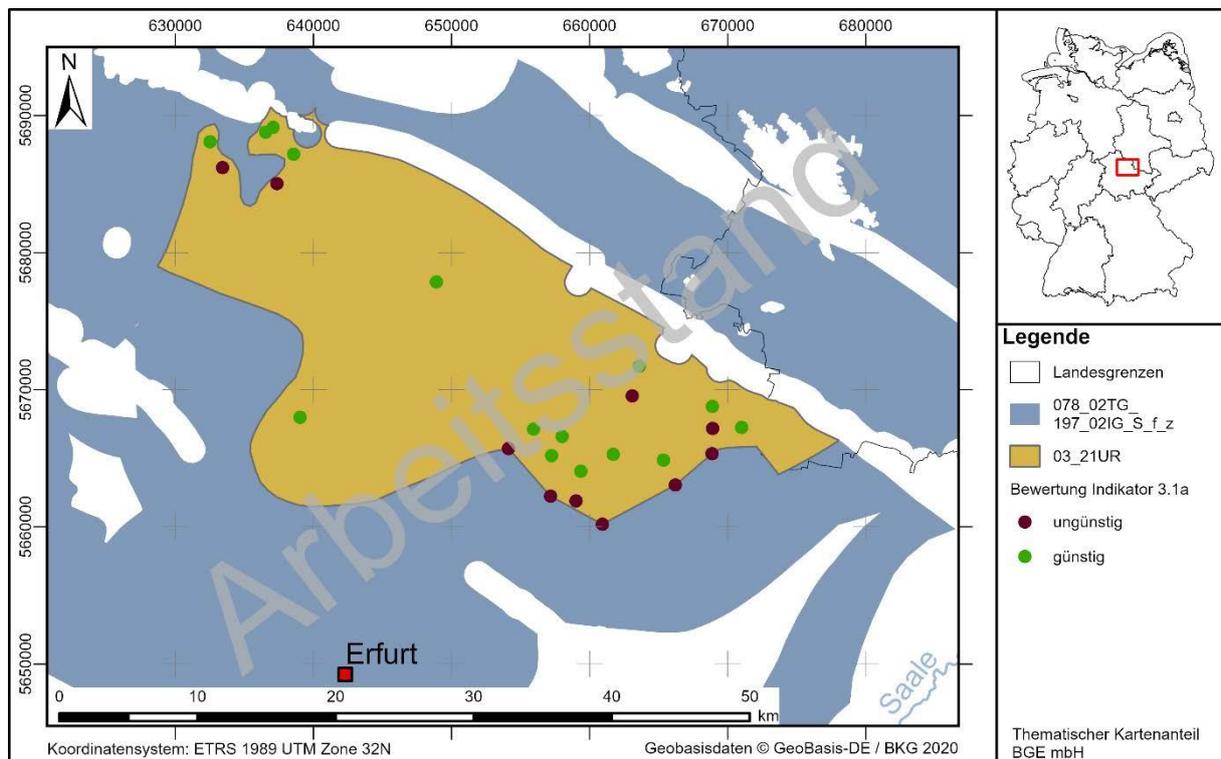


Abbildung 9: Bewertung der Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich im Teiluntersuchungsraum 03_21UR (nach BGE, 2022c).

Aus Sicht des TLUBN (2022) ist die von der BGE verwendete **Datengrundlage** für die vorgeschlagene quantitative Analyse zur Ermittlung der Variationsbreite der Eigenschaften im

Wirtsgestein **unzureichend** und daher **nicht geeignet**. Das liegt an der Tatsache, dass oft nur **Kurzschichtenverzeichnisse** mit stark gestrafften petrographischen Beschreibungen in der verwendeten **Bohrdatenbank** vorliegen. Darüber hinaus ist bisher nur ein **geringer Teil** der im TLUBN vorhandenen **geophysikalischen Bohrlochmessungen digitalisiert** worden. Für einen großen Teil der im Rahmen der Endlagersuche ggf. relevanten Bohrungen liegen die Bohrlochmessungen bisher nur analog im Bohrchiv vor und finden derzeit keine Berücksichtigung bei der Methodenentwicklung rvSU.

Für das **GzME Thüringer Becken** können durch die **Prüfung** der **Ausschlusskriterien** und **Mindestanforderungen** (s. oben) bereits einzelne Gebiete und Teiluntersuchungsräume in die **Kategorien D und C** eingestuft werden (Abbildung 10, s. a. Methodenbericht der BGE, Blatt 437, Abb. 146). Einige Teiluntersuchungsräume werden der Kategorie C zugeordnet, da diese keine überwiegend günstige Bewertung für die jeweiligen Kriterien aufweisen (Abbildung 10) z. B. für die Indikatoren Barrierenmächtigkeit, Tiefenlage der oberen Begrenzung des Wirtsgesteins, seine flächenhafte Ausdehnung, die Variationsbreite der Eigenschaften oder eine potenzielle tektonische Überprägung. **Gebiete**, für die bislang noch **keine Einstufung** erfolgt ist, können zukünftig in der weiteren umfassenden Bewertung noch allen Kategorien A–D zugeordnet werden (Abbildung 10).

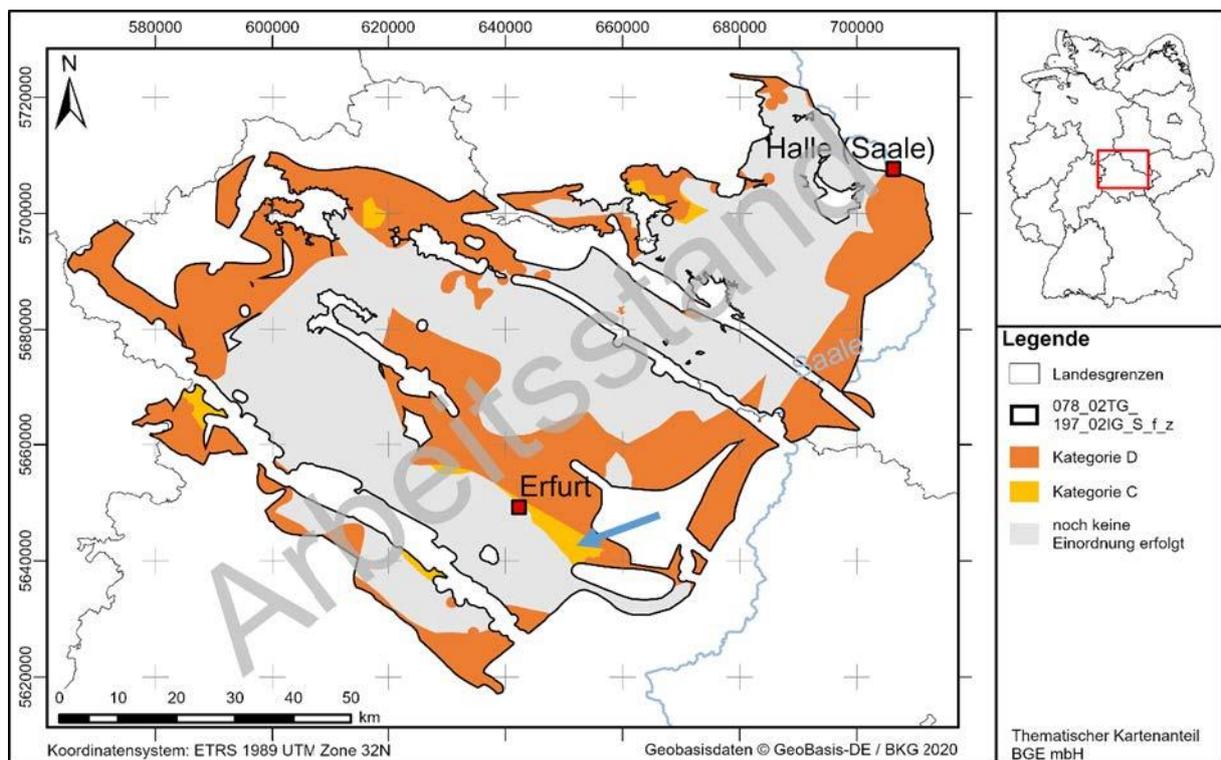


Abbildung 10: Einstufung von Gebieten in die Kategorie D und C im Thüringer Becken. Der blaue Pfeil zeigt die Lokation des Teiluntersuchungsraums 03_03UR (nach BGE, 2022c).

Eine **qualitative Überprüfung** des **sicheren Einschlusses** im GzME Thüringer Becken hat die BGE anhand des **Teiluntersuchungsraums 03_03UR** beispielhaft gezeigt. Dieser hat eine flächenhafte Ausdehnung von 53 km² und befindet sich im Südostteil des Thüringer Beckens im Bereich nördlich der Thüringer-Wald-Vorsenke im Bundesland Thüringen. Das Wirtsgestein ist an dieser Stelle das **Werra-Steinsalz** (vgl. Abbildungen 7 und 10). Nach der Karte von Seidel (2013) liegen die Mächtigkeiten in diesem Bereich zwischen 100 m und 200 m und dieser wird daher mit Blick auf die Barrierenmächtigkeit mit **weniger günstig** bewertet.

Das **Thüringer Becken** ist geprägt durch Nordwest-Südost streichende **Störungszonen**, welche anhand seismischer Untersuchungen auch an der Zechsteinbasis nachverfolgt werden können (Seidel 2004). Die Erfurter Störungszone sowie die Steiger und die Tannrodaer Störungszonen bilden die strukturellen Grenzen des Teiluntersuchungsraums 03_03UR. Diese regionalen Störungszonen führen zu einer **Zerblockung** der **Gesteinseinheiten** innerhalb des Teiluntersuchungsraums und weisen auf eine deutliche **tektonische Überprägung** weiter Bereiche hin, woraus sich eine nur **bedingt günstige** Bewertung ergibt.

Die erwähnten **weniger und bedingt günstigen Bewertungen** führen dazu, dass das **Prüfkriterium** der zweiten Stufe **nicht erfüllt** wird und somit der Teiluntersuchungsraum in die **Kategorie C** eingeordnet wird (Abbildung 10).

4. Beurteilung der Fragestellungen im Bezug zum Thüringer Becken

Festlegung der Untersuchungsräume

Großflächige **Untersuchungsräume** werden in mehrere kleinräumige **Teiluntersuchungsräume** unterteilt, um die **rvSU nachvollziehbarer** und **repräsentativer** zu gestalten. Sie sind ein von der BGE eingeführtes Werkzeug, um durch eine **Reduzierung** der **Flächengröße** des Untersuchungsgegenstandes sicherzustellen, dass große Teilgebiete trotz ihrer Ausdehnung mit gleicher Sorgfalt und Genauigkeit geprüft werden können wie kleine Teilgebiete (BGE, 2022b).

Das oben gegebene **Beispiel** (Abbildung 7) aus der Anlage der **Methodenbeschreibung** (BGE, 2022c) erläutert dies für das Teilgebiet **Thüringer Becken**. Die **Unterteilung** erfolgte anhand von bestehenden Teilflächen in den verschiedenen Formationen, sowie über seismisch nachweisbare **Störungszonen**, paläogeographische Elemente wie **Schwellen und Senken** und **Mächtigkeitkarten**. Dieses Vorgehen ist sehr gut nachvollziehbar und wird als absolut zielführend erachtet.

Geologische Aspekte der Methodenentwicklung

Im Rahmen der Arbeiten zur **Ermittlung** der **Standortregionen** spielen **geogene Prozesse** und deren Auswirkung auf das Endlagersystem an unterschiedlichen Stellen der rvSU, aber auch bei der **Bewertung** einzelner **Kriterien** des StandAG, z. B. Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und geoWK, eine wesentliche Rolle (BGE, 2022b).

Die BGE erkennt den Umgang mit der **heterogenen Datenbasis** als einen wichtigen Aspekt im Rahmen des **Standortauswahlverfahrens** an, geht damit bislang aber nur unzureichend um. Ideen werden mit Blick auf die **Bewertung** der Datenlage und der **geologischen Rahmenbedingungen** in der rvSU formuliert, aber eine tatsächliche Auswertung und Bewertung erfolgt nicht. Dies wäre aber hinsichtlich der vorgeschlagenen **Kenngrößen**, die den **Informationsgehalt** von Bohrungen und die **Bohrungsdichte** im Teilgebiet Thüringer Becken behandeln, ohne weiteres möglich.

Teil der **Methodenentwicklung** basierend auf den ausgewählten **GzME** und ggf. den dargelegten **Kenngrößen** muss es daher sein, zu erarbeiten, ob ein **Schwellenwert** abgeleitet werden kann, der ein Maß dafür bietet, ob ein Gebiet hinreichend gut über die vorhandenen Daten definiert ist oder nicht.

Transparenz und Nachvollziehbarkeit

Transparenz und **Nachvollziehbarkeit** hängen vom wissenschaftlichen Standpunkt aus gesehen sehr stark an der **Reproduzierbarkeit**, einerseits durch eigene **Wiederholungen** und andererseits durch ein konkretes **Nachmachen** von und durch andere Personen und Institutionen.

Eine **entwickelte Methode** muss **geprüft** und **belegt** werden. Das ist bislang für die rvSU aber noch nicht versucht worden. Sobald **Daten** vorliegen, müssen auch immer **Plausibilitätsprüfungen** durchgeführt werden. Dies hätte für das **Thüringer Becken** in Teilen bzw. Teilaspekten bereits zum jetzigen Zeitpunkt gemacht werden können, z. B. mit dem **3D-Modell** oder auch dem **Kartenmaterial**, um so auch **Informationen** über **Ungewissheiten** abzuleiten.

Die **Methodenentwicklung** der rvSU sollte **nachvollziehbarer** und damit **verständlicher** gemacht und anhand von **Beispielen** kommuniziert werden. Damit keine Zweifel am wissenschaftsbasierten **Verfahren** aufkommen, sollte seitens der BGE sichergestellt werden, dass die rvSU soweit es geht **quantifiziert** durchgeführt werden kann. In der **Wissenschaft** werden **keine ungeprüften Methoden** eingesetzt. Es handelt sich hierbei um das notwendigerweise durchzuführende Qualitätsmanament.

Referenzdaten bei der Erstellung der Geosynthese

Im Rahmen der **Methodenentwicklung** für die rvSU werden von der BGE für die **Geosynthese** **keine Referenzdaten** eingesetzt. Die dargelegten Schritte beruhen alle auf **verfügbaren ortsspezifischen Daten**. Unklar ist allerdings an verschiedenen Stellen, welche Daten bereits digitalisiert sind und welche nicht. Die BGE sollte für die GzME deutlich machen, **welche** und **wieviele Daten** bisher **Verwendung** gefunden haben.

An dieser Stelle sei noch einmal auf eine **frühere Empfehlung** hingewiesen: Die **Erstellung differenzierter Referenzdatensätze** für Steinsalz, Tongestein und Kristallingestein, die dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen, steht immer noch aus.

Begleitung und Bewertung der öffentlichen Vorstellung

Die **Qualität** der **Öffentlichkeitsarbeit** der BGE sollte verbessert werden. Es herrscht einerseits eine deutliche **Diskrepanz** zwischen dem tatsächlichen **Arbeitsstand**, der sogar im Bericht zur Methodenentwicklung niedergeschrieben ist (BGE, 2022c), und dem, was davon in den **öffentlichen Veranstaltungen** präsentiert und diskutiert wird. Andererseits ist die **Art und Weise** der **Präsentationen** zu überdenken. Es handelt sich zumeist um **Tätigkeitsberichte**, die **keine Basis** für eine **inhaltlich fundierte Diskussion** bieten. Dies steht auch ganz im **Gegensatz** zu den **Gesprächen** auf der **Arbeitsebene**, die im Rahmen der Akteneinsicht regelmäßig in Peine bei der BGE stattfinden.

Die **öffentliche Vorstellung** der **Methodik** durch die BGE im Zeitraum vom **25. März bis 1. April 2022** zeichnete sich vor allem durch **unnötige Wiederholungen** des sehr **allgemeinen Materials** für Einsteiger in das Verfahren aus. Die tatsächlich verfügbare Zeit wurde leider nicht genutzt, um die im Bericht gegebenen Beispiele intensiver darzustellen und auch zu diskutieren. An dieser Stelle wurde eine **Chance verpasst**.

Die **Online-Konsultation**, die im Anschluss an die öffentliche Präsentation des Arbeitsstands der BGE vom **29. März 2022 bis 31. Mai 2022** stattgefunden hat, wurde durch die Öffentlichkeit und

auch die Fachöffentlichkeit **nicht angenommen**. Es gab insgesamt lediglich 12 Beiträge von zwei Personen. An dieser Stelle muss über adaptierte oder ganz andere Formate nachgedacht werden.

Die **3. Tage der Standortauswahl**, die vom **8.-10. Juni 2022** an der RWTH Aachen stattfanden, boten vom Prinzip her eine gute Plattform für eine Diskussion zwischen der BGE und der Fachöffentlichkeit. Leider war das **Programm** nur **randlich** an der **Methodenentwicklung** ausgerichtet, und es gab umfangreiche Berichte über gerade angelaufene Projekte, die natürlich noch keine Ergebnisse präsentieren konnten. Alles in allem regt man so **keine wissenschaftliche Diskussion** an.

Die **Stellungnahmen** der **geologischen Landesämter** sind dagegen **umfangreich** und **fundierte** und bieten sehr viele **Ansatzpunkte** zur **Entwicklung** und **Verbesserung** der Methode der rvSU. Es ist zu überlegen, ob in dieser Art nicht zumindest der Kreis der Fachöffentlichkeit noch erweitert werden könnte, um so etwas wie ein „**Open-Peer-Review**“ ins Leben zu rufen.

5. Empfehlungen für die weitere Methodenentwicklung

Das **Standortauswahlverfahren** ist gemäß StandAG ein sehr gutes Suchverfahren, weil es eine **Fehlerkultur** beinhaltet. Es ist explizit ein **lernendes Verfahren**, was in jeder Phase, für jeden Schritt und zu jeder Zeit genutzt werden muss. Im wesentlichen bleiben die im vorhergehenden Gutachten gemachten **Empfehlungen** zum **GzME Thüringer Becken** erhalten bzw. werden durch das hier vorgelegte Gutachten für die **nächsten Schritte** noch einmal bekräftigt:

- Strategien müssen erarbeitet werden, **wie methodisch mit einer unterschiedlichen Datenlage umgegangen werden kann** bzw. werden muss. Tests sind notwendig bzgl. der Heterogenität und daraus resultierenden Ungewissheiten.
- Der **Einfluss** einer **inhomogenen Datenbasis** mit z. B. vielen Daten an wenigen Punkten auf die entwickelte Methode der rvSU muss **abgeschätzt und bewertet** werden. Hier und an anderen Stellen ist eine **Qualitätskontrolle** durch oder für die BGE notwendig, mit dem Beleg der Verlässlichkeit und Reproduzierbarkeit.
- Verfahren zur **Plausibilitätskontrolle** von **Modellen** und **Konzepten** sollten erarbeitet werden. Nur so wird sich eine **nicht hinreichende Datenlage beurteilen** lassen, um daraus resultierende **Ungewissheiten** und **Erkundungsbedarfe** zu ermitteln.
- Die durch die Staatlichen Geologischen Dienste bereitgestellten **Modelle** dienen ursprünglich **anderen Aufgaben**. Es muss geprüft und belegt werden, ob sie im Rahmen der Standortsuche in gleicher Art und Weise eingesetzt werden können.
- Das **Wirtsgestein Steinsalz** hat den Vorteil einer vergleichsweise umfangreichen und guten Datenlage aufgrund des historischen, **wirtschaftlichen Interesses** an den Formationen. Die **Übertragbarkeit** bzw. **Anwendbarkeit** der entwickelten Methoden auf andere Wirtsgesteine muss geprüft werden.

Literaturverzeichnis

BGE (2020) Zwischenbericht Teilbiere gemäß § 13 StandAG. Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, Eschenstraße 55, 31224 Peine, Deutschland (Stand 28.9.2020)

BGE (2022a) Kurzfassung für Eilige - Konzept zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung (5 Seiten, Stand vom 28.03.2022)

BGE (2022b) Konzept zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung (62 Seiten, Stand 28.03.2022)

BGE (2022c) Anlage zur „Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung“ (744 Seiten, Stand 28.03.2022)

Seidel, G. (2004) Zur Lage und Entwicklung der Zechsteinbasis in Thüringen. Geowissenschaftliche Mitteilungen von Thüringen, Bd. 11, Seite 63 - 69

Seidel, G. (2013) Stratigraphie, Fazies und geologische Stellung des Zechsteins und der Trias Thüringens. Beiträge zur Geologie von Thüringen. Neue Folge, Bd. 20, S. 21 - 78

Seidel, L., Wengler, M. (2021) Section 14 StandAG – Identification of siting regions and associated challenges, Saf. Nucl. Waste Disposal, 1, 49–50, <https://doi.org/10.5194/sand-1-49-2021>

TLUBN (2022) Stellungnahme des TLUBN zur Methodenentwicklung der BGE zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (Stand 30.05.2022)

TLUBN (2021) Validierung des Zwischenberichts Teilgebiete der Bundesgesellschaft für Endlagerung für die Gebietsanteile Thüringens (S. 146). Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz.