

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 225

### 5 Geosynthese (§ 5 EndISiUntV)

Im Zuge der Durchführung der rvSU gemäß § 5 Abs. 2 EndISiUntV muss für jeden Untersuchungsraum eine Geosynthese erstellt werden (vgl. Abbildung 60), in der die geowissenschaftlichen Informationen, die zur Bewertung der Sicherheit notwendig sind, interpretiert und dokumentiert werden. Eine Geosynthese wird jeweils für einen Untersuchungsraum erstellt.

*„Die Geosynthese enthält die Dokumentation und Interpretation aller geowissenschaftlichen Informationen zu einem Untersuchungsraum. Ziel der Geosynthese ist eine konsistente Darstellung insbesondere der für die Sicherheit des Endlagers relevanten geowissenschaftlichen Gegebenheiten. Der Umfang der dokumentierten geowissenschaftlichen Informationen muss das für die jeweilige vorläufige Sicherheitsuntersuchung erforderliche Maß abdecken.“* (§ 5 Abs. 2 EndISiUntV)

In der Geosynthese werden alle geowissenschaftlichen Grundlagen und Interpretationen der geologischen Verhältnisse erfasst, die für die Beurteilung der Langzeitsicherheit des Endlagers für hochradioaktive Abfälle notwendig sind. Dazu werden in diesem Verfahrensschritt (§ 14 StandAG, Schritt 2 der Phase I), so wie bei den Arbeiten für den Zwischenbericht Teilgebiete, bestehende Datensätze genutzt. Die Geosynthese kann auch die geologische Entwicklungsgeschichte eines Untersuchungsraums beinhalten sowie sämtliche relevanten (geogenen) Prozesse beschreiben, welche den einschlusswirksamen Gebirgsbereich sowie die Langzeitsicherheit des Endlagers beeinflussen können. Eine Neuerfassung von Geodaten ist erst in Phase II des Standortauswahlverfahrens in den Standortregionen für die übertägige Erkundung vorgesehen (siehe § 16 StandAG).

Die für die Erstellung einer Geosynthese benötigten geowissenschaftliche Daten werden der BGE im Rahmen von Datenabfragen in erster Linie von den Staatlichen Geologischen Diensten (SGD) bereitgestellt. Dies sind z. B. Bohrungsinformationen, geologische Karten, bohrlochgeophysikalische sowie reflexionsseismische Messungen und geologische 3D-Modelle. Weiterhin fließen Informationen aus der Fachliteratur in die Auswertung ein.

Für die Beschreibung des Wirtsgesteinsbereiches mit Barrierefunktion in der Geosynthese sollen nach Möglichkeit gebietsspezifische Informationen verwendet werden, also Daten die einen unmittelbaren Bezug zum Untersuchungsraum aufweisen. Für die geowissenschaftliche Bewertung in Schritt 2 der Phase I ist es dennoch stellenweise weiterhin notwendig, Daten einzubeziehen, die sich außerhalb der jeweiligen Untersuchungsräume befinden aber dennoch eine geowissenschaftliche Relevanz für den Untersuchungsraum haben.

Die Bearbeitungstiefe eines Gebietes in der Geosynthese ist mit den Arbeitsschritten der rvSU gekoppelt. Im Verlauf der rvSU kann der Detailgrad der einzelnen Geosynthesen je nach Kenntnisstand und je nach Eignung als mögliche Standortregion zwischen den jeweiligen Untersuchungsräumen variieren. Für die technischen Arbeiten wird ein Untersuchungsraum in Teiluntersuchungsräume untergliedert, deren geologische Gegebenheiten Teiluntersuchungsraum-spezifisch betrachtet und dargelegt werden.

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 226

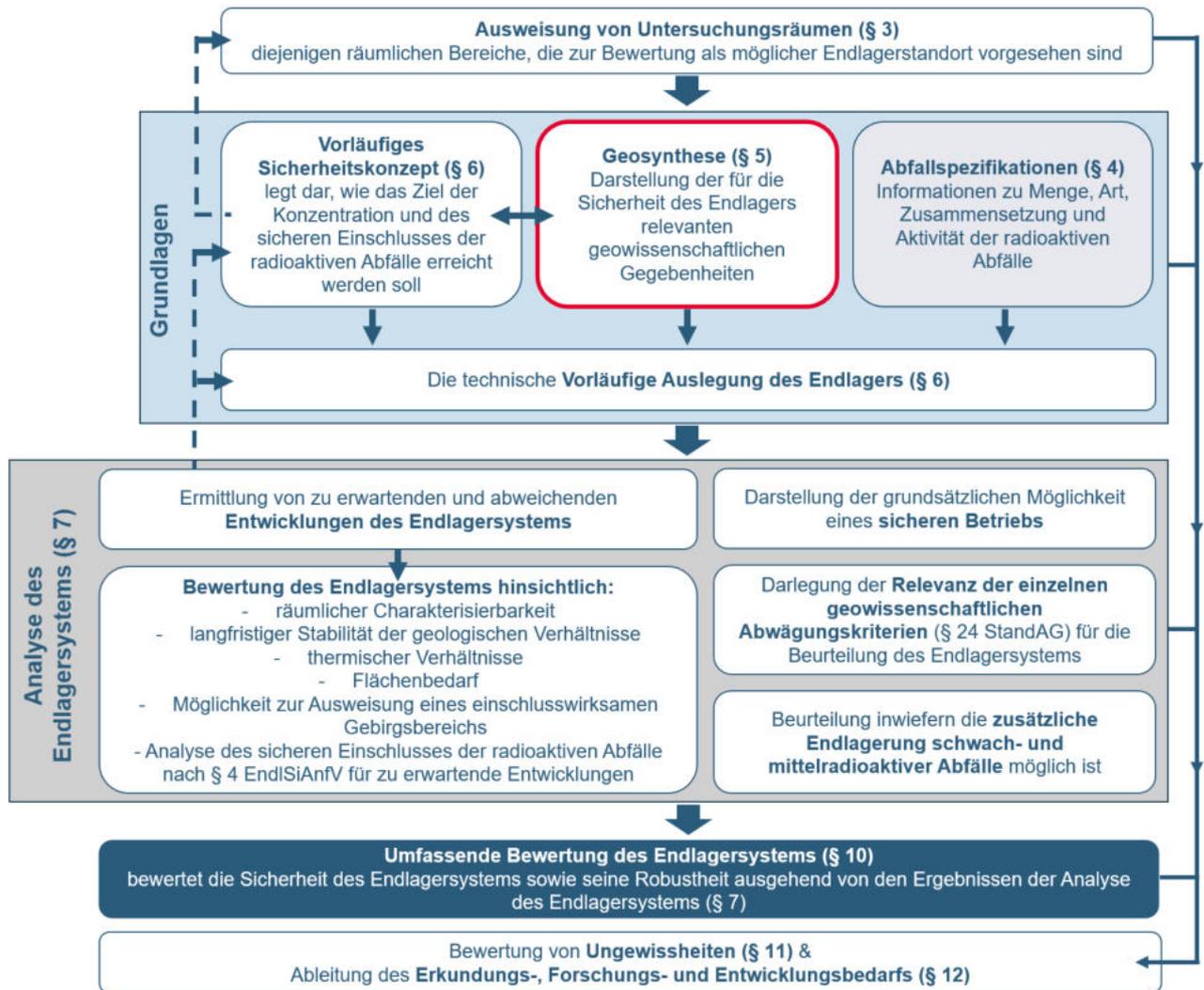


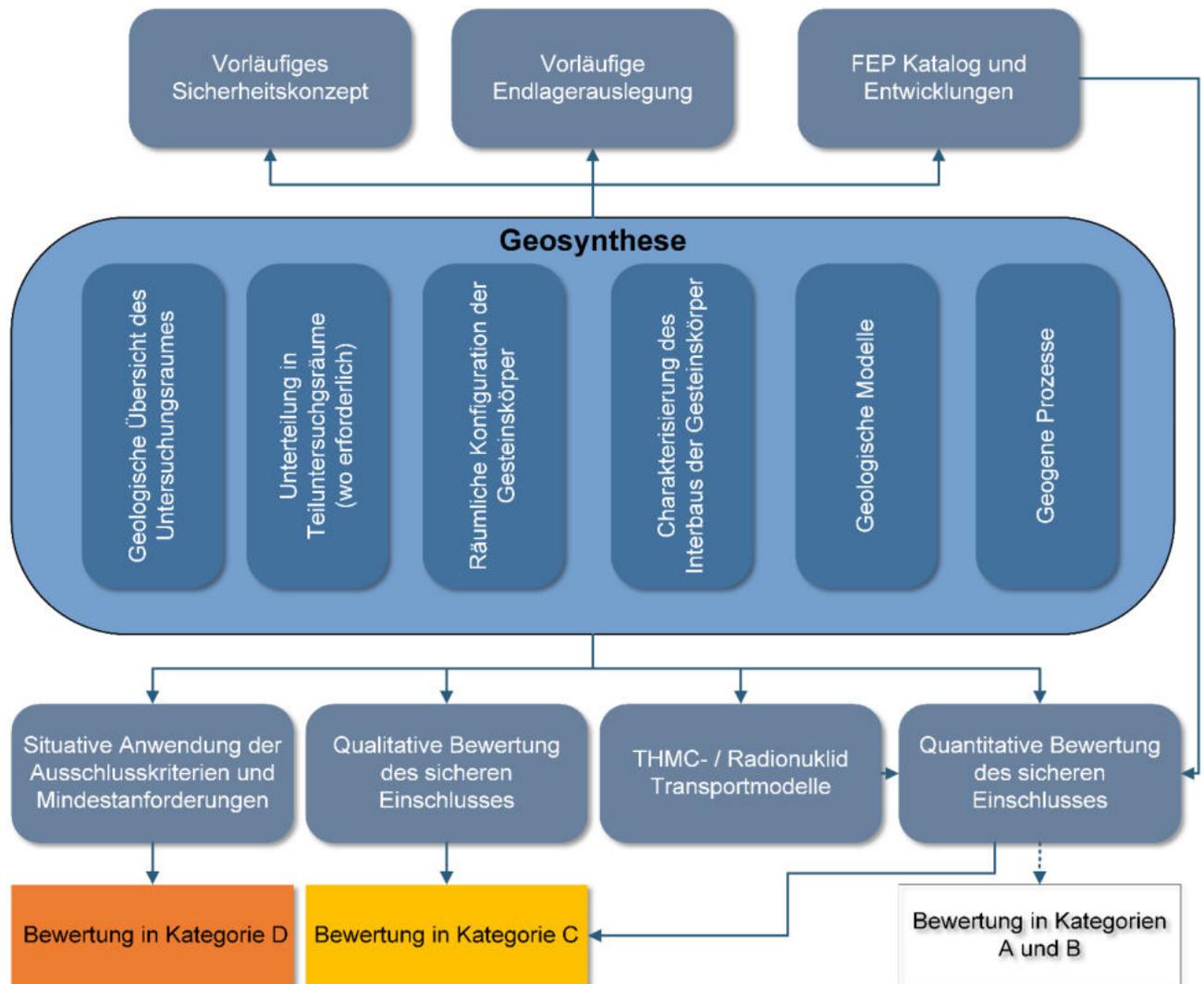
Abbildung 60: Schematische Darstellung des Ablaufs der rvSU gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung. Der in diesem Kapitel erläuterte Schritt der Geosynthese ist rot umrandet dargestellt.

Die Arbeitsschritte, die im Rahmen der Geosynthese stattfinden, sind in den prozessualen Ablauf der rvSU eingebettet (siehe Kapitel 1.2.1). Der Ablauf der rvSU, also die Reihenfolge der vorgegebenen Arbeitsschritte, folgt nicht einer Abfolge von Geosynthese nach § 5 EndlSiUntV, Analyse des Endlagersystems gemäß § 7 EndlSiUntV und umfassender Bewertung gemäß § 10 EndlSiUntV, sondern einem Ansatz, bei dem der Detailgrad in der Erarbeitung der geowissenschaftlichen Grundlagen, der darauf aufbauenden Analyse und Bewertung des Endlagersystems erhöht wird. Dadurch ergeben sich im Rahmen der Geosynthese Arbeitsschritte, die sowohl räumlich als auch von der Arbeitstiefe immer detaillierter werden. Zum Beispiel sind Bereiche eines Untersuchungsraums, bei denen im Rahmen der Arbeiten der Geosynthese früh festgestellt wird, dass eine Mindestanforderung nicht erfüllt ist, von der weiteren Bearbeitung ausgeschlossen.

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 227



**Abbildung 61:** Übersicht über die übergeordneten Arbeitsschritte und vorläufigen Ergebnisse der Geosynthese (innerhalb des mit „Geosynthese“ markierten Kastens) sowie deren weiterer Verwendung innerhalb der rvSU. Die Pfeile markieren in diesem Fall keine zeitliche Abfolge. Die Erhöhung des Detailgrades erfolgt parallel zu den Arbeiten in der Analyse des Endlagersystems und den Prüfschritten D bis A. Die Einordnung in die Kategorien A und B verläuft über den sicherheitsgerichteten Diskurs (gestrichelter Pfeil).

Die Geosynthese beinhaltet die Charakterisierung und Interpretation sowohl des Wirtsgesteinsbereichs mit Barrierefunktion als auch der Gesteinsformationen im Deck- und Nebengebirge. Die Hauptinterpretationsschritte der Geosynthese können wie folgt zusammengefasst werden (die hier genannte Schritte finden sich größtenteils in den Unterkapiteln wieder, siehe auch Abbildung 61):

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 228

- Geologische Übersicht des Untersuchungsraums.
- Wo erforderlich, Unterteilung des Untersuchungsraums in Teiluntersuchungsräume (siehe Kapitel 5.7).
- Interpretation der räumlichen Konfiguration und Geometrie der Gesteinskörper (z. B. Teufe, Mächtigkeit, Ausdehnung, Form)(siehe Kapitel 5.7.1).
- Interpretation und Charakterisierung des Internbaus der Gesteinskörper (z. B. Fazies, Lithologie) (siehe Kapitel 5.7.3).
- Zusammenfassung aller für die Sicherheit des Endlagers relevanten geogenen Prozesse, die in der geowissenschaftlichen Langzeitprognose ausgearbeitet werden (siehe Kapitel 5.7.5).
- Das Erstellen geologischer Modelle (z. B. repräsentative Profile, konzeptionelle, oder parametrisierte 1D-, 2D-, oder 3D-Modelle). Die Modelle sind, nach Bedarf, unterschiedlich detailliert. Die parametrisierten geologischen Modelle dienen, unter anderem, als Input für die numerischen Transportmodelle. Entsprechend wird in der Geosynthese dieser Input für die Transportparameter (z. B. Gebirgsdurchlässigkeit, Diffusionskoeffizienten etc.) dokumentiert (siehe Kapitel 5.7.6)

Die im Rahmen der Geosynthese erarbeiteten Interpretationen und Modelle dienen als Eingangsgröße für die sicherheitsgerichtete Analyse des Endlagersystems und weitere Ausarbeitungen innerhalb der rvSU (siehe Abbildung 60). Diese beinhalten das vorläufige Sicherheitskonzept, die vorläufige Endlagerauslegung, den FEP-Katalog und die numerischen Transportmodelle. Gleichzeitig liefert die Geosynthese die geowissenschaftlichen Informationen für die gestaffelten Prüfschritte, wodurch Gebiete (Untersuchungsraum, Teiluntersuchungsraum oder Bereiche innerhalb eines Teiluntersuchungsraums) bewertet werden sollen: Prüfschritt der zielgerichteten Anwendung der Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen (mögliche Bewertung in Kategorie D), Prüfschritt zur qualitativen Bewertung des sicheren Einschlusses (mögliche Bewertung in Kategorie C) und Prüfschritt zur quantitativen Bewertung des sicheren Einschlusses (mögliche Bewertung in Kategorie C oder Einordnung in Kategorien A/B mit Hilfe des Prüfschrittes „sicherheitsgerichteter Diskurs“), vgl. Abbildung 61.

Initial liegt der Fokus der Geosynthese auf den Informationen, die zur Charakterisierung und Bewertung des Wirtsgesteinsbereiches mit Barrierefunktion notwendig sind. Wenn die Bewertung (z. B. in den Prüfschritten zu den Kategorien D und C – siehe Abbildung 60, Kapitel 1 und Kapitel 1.2.1) negativ ausfällt, wird das entsprechende Gebiet (Untersuchungsraum, Teiluntersuchungsraum oder Bereich innerhalb eines Teiluntersuchungsraums) nicht weiterbearbeitet. Arbeitsschritte, die für die quantitative Analyse des Endlagersystems notwendig sind, werden nur für Gebiete mit positiver Bewertung durchgeführt (z. B. Interpretation des Deck- und Nebengebirges, numerische Modellierung).

Die Methodenbeschreibungen der rvSU werden, wie im rvSU-Konzept (BGE 2022a) beschrieben, für ein Endlagersystem Typ 1 (der sichere Einschluss wird durch den einschlusswirksamen Gebirgsbereich gewährleistet) dargestellt. Dementsprechend beziehen sich die Arbeitsschritte der Geosyn-

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 229

these auf ein Endlagersystem Typ 1. Dabei wird bis zur genauen räumlichen Festlegung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs in den rvSU der Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion bewertet, der einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich aufnehmen könnte.

Im kristallinen Wirtsgestein wird, sofern kein Endlagersystem Typ 1 zu Grunde gelegt werden kann, im Rahmen der rvSU auch ein vorläufiges Sicherheitskonzept mit dem Endlagersystem Typ 2, bei dem der sichere Einschluss durch technische und geotechnische Barrieren erreicht wird, untersucht werden. Der Umgang mit den vorläufigen Sicherheitskonzepten im kristallinen Wirtsgestein wird im rvSU-Konzept (BGE 2022a, Kapitel 8.3.1) näher erläutert.

### 5.1 Umgang mit heterogener Datenlage

Die GzME wurden unter anderem danach ausgewählt, dass innerhalb der Gebiete die Datendichte ungleich verteilt ist. Bei der geowissenschaftlichen Charakterisierung des Untergrundes ist der Umgang mit heterogenen Datenlagen und den daraus folgenden Ungewissheiten nichts Ungewöhnliches und eher die Regel. Generell unterscheidet man zwischen epistemischen und aleatorische Ungewissheiten (z. B. Der Kiureghian & Ditlevsen 2009) (siehe Kapitel 10). Im Rahmen von geologischen Modellen und Modellvorstellungen decken epistemische Ungewissheiten solche Punkte ab, die bei ausreichenden Informationen und sehr hoher Datendichte prinzipiell erfasst werden könnten (z. B. Ungewissheiten in Bezug auf Mächtigkeitsvariationen oder Tiefenlage von geologischen Einheiten). Um aleatorische Ungewissheiten im Modell darzustellen, sind statistische Methoden notwendig (z. B. Wellmann & Caumon 2018). Solche Ungewissheiten betreffen beispielsweise kleinräumige Änderungen der Gesteinseigenschaften aufgrund der natürlichen Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte des Gesteins.

Im Rahmen der Methodenentwicklung wird getestet, inwiefern mit einer heterogenen Datenlage und den daraus resultierenden epistemischen Ungewissheiten methodisch umgegangen werden kann.

In den folgenden Kapiteln wird ein Workflow samt Beispielen vorgestellt, der zeigt, wie in Zukunft mit einer heterogenen Datenlage umgegangen werden könnte. Dieser Workflow wurde parallel zum rvSU-Konzept (BGE 2022a) und den Methoden der Geosynthese entwickelt und wurde noch nicht systematisch angewendet. Es handelt sich demnach um einen aktuellen Arbeitsstand, auf den in den folgenden Kapiteln (Kapitel 5.5 ff.) noch nicht weiter eingegangen wird.

Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung									 <b>BGE</b> BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG	
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 230	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN		
SG	0330				EA	TF	0002	00		

Im Wesentlichen folgt dieser Workflow zum Umgang mit einer heterogenen Datenlage folgenden Schritten (Abbildung 62):

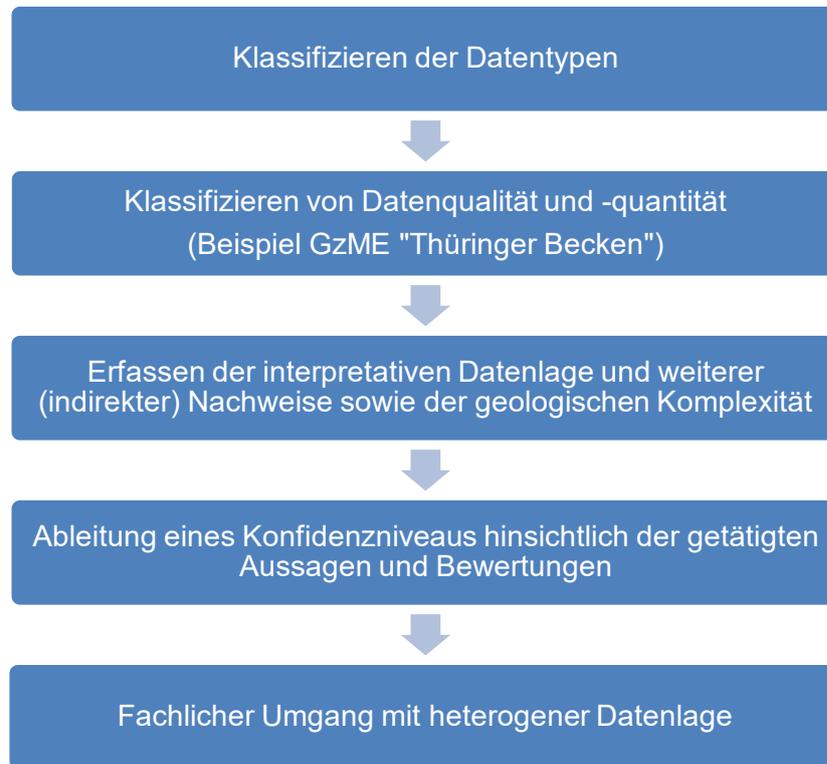


Abbildung 62: Schematische Darstellung des Workflows zum Umgang mit einer heterogenen Datenlage

### 5.1.1 Datentypen und ihre geologische Aussagefähigkeit

Wie oben aufgeführt, ist bei geowissenschaftlichen Auswertungen und Interpretationen des Untergrundes der Umgang mit epistemischen Ungewissheiten gängige Praxis. Für eine systematische Betrachtung und Bewertung der Datenlage muss man sich zunächst die mit verschiedenen Datentypen verbundene geologische Aussagekraft vergegenwärtigen:

1. Direkte Nachweise
2. Indirekte Nachweise
3. Zusätzliche, interpretative Nachweise

Direkte Nachweise und Informationen zur geologischen Situation liegen zumeist in Form von Bohrungsdaten sowie (wo vorhanden) über Bergwerke vor. Bei Bohrungsdaten in Form von Schichtbeschreibungen und Bohrkernen handelt es sich um punktuelle, hochauflösende Nachweise. Sie liefern sehr lokal genaue Informationen zur Gesteinsabfolge im Untergrund, wobei, je nach Verwendungszweck der Bohrung, auch diese Informationen unterschiedliche Qualität aufweisen können.

Indirekte Nachweise zur geologischen Situation stammen aus der geophysikalischen Erkundung. Diese sind oft flächendeckend (oder in 2D-Profilen) und besitzen im Vergleich zu Bohrungen eine geringere Auflösung. Erkundungsergebnisse aus z. B. Reflexionsseismik (2D und 3D), Gravimetrie,

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 231

Magnetik oder Geoelektrik liefern je nach Methode indirekte Informationen über den Untergroundaufbau, indem sie Gesteinskörpergeometrien und damit die Lagerungsverhältnisse abbilden und Störungzonen darstellen können. Bohrlochgeophysikalische Messungen können sehr lokal um die Bohrung herum hochauflösende Hinweise zur Art und Beschaffenheit des Untergrundes liefern. Alle diese indirekten Daten weisen stets einen gewissen Interpretationsanteil auf.

Zu den zusätzlichen, interpretativen Nachweisen zählen alle anderen Informationen und Datentypen, die zu einem besseren Verständnis des Untergroundaufbaus in einem Gebiet beitragen können. Dazu gehören alle interpretierten Daten, wie 3D-Modelle, Profilschnitte, Fazieskarten, etc., aber auch Studien, Ausarbeitungen, regionalgeologische Expertise zu einem bestimmten Gebiet sowie geologische Karten. Oberflächenkartierungen orientieren sich an Aufschlüssen (Straßenanschnitte, Steinbrüche etc.), Lesesteinen, Bodenfarben und morphologischen Merkmalen, welche aber durch die Vegetation und die anthropogene Nutzung über weite Flächen nur eingeschränkt verfügbar sind. Somit sind auch geologische Kartierungen, obwohl sie auf direkten Informationen beruhen, im Wesentlichen eine Interpretation von lokalen Daten und deren Extrapolation. Diese zusätzlichen und interpretativen Daten sind von großem Wert speziell auch für die Endlagersuche, da sie bereits eine Interpretation der vorhandenen direkten und indirekten Daten beinhalten. Solche Daten liegen für weite Bereiche von Deutschland vor.

Die Erstellung von geologischen 3D-Modellen, Profilschnitten und Karten basiert zum Großteil auf geowissenschaftlichen Interpretationen der vorliegenden direkten und indirekten Nachweise, deren Inter- und Extrapolation sowie auf Analogieschlüssen. Ein 3D-Modell, ein Profilschnitt oder auch eine Karte kann daher immer nur so gut sein wie die jeweilige Datengrundlage. Generell gilt, dass mit dem Umfang der Datenlage der Detailgrad zunimmt, mit dem der Untergrund charakterisiert werden kann. Die methodische Entwicklung eines Umgangs mit einer heterogenen Datenlage im Rahmen der Standortauswahl impliziert folglich auch gleichzeitig den Umgang mit epistemischen Ungewissheiten im geologischen Kontext.

Für die Bewertung einer generellen Plausibilität von geologischen Modellen und darüber hinaus hat die BGE das Verbundvorhaben *GeoBlocks* (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), RWTH Aachen, University of Aberdeen) initialisiert, welches Teil des Forschungsclusters „Ungewissheiten und Robustheit mit Blick auf die Sicherheit eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle“ ist und eines der insgesamt fünf Themenfelder des Clusters abdeckt. In *GeoBlocks* geht es darum, Ungewissheiten in geologischen Modellen von verschiedenen Seiten wissenschaftlich zu beleuchten und daraus konkrete Methoden abzuleiten, die eine Quantifizierung und Kommunikation von Ungewissheiten im Kontext der Standortsuche i. S. d. §§ 14 und 18 StandAG zulassen. Die Ergebnisse aus diesem Verbundprojekt werden in den methodischen Umgang mit Ungewissheiten im Rahmen der Standortsuche einfließen.

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 232

### 5.1.2 Bewertung der Datenlage und der geologischen Rahmenbedingungen

Im Folgenden wird ein Arbeitsstand zu einer Methode vorgestellt, die auf eine Bewertung der Ableitbarkeit der Untergrundbeschaffenheit abzielt, um daraus eine individuelle Ungewissheit abschätzen zu können. Dafür soll festgestellt werden, wie die individuelle Datenlage und geologische Situation in den verschiedenen Teiluntersuchungsräumen ist, damit diese Informationen als Kenngrößen in die Bewertung der Ungewissheit eingehen können. Im Ergebnis soll damit perspektivisch ein Werkzeug zur Verfügung stehen, welches, wo erforderlich, im Rahmen der Geosynthese zur Anwendung kommen kann. Die Bewertung von Ungewissheiten im Zusammenhang mit gesteinsphysikalischen Parametern (z. B. Festigkeiten, Porositäten etc.) als Eingangsgrößen in die numerischen Transportmodelle ist an dieser Stelle nicht thematisiert.

#### 5.1.2.1 Kenngrößen

Um eine Bewertung der Ableitbarkeit der Untergrundbeschaffenheit methodisch zu entwickeln, werden vier Kenngrößen definiert. Zunächst zwei Kenngrößen zur Datenlage, getrennt nach Datenqualität und Datenquantität, sowie im Weiteren zwei Kenngrößen zu den geologischen Rahmenbedingungen eines Teiluntersuchungsraums, getrennt nach den vorhandenen interpretativen Daten und weiteren (indirekten) Nachweisen und der geologischen Komplexität. Mit Hilfe dieser vier Kenngrößen kann die Verlässlichkeit von Aussagen zur Beschaffenheit des Untergrunds bewertet werden. Diese vier Kenngrößen werden im Folgenden näher spezifiziert.

#### Datenlage

Die in einem Teiluntersuchungsraum vorliegende Datenlage kann anhand der verfügbaren direkten (z. B. Bohrungen) und indirekten (hier: reflexionsseismische Daten) Nachweise bewertet werden. Die Menge, Art und Verteilung dieser Daten ist wesentlich, um die Ungewissheiten der daraus interpretierten Daten (3D-Modelle, Karten, Profilschnitte) sowie der nachfolgenden Bewertungen im Rahmen von § 7 EndSiUntV abschätzen zu können. Dafür können in diesem Schritt für eine Abschätzung die verfügbaren Bohrungsinformationen in Form von digital erfassten Schichtenverzeichnissen sowie reflexionsseismischen Daten (2D und 3D) verwendet werden. Im Rahmen des Verbundprojekts *GeoBlocks* (BGR, RWTH Aachen, University of Aberdeen; vgl. Kapitel 5.1.1) wird aktuell auch die Interpretierbarkeit (als Teilaspekt für die Qualität) reflexionsseismischer Daten erarbeitet. Das Vorhandensein von interpretierten Daten wie Mächtigkeitkarten oder 3D-Modelle fließt nicht in die Bewertung der Kenngrößen zur Datenlage (Datenqualität und Datenquantität) ein, sondern schlägt sich in der Bewertung der Kenngrößen zu den geologischen Rahmenbedingungen nieder.

#### Kenngröße 1: Datenqualität (DQL)

Die Kenngröße der Datenqualität soll für ausgewählte Daten, die in die Kategorie direkte und indirekte Nachweise fallen, über eine einfache und objektive Methode festgestellt werden. Bohrungen und reflexionsseismische Daten werden bei der Exploration des tiefen Untergrundes (Geothermie, Kohlenwasserstoffe u. a.) aufgrund ihrer großen Aussagekraft regelmäßig erhoben. Alle anderen

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 233

Explorationsmethoden spielen eine untergeordnete Rolle. Daher wird für die Erfassung der Datenqualität auf diese beiden Datentypen zurückgegriffen. Mögliche weitere indirekte Daten fließen in die Bewertung der geologischen Rahmenbedingungen ein.

Ein (Teil-)Aspekt für die Bewertung der Datenqualität kann der Informationsgehalt von Bohrungen sein. Als Hinweis auf die Qualität von Bohrungsdaten wird die Menge an vorliegenden digitalen Schichtinformationen bezogen auf Petrologie- und Stratigraphieangaben in der Bohrdatenbank herangezogen. Der Detailgrad innerhalb der Schichtbeschreibungen ist ein Hinweis auf die Datenqualität. Dieser Aspekt wird anhand des in Beispiel 31, Abbildung 63 angegebenen Vorgehens zunächst für jede Bohrung einzeln als Mittelwert des Detailgrads der einzelnen Schichten ermittelt. Auf diese Weise lässt sich einheitlich und nachvollziehbar der Informationsgehalt der in einem Teiluntersuchungsraum verfügbaren Bohrungen erfassen.

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 234

Beispiel 31: Bestimmung des Informationsgehalts der Bohrungen am Beispiel des GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR)

## Informationsgehalt der Bohrungen im GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR)

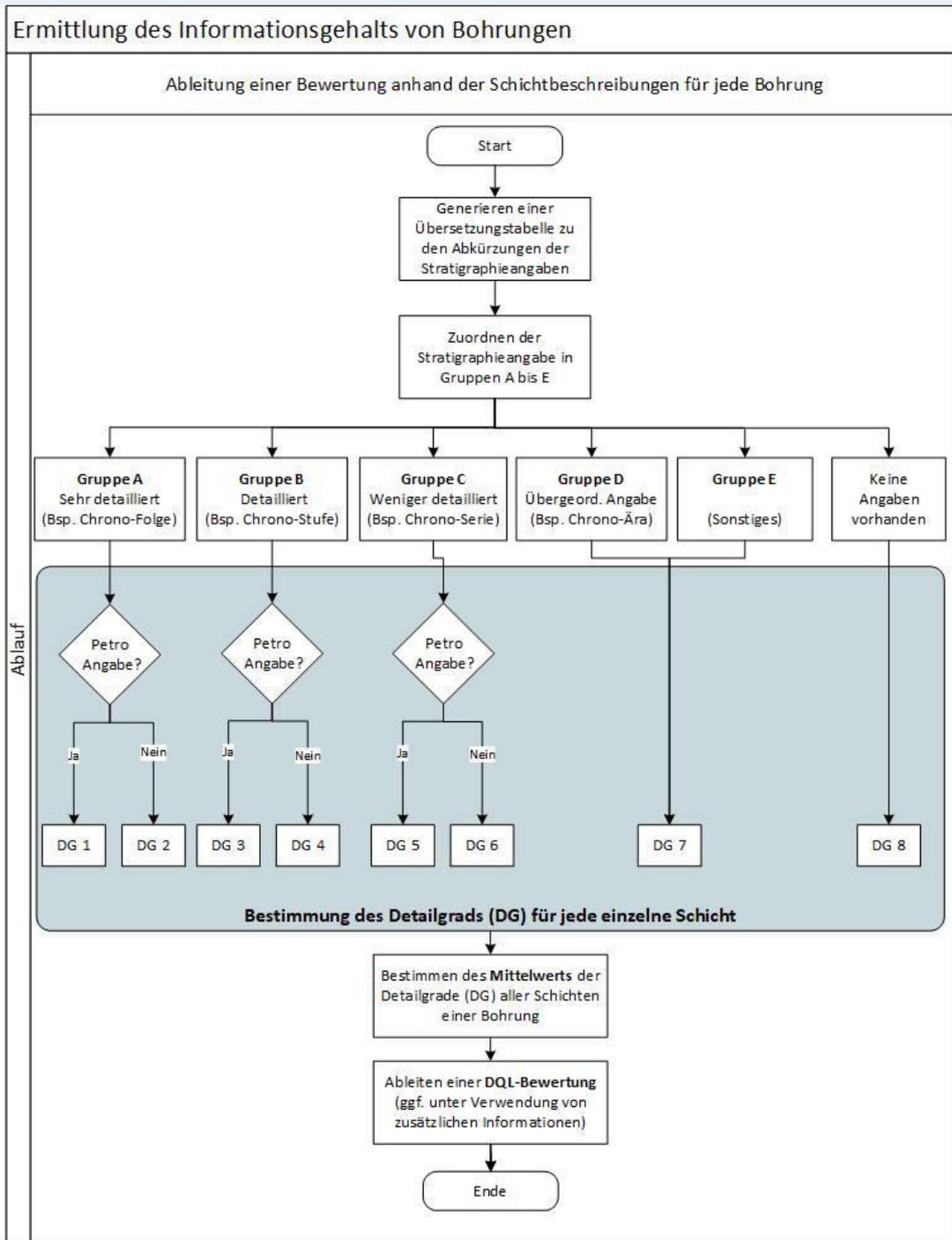


Abbildung 63: Schematische Darstellung der Ermittlung des Informationsgehalts und damit der Datenqualität von Bohrungen

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 235

## Informationsgehalt der Bohrungen im GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR)

Für alle Bohrungen im GzME „Thüringer Becken“ wurde automatisiert anhand des in Abbildung 63 gezeigten Vorgehens der Informationsgehalt und damit ein Aspekt für die Datenqualität bestimmt. In Abbildung 64 ist die bohrungsspezifische Kategorisierung des Informationsgehalts dargestellt.

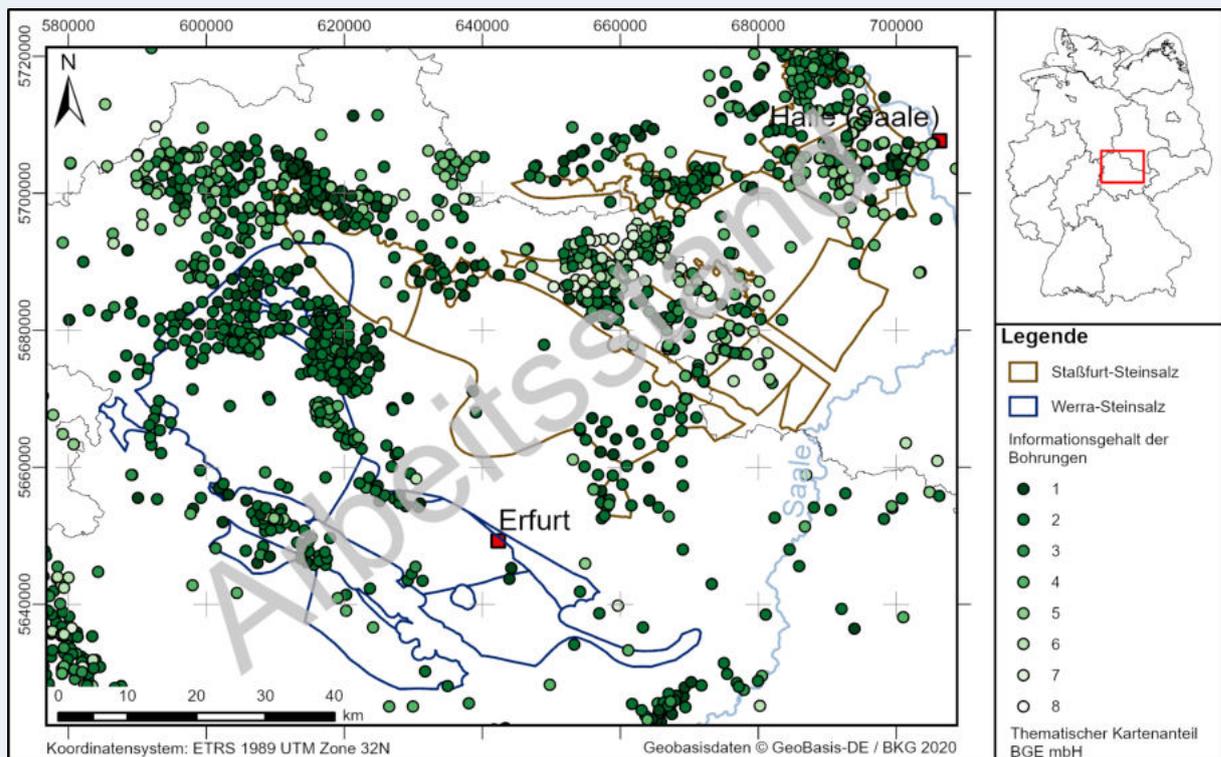


Abbildung 64: Darstellung der Kategorisierung hinsichtlich des Informationsgehalts von Bohrungen am Beispiel der Teiluntersuchungsräume im GzME „Thüringer Becken“

Der Informationsgehalt aller Bohrungen, die in einem Teiluntersuchungsraum vorkommen, wird in eine Teiluntersuchungsraum-spezifische Bewertung der allgemeinen Datenqualität einfließen. Die genaue Vorgehensweise zur Einstufung eines Teiluntersuchungsraums hinsichtlich der Datenqualität von Bohrungsdaten und reflexionsseismischen Daten ist noch nicht abschließend definiert. Im Ergebnis könnte eine wie in Tabelle 28 gezeigte Einteilung nach Datenqualität in Stufen stattfinden.

Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung								 <b>BGE</b> BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG	
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 236
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				EA	TF	0002	00	

Tabelle 28: Mögliche Einstufung der Bewertung der Datenqualität anhand einer Einschätzung der teiluntersuchungsraumspezifischen Datenqualität

Einschätzung der DQL (für TUR oder Teil-TUR)	DQL-Stufen
Sehr gute Qualität	1
Gute Qualität	2
Eher gute Qualität	3
Weniger gute Qualität	4
Schlechte Qualität	5
Sehr schlechte Qualität	6

#### Kenngröße 2: Datenquantität (DQN)

Auch die Kenngröße der Datenquantität soll anhand von Bohrungsdaten und reflexionsseismischen Daten bewertet werden. Für eine Bewertung der Quantität der vorhandenen relevanten Bohrungsdaten für einen Teiluntersuchungsraum werden Filter verwendet, um nur solche Bohrungen zu bewerten, die auch Informationen zum betrachteten Horizont liefern können. Auch Bohrungen außerhalb des Teiluntersuchungsraums werden in diese Betrachtung mit einbezogen, sofern sie für das Gebiet relevant sind.

Mit diesen Bohrungen kann z. B. über eine Nachbarschaftsanalyse mit Thiessen-Polygonen (Abbildung 65) die Quantität der Bohrungsdaten bestimmt werden. Die Größe eines Thiessen-Polygons ist mit den Entfernungen zu den nächstgelegenen Nachbarbohrungen korreliert.

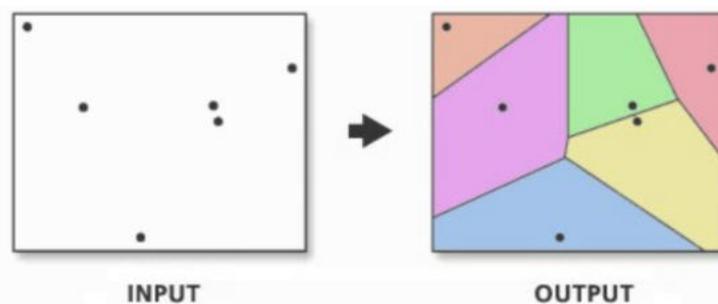


Abbildung 65: Beispiel für die Erstellung von Thiessen-Polygonen mit ArcGIS<sup>17</sup>

Über die Darstellung der Größe von Thiessen-Polygonen lässt sich objektiv zeigen, wie gut die Datenquantität bezogen auf relevante Bohrungen innerhalb von Gebieten ist (vgl. Beispiel 32). Die Größe der Thiessen-Polygone innerhalb eines Teiluntersuchungsraums wird verwendet, um in die

<sup>17</sup> Siehe dazu auch [Thiessen-Polygone erstellen \(Analysis\)—ArcGIS Pro | Dokumentation](https://pro.arcgis.com/de/pro-app/latest/tool-reference/analysis/create-thiessen-polygons.htm); <https://pro.arcgis.com/de/pro-app/latest/tool-reference/analysis/create-thiessen-polygons.htm>, abgerufen am 19.01.22

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

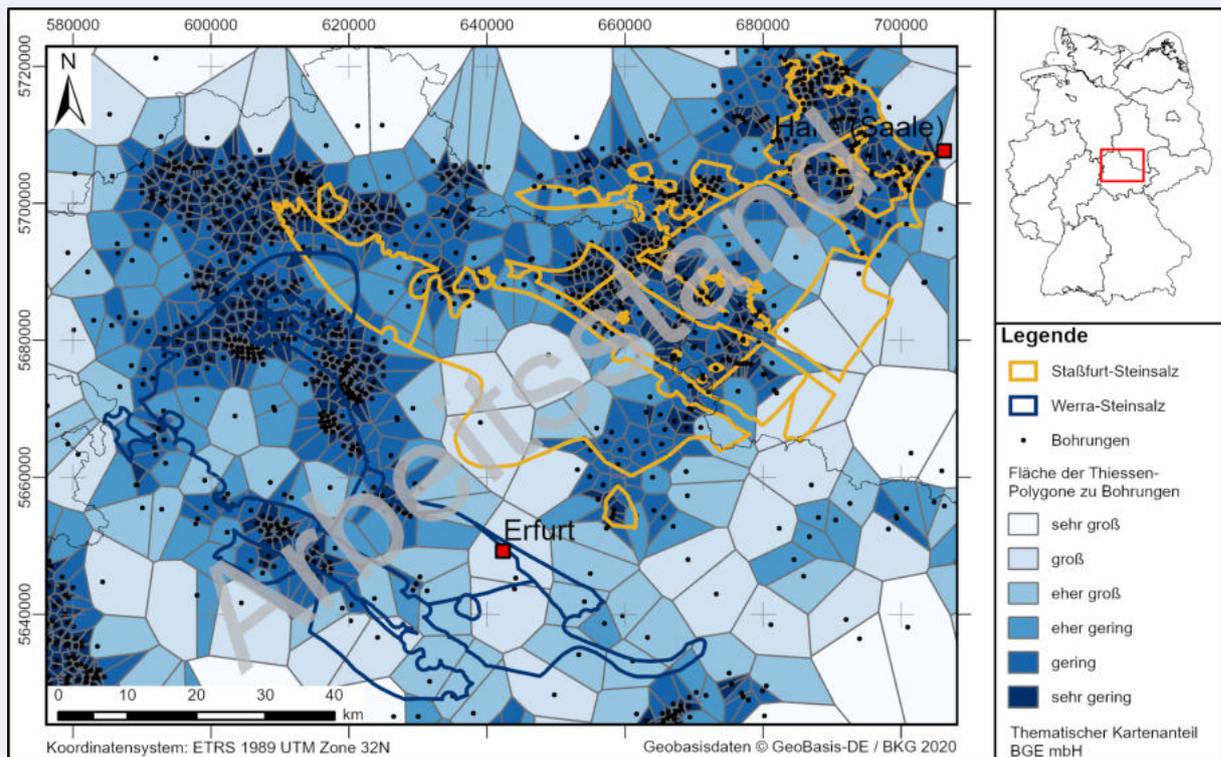
Blatt: 237

spätere Ableitung des Konfidenzniveaus hinsichtlich getätigter Interpretationen und Aussagen zu dem Teiluntersuchungsraum einzufließen (vgl. Kapitel 5.1.2.2).

**Beispiel 32:** Darstellung der Quantität von Bohrungsdaten am Beispiel des GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR)

## Quantität von Bohrungsdaten im GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR)

Für die Bohrungen im Thüringer Becken, die den Zechstein erreichen, wurden die Thiessen-Polygone errechnet (Abbildung 66). Die gewählte Farbkodierung steht für die Flächengröße und verdeutlicht damit die Menge und Abdeckung von Bohrungsdaten in den verschiedenen Teiluntersuchungsräumen im Thüringer Becken. Ihre Dimensionierung hat hier keine spezielle Relevanz, da die Größen der Thiessen-Polygone direkt verwendet und nicht weiter klassifiziert werden.



**Abbildung 66:** Darstellung der Datenquantität bezogen auf Bohrungsdaten über Thiessen-Polygone am Beispiel der Teiluntersuchungsräume im GzME „Thüringer Becken“

Die Methode zur Bewertung der Quantität von reflexionsseismischen Daten wird aktuell noch entwickelt. Sie soll gemeinsam mit der Quantität der Bohrungsdaten in die teiluntersuchungsraumspezifischen Kenngröße der Datenquantität einfließen.

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 238
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				EA	TF	0002	00	

## Geologische Rahmenbedingungen

In jedem Teiluntersuchungsraum (oder bei großen Teiluntersuchungsräumen auch für mehrere Bereiche) wird der Grad des existierenden geologischen Verständnisses und der Komplexität abgeschätzt. Dafür werden die weiteren interpretativen Daten und Nachweise sowie die geologische Komplexität separat bewertet.

### Kenngröße 3: Interpretative Daten und weitere (indirekte) Nachweise (IDN)

Für die Kenngröße IDN wird die Qualität und die Menge an interpretativen Nachweisen in Form von interpretierten Daten (3D-Modelle, Profilschnitte etc.), weiteren indirekten Nachweisen aus geophysikalischer Erkundung wie Gravimetrie, Geoelektrik oder ähnlichem sowie lokalen Studien und Modellvorstellungen bewertet. Die Art, Qualität und Menge dieser weiteren Informationen und Nachweise hilft ein geologisches Verständnis zu einem bestimmten Gebiet zu erlangen. Dabei können auch Informationen, die außerhalb des zu bewertenden Gebiets erhoben wurden, mit einbezogen werden, sofern diese für das Gebiet relevant sind. Anhand einer subjektiven Bewertung kann die IDN folgendermaßen abgeschätzt werden:

*Tabelle 29: Einstufung der Bewertung der interpretativen und weiteren (indirekten) Nachweise anhand einer subjektiven Einschätzung der teiluntersuchungsraumspezifischen Datenlage*

Einschätzung der IDN (für TUR oder Teil-TUR)	IDN-Stufen
Sehr viele und/oder sehr gute interpretative Daten und weitere Nachweise vorhanden	1
Viele und/oder gute interpretative Daten und weitere Nachweise vorhanden	2
Mäßig viele und/oder mäßig gute interpretative Daten und weitere Nachweise vorhanden	3
Eher wenige und/oder eher weniger gute interpretative Daten und weitere Nachweise vorhanden	4
Wenige und/oder weniger gute interpretative Daten und weitere Nachweise vorhanden	5
Sehr wenige und/oder minderwertige interpretative Daten und weitere Nachweise vorhanden	6

### Kenngröße 4: Geologische Komplexität (KX)

Informationen zu tektonischen Strukturen aus Karten, 3D-Modellen und Profilschnitten helfen dabei, die Kenngröße der geologischen Komplexität einzuschätzen. Generische und paläogeographische Ausarbeitungen können zur Vorhersage möglicher räumlicher Variationen und Änderungen der Fazies und Gesteinsausbildung herangezogen werden. Bei einer hohen Komplexität der Verhält-

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 239
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				EA	TF	0002	00	

nisse ist die Interpretation oder Übertragbarkeit benachbarter Informationen erschwert. So wird zwischen einer „einfachen“ Geometrie mit ungestörter, schichtparalleler und flacher Lagerung und solchen Gebieten, die eine starke tektonische Zerblockung und/oder Verstellung erfahren haben, unterschieden. Anhand einer subjektiven Bewertung kann die geologische Komplexität folgendermaßen abgeschätzt werden.

Tabelle 30: Einschätzung und Einstufung der Bewertung der geologischen Komplexität

Einschätzung der KX (für TUR oder Teil-TUR)	KX-Stufen
Sehr geringe Komplexität	1
Geringe Komplexität	2
Eher geringe Komplexität	3
Eher hohe Komplexität	4
Hohe Komplexität	5
Sehr hohe Komplexität	6

### 5.1.2.2 Ableitbarkeit der Untergrundbeschaffenheit

Die Ableitbarkeit der Untergrundbeschaffenheit gibt Aufschluss über die Verlässlichkeit der geowissenschaftlichen Interpretationen des Untergrundes, welche aufgrund der vorliegenden Informationen in einem Gebiet erreicht wird. Diese spiegelt sich in einer gemeinsamen Betrachtung der vorgestellten vier Kenngrößen wider und kann auf Basis der Bewertungen der genannten Kenngrößen Teiluntersuchungsraum-spezifisch ermittelt werden. Sie ergibt sich aus der gemeinsamen Betrachtung der Datenlage, bezogen auf Qualität und Quantität, sowie den geologischen Rahmenbedingungen. Damit soll die Ableitbarkeit der Untergrundbeschaffenheit den Grad der Ungewissheit für vorgenommene Bewertungen innerhalb eines Teiluntersuchungsraums beschreiben. Sie ermöglicht damit eine Einschätzung zum Grad der Aussagefähigkeit zu bestimmten Eigenschaften bzw. zur Verlässlichkeit (Konfidenzniveau) bzgl. der getroffenen Bewertungen.

Trotz schlechter Datenlage kann bei einer sehr geringen Komplexität der geologischen Situation dennoch eine Ableitbarkeit der Untergrundbeschaffenheit mit relativer hoher Gewissheit vorliegen. Ist ein Gebiet sehr komplex aufgebaut, z. B. stark tektonisch zerblockt, muss die Datenlage gut sein, um dennoch vertrauenswürdige Bewertungen für das Gebiet vornehmen zu können. Wurde in einem komplex aufgebauten Gebiet beispielsweise viel gearbeitet, erkundet und/oder geforscht, fällt die Abschätzung zur Verlässlichkeit der getätigten Aussagen und Bewertungen besser aus als ohne solche zusätzlichen geologischen Erkenntnisse.

Es wird aktuell erarbeitet, wie genau die Verlässlichkeit der geowissenschaftlichen Interpretationen des Untergrunds aus den vier Kenngrößen ermittelt werden kann. Fragen zur Wichtung der vier Kenngrößen und der Herleitung eines Wertes zur Ableitbarkeit der Untergrundbeschaffenheit sollen

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 240

erarbeitet werden, um ein Werkzeug bzgl. der Ableitung eines Konfidenzniveaus hinsichtlich getätigter Aussagen und Interpretationen im Rahmen der Geosynthese verfügbar zu haben. Ergebnisse aus dem bereits erwähnten Verbundprojekt *GeoBlocks* können im weiteren Verfahren in diese Beurteilung mit einfließen.

### 5.1.3 Maßnahmen in Zusammenhang mit heterogener Datenlage

#### 5.1.3.1 Überarbeiteter Bewertungsansatz für Phase I Schritt 2

Im Rahmen der Methodenentwicklung für Schritt 2 der Phase I des Standortauswahlverfahrens hat sich herausgestellt, dass im Rahmen des nun steigenden Dateillierungsgrades der Umgang mit geringer Datenlage neu bewertet werden muss. In Schritt 1 der Phase I wurde ein konservativer Ansatz gewählt, bei dem sich Bewertungen durch einen Informationsgewinn in späteren Phasen nicht verbessern, sondern nur beibehalten oder schlechter werden können. Dieser Ansatz könnte für Schritt 2 tendenziell dazu führen, dass potenzielle Standortregionen insbesondere aus Gebieten mit geringer Datenlage auf Basis von überschätzenden Bewertungen ermittelt werden. Daher ist für den Umgang mit Gebieten mit geringer Datenlage ein Perspektivwechsel sinnvoll.

In Schritt 2 der Phase I werden Bewertungen in Gebieten mit geringer Datenlage mit geologischem Sachverstand grundsätzlich im Sinne einer besten Schätzung („best estimate“) formuliert. Dafür werden auf Basis aller vorliegenden Informationen und Analogieschlüsse Abschätzungen zum Untergrundaufbau und den Eigenschaften vorgenommen und zur Bewertung herangezogen. Es wird damit im Umkehrschluss akzeptiert, dass eine Gebietsbewertung in Phase II auch günstiger werden kann, sofern sich die getroffenen Annahmen mit zunehmendem Informationsgewinn über die Explorationsmaßnahmen in Phase II als zu pessimistisch herausstellen.

Bewertungen erfolgen in Schritt 2 der Phase I durch eine möglichst realistische Abschätzung der geologischen Bedingungen, welche sich an allen vorhandenen Informationen zum Teiluntersuchungsraum orientiert. Bewertungen, die auf einer vergleichsweise schlechten Informationsbasis erfolgen, haben eine geringere Aussagekraft und können im Verlauf des Verfahrens durch neue Erkenntnisse sowohl günstiger als auch ungünstiger ausfallen. Bewertungen, die auf einer guten oder sehr guten Informationsbasis erfolgen, haben eine höhere Aussagekraft als Bewertungen, die auf einer schlechten Informationsbasis beruhen. Diese Ungewissheit wird im Rahmen der rvSU in § 11 EndlSiUntV (vgl. Kapitel 10) berücksichtigt.

Die teiluntersuchungsraumspezifische Ungewissheit aller Bewertungen fließt nicht als Entscheidungskriterium in den Vergleich zwischen Gebieten ein. Jedoch wird die Ungewissheit bezüglich der Bewertung einzelner sicherheitsrelevanter Kriterien bei der Darlegung der Relevanz der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien nach den Anlagen 1 bis 11 (zu § 24) StandAG (§ 7 Absatz 4 EndlSiUntV) berücksichtigt (siehe Kapitel 8). Damit wird sichergestellt, dass die heterogene Informationsbasis weder zu systematischen Vor- noch Nachteilen in der sicherheitsgerichteten Bewertung von Gebieten führt.

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 241

### 5.1.3.2 Repräsentative Profile

Um die geologischen Verhältnisse im Untergrund abzubilden, werden oft 3D-Modelle verwendet, in welchen die Informationen verschiedener Datentypen, wie beispielsweise Bohrungsdaten, bohrlochgeophysikalische Daten oder Informationen aus Kartierungen integriert werden.

Nicht in allen Fällen ist die aufwändige Erstellung von 3D-Modellen sinnvoll. Daher werden als erster Schritt im Rahmen der rvSU sogenannte repräsentative vertikale 1D-Profile entwickelt. Diese spiegeln die zeitliche Abfolge, die Lithologie sowie die Eigenschaften bestimmter Gesteinseinheiten in einem Gebiet wider und berücksichtigen Informationen zu allen verfügbaren Datenquellen, die für das Gebiet eine Relevanz haben. Den Modelleinheiten im repräsentativen Profil können je nach Datenverfügbarkeit lithologische Informationen (ggf. aus verschiedenen Quellen), bohrlochgeophysikalische Daten und Interpretationen und ggf. eine hydrostratigraphische Gliederung mitgegeben werden.

Für die Teiluntersuchungsräume werden, je nach Größe, ein oder mehrere repräsentative Profile verwendet, um die geologische Situation in 1D abzubilden. Ein repräsentatives Profil ist somit charakteristisch für einen bestimmten Bereich eines Teiluntersuchungsraums oder den gesamten Teiluntersuchungsraum (vgl. Kapitel 5.7.1). Auf diese Weise wird jeder Teiluntersuchungsraum im Rahmen der ersten Arbeiten der rvSU gleichbehandelt, egal ob eine eher gute oder eher mäßige Datenlage im Teiluntersuchungsraum vorliegt.

### 5.1.3.3 Umgang mit interpretativen Grundlagen für die rvSU

Die Ungewissheit, die aus der Verwendung eines repräsentativen Profils (Kapitel 5.1.3.2) resultiert, ist unterschiedlich groß, je nachdem wie gut oder schlecht die Ableitbarkeit der Untergrundbeschaffenheit bzw. das Konfidenzniveau (vgl. Kapitel 5.1.2.2) für den jeweiligen Teiluntersuchungsraum oder Teiluntersuchungsraumbereich ist. Dies gilt gleichermaßen für alle weiteren Interpretationen, die im Rahmen der Standortsuche erarbeitet werden. Dazu können neben den repräsentativen 1D-Profilen auch Profilschnitte (2D) sowie 3D-Modelle gehören, welche zusammen mit den entsprechenden Karten der relevanten Einheiten (z. B. Teufen-, Mächtigkeits-, Fazieskarten) den Untergrund eines Teiluntersuchungsraums charakterisieren.

In Gebieten mit geringer Ableitbarkeit des Untergrundes bzw. geringer geologischer Charakterisierbarkeit ist die Aussagekraft geringer und die Übertragbarkeit ggf. nicht gegeben. In Gebieten mit hoher Ableitbarkeit der Untergrundbeschaffenheit, z. B. bei ungestörter schichtparalleler Lagerung, haben Interpretationen dagegen ein höheres Konfidenzniveau.

Dieses Konfidenzniveau bezüglich der geologischen Aussagen kann im Rahmen der Geosynthese auf geologische Interpretationen übertragen werden. Das heißt, die Bewertung hinsichtlich des Konfidenzniveaus wird dann bei den folgenden Bearbeitungsschritten mitgeführt, so dass sich eine Abschätzung der Ungewissheit bezüglich einer Aussage oder Bewertung daran orientieren kann.

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 242

Mit diesem Ansatz können unabhängig von der Datenlage für jedes Gebiet Interpretationen und geologische Modellvorstellungen entwickelt und Bewertungen vergeben werden. Durch das Übertragen des spezifischen Konfidenzniveaus wird einer unterschiedlichen Datenlage Rechnung getragen.

Dieser Ansatz funktioniert nicht, sofern die Datenlage in einem Gebiet nicht hinreichend ist. Der Umgang mit solchen Gebieten wird im folgenden Kapitel beschrieben.

### 5.1.4 Umgang mit Gebieten ohne hinreichende Informationen nach § 14 StandAG

Der Gesetzgeber hat erkannt, dass es ggf. Gebiete geben kann, für die die vorhandenen Informationen nicht ausreichen, um die Kriterien des StandAG (§§ 22 bis 24 StandAG) belastbar prüfen und bewerten zu können. Der Umgang mit den Gebieten ohne hinreichende Informationen wird deshalb in Schritt 2 der Phase I gesondert behandelt (§ 14 StandAG).

Da in den rvSU die Grundlagen für die Bewertung der Kriterien nach §§ 22 bis 24 StandAG gelegt werden oder einige Kriterien hier direkt zur Anwendung kommen (z. B. Ausschlusskriterien), werden in der geowissenschaftlichen Bearbeitung im Rahmen der Geosynthese die Gebiete ohne hinreichende Informationen identifiziert. Zusätzlich muss von der Vorhabenträgerin eine Empfehlung zum weiteren Verfahren für alle Gebiete, in denen die Daten- und Informationslage nicht ausreicht, aufgenommen werden (§ 14 Abs. 2 StandAG).

In der Begründung des Gesetzentwurfs (BT-Drs. 18/11398, Seite 59) wird zu § 14 Abs. 2 StandAG erläutert:

*„Es kann derzeit nicht vorhergesehen werden, ob der Vorhabenträger als Ergebnis seiner Auswertungen Gebiete mit Informationsdefiziten ausweisen muss oder ob er alle Gebiete nach Anwendung der geowissenschaftlichen Kriterien abschließend als für die übertägige Erkundung günstige oder nicht günstige Standortregionen einstufen kann. Auch die Anzahl und Größe dieser Gebiete ist nicht absehbar und wird sich erst aus den Auswertungen des Vorhabenträgers ergeben. Deshalb hat der Vorhabenträger für den Fall, dass zu einzelnen Gebieten keine hinreichenden Informationen für eine Anwendung der Kriterien vorliegen, eine Empfehlung zum weiteren Verfahren mit diesen Gebieten zu erarbeiten und in seinen Vorschlag aufzunehmen.“*

*Jedenfalls dürfen Gebiete aus dem Suchprozess nicht allein deshalb ausgeschlossen werden, weil über sie zu wenig bekannt ist, sofern zu erwarten ist, dass sich unter diesen Gebieten ein Standort befindet, der auf Grundlage der Kriterien in § 22 bis § 24 besser zu bewerten ist, als das in allen Regionen mit ausreichender Datenlage der Fall ist.“*

Die Ausweisung von Gebieten ohne hinreichende Informationen wird als sinnvoll betrachtet, da hiermit folgenden Punkten Rechnung getragen wird:

- Eine Ausweisung der Gebiete ohne hinreichende Informationen erzeugt Transparenz im Umgang mit einer deutschlandweit heterogenen Datendichte und gibt Aufschluss darüber, wie mit diesen Gebieten im weiteren Verfahren umgegangen wird.

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 243

- Durch die Ausweisung wird vermieden, dass es zu Analysen und Bewertungen innerhalb der rvSU und der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien kommt, die keinen oder einen sehr geringen Informationsgehalt haben. Diese wären als Grundlage für die Bewertung der Sicherheit unbrauchbar.
- Dadurch wird vermieden, dass Gebiete anhand unbrauchbarer, aber günstiger Bewertungen als Standortregionen für die übertägige Erkundung ausgewiesen werden.

Hierbei gilt zu beachten, dass die Ausweisung von Gebieten ohne hinreichende Informationen in Schritt 2 der Phase I nur in Ausnahmefällen erfolgt und die Hürden dementsprechend hoch sind.

### 5.1.4.1 Grundlegende Definition von nicht hinreichenden Informationen

Für die Analysen in der rvSU und der Anwendung der Kriterien nach den §§ 22 bis 24 StandAG sollte die Datenlage eine geowissenschaftliche Begründung darüber zulassen, ob eine Wirtsgesteinsinformation in einem Gebiet mit hoher Wahrscheinlichkeit angetroffen werden kann oder nicht. Darüber hinaus sollten Informationen vorliegen, anhand derer die Mächtigkeit, Teufenlage sowie die lithologische Ausprägung des Wirtsgesteinskörpers abgeschätzt werden können. Für Gebiete, die eine dieser Anforderungen nicht erfüllen, kann keine sinnvolle sicherheitsgerichtete Bewertung in den rvSU stattfinden. Zusätzlich ist es unter diesen Voraussetzungen nicht möglich, eine Einstufung als günstige oder nicht günstige Standortregion für die übertägige Erkundung vorzunehmen. Die Notwendigkeit der Ausweisung ist in der Geosynthese gesondert zu begründen. Sie basiert auf einer Beschreibung der vorliegenden Datenlage sowie der regionalgeologischen Kenntnisse. Die Beschreibung möglicher Gebiete ohne hinreichende Information wird anhand des GzME „Saxothuringikum“ beispielhaft gezeigt (siehe Beispiel 33).

Die Definition von nicht hinreichenden Informationen wird damit nicht direkt an einzelne Kriterien des StandAG gekoppelt. Es wird vielmehr eine allgemeingültige Grundvoraussetzung formuliert, die erfüllt sein muss, um Gebiete im Sinne des Standortauswahlverfahrens bearbeiten zu können. Es wird davon ausgegangen, dass für Gebiete, die diese Grundvoraussetzungen erfüllen, die rvSU und die Anwendung der Kriterien nach den §§ 22 bis 24 StandAG durchführbar ist.

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 244

*Beispiel 33: Kontaktmetamorphe Gesteine als mögliche Gebiete ohne hinreichende Informationen – Beispiel im GzME „Saxothuringikum“*

### **Kontaktmetamorphe Gesteine als mögliche Gebiete ohne hinreichende Informationen – Beispiel im GzME „Saxothuringikum“**

Im Bereich der Lausitzer Grauwacken-Einheit im GzME „Saxothuringikum“ ist die geologische Daten- und Informationslage sehr gering (z. B. existieren keine Bohrungsdaten tiefer 300 m u. GOK). Das bedeutet, dass aktuell nicht mit hoher Wahrscheinlichkeit festgestellt werden kann, ob kristalline Wirtsgesteinsformationen im geologischen Untergrund vorkommen oder nicht. Es kann nicht abgeschätzt werden, in welcher Gesteinsausbildung, Mächtigkeit oder Teufenlage diese ggf. vorhandenen kristallinen Wirtsgesteinskörper vorkommen.

Die lithologischen Begrenzungen im Norden der Lausitzer Granodiorite hin zur Lausitzer Grauwacke sind Intrusionskontakte, die durch deutliche kontaktmetamorphe Aureolen in den Lausitzer Grauwacken belegt sind. Die geologischen Karten „Lausitz - Jizera - Karkonosze“ im Maßstab 1 : 100 000 (GK100 LJK) und im Maßstab 1 : 400 000 ohne känozoische Sedimente (GK400) geben Aufschluss über die Verbreitung von kartierten kontaktmetamorphen Gesteinen und Plutoniten in Gebieten wie der Lausitzer Grauwacken-Einheit (Abbildung 67).

Aufgrund dieser eingeschränkten Datenlage und den indirekten geologischen Hinweisen auf kristalline Wirtsgesteine (Plutonite) wurde in diesem Bereich des GzME „Saxothuringikum“ eine flächendeckende Auswertung und Interpretation von vorhandenen geophysikalischen Potenzialfelddaten, Gravimetrie und Magnetik vorgenommen (Skiba et al. 2010; Gabriel et al. 2011). Die Datenquelle für die Magnetik in dem Gebiet ist ein kompilierter und homogenisierter Datensatz von Aero- und Boden-Magnetikmessungen des VEB Geophysik Leipzig aus den 1980er Jahren.

Grundlegende Eigenschaft der beiden Potenzialfeldmethoden Gravimetrie und Magnetik ist ihr ausschließlich kartierender Charakter. Die jeweils für die Methode wirksamen Gesteinseigenschaften (Dichte  $\rho$ , magnetische Suszeptibilität  $\chi$ ) werden dabei nicht unmittelbar abgebildet, sondern lediglich deren Wirkung. Die aufgenommene Messgröße (Schwerebeschleunigung  $g$ , magnetische Induktion  $B$ ) ist stets ein Summeneffekt der Feldwirkung aller vorhandenen Gesteinskörper bzw. -massen in einem Bereich.

Als Grundlage für die Interpretation der Potenzialfelddaten wurden die relevanten Gesteinsparameter für den Untersuchungsraum im östlichen Bereich des GzME „Saxothuringikum“ recherchiert (z. T. auch aus petrophysikalischen Arbeiten zu vergleichbaren Gesteinseinheiten im Saxothuringikum und Moldanubikum). Die Granodiorite (ca. 2,66 g/cm<sup>3</sup> bis 2,73 g/cm<sup>3</sup>) unterscheiden sich von ihrer Dichte nicht signifikant von Grauwacken (2,72 g/cm<sup>3</sup> bis 2,75 g/cm<sup>3</sup>). Variszische Granite sind mit Dichtewerten von ca. 2,65 g/cm<sup>3</sup> bis 2,67 g/cm<sup>3</sup> deutlich leichter und zeigen dadurch einen deutlichen Kontrast zu Granodioriten. Die mesozoischen Sedimente besitzen üblicherweise Dichtewerte von deutlich kleiner als 2,5 g/cm<sup>3</sup>.

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 245

## Kontaktmetamorphe Gesteine als mögliche Gebiete ohne hinreichende Informationen – Beispiel im GzME „Saxothuringikum“

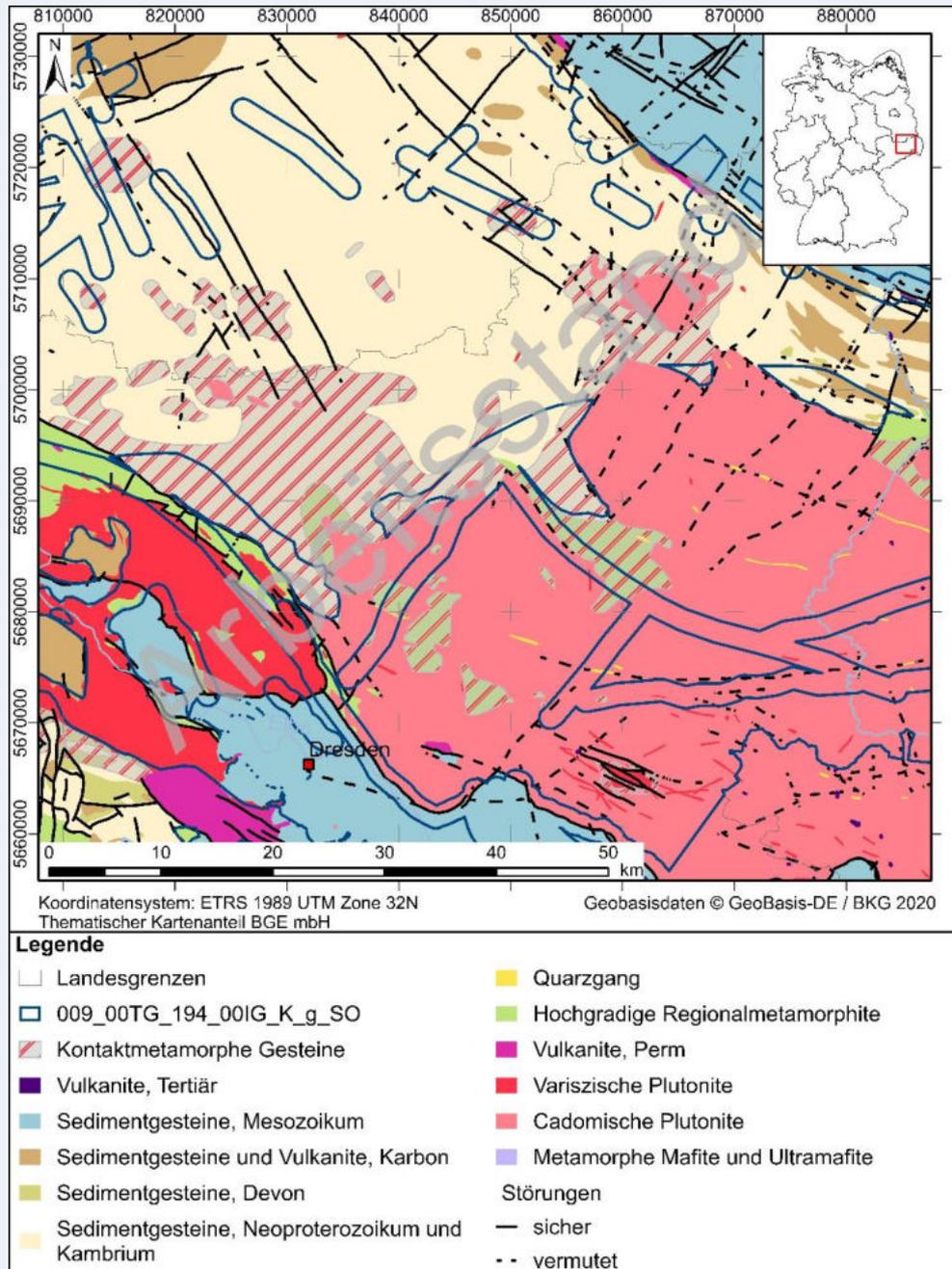


Abbildung 67: Geologischer Ausschnitt aus der GK400 (LfULG, DokID\_11839344\_5) im Bereich der Lausitzer Grauwacken-Einheit und des Lausitzer Granodiorit-Komplexes.

Geologische Einheiten und Legende wurden stark vereinfacht und schematisiert; eine rote Schraffur zeigt das Vorkommen von kontaktmetamorphen Gesteinen (Kontakthöfe).

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 246

### **Kontaktmetamorphe Gesteine als mögliche Gebiete ohne hinreichende Informationen – Beispiel im GzME „Saxothuringikum“**

Kristalline Gesteinseinheiten, wie Granite und Granodiorite, besitzen je nach Bildungsbedingungen eine unterschiedliche magnetische Suszeptibilität. Granitoide der Ilmenit-Serie (z. B. die S-Typ-Granite des Erzgebirges) weisen deutlich geringere Suszeptibilitäten als Granitoide der Magnetit-Serie auf (Ishihara 1977).

Die alkalireichen mafischen Gesteine (z. B. Diorite und Monzonite) des Meißener Plutons zeigen eine sehr deutliche magnetische Anomalie (Abbildung 69), wohingegen die Granodiorite und Granite im Zentrum des Meißener Plutons sich durch eine geringe magnetische Anomalie und ein Schwereminimum abgrenzen lassen.

Neben einer qualitativen Interpretation und Bewertung der gravimetrischen und magnetischen Feldverteilungen und Anomalien wurden einige Bereiche in der Grauwacken-Einheit und dem Lausitzer-Komplex durch kombinierte 2,5-dimensionale Modellrechnungen quantitativ untersucht.

Der Übergang der Lausitzer Grauwacken-Einheit zum Granodiorit-Komplex liegt innerhalb des dominierenden Schwerehochs (A). Dies kann durch die ähnlichen Dichten von Grauwacke und Granodiorit erklärt werden. An der Grenze zu den Granodioriten zeigt sich eine marginale Erhöhung der Schwere im Bereich der Grauwacken-Einheit, die auf eine geringfügig höhere Dichte der Grauwacken hindeutet (Abbildung 68). Im Nordwesten der Grauwacken-Einheit liegt eine Zone relativ verminderter Schwere vor (Zone F). Diese Schwereverminderung lässt sich nicht allein durch Gesteine der Grauwacken-Einheit erklären und könnte auch auf Gesteine mit geringeren Dichten, wie z. B. Granite, hindeuten.

Abbildung 69 zeigt viele kleinräumige magnetische Anomalien und geologische Strukturen. Vor allem der Lausitzer Granodioritkomplex ist geprägt von einer Anordnung mehrerer schwacher Anomaliezüge (Zone I), die im Streichen einiger Störungen (NW–SE) und insbesondere der Intrusionen mafischer kristalliner Ganggesteine (vorwiegend Gabbros, Gabbrodiorite) liegen. Am unmittelbaren Übergang zwischen Grauwacken-Einheit und Lausitzer Granodiorit (Zone J) und in der Zone K können mehrere kleinteilige parallele magnetische Anomalieachsen in der Grauwacken-Einheit beobachtet werden (Zonen J–K in Abbildung 69). Diese magnetisch auffälligen Bereiche in der Grauwacken-Einheit korrelieren außergewöhnlich gut mit der Verbreitung von kontaktmetamorphen Gesteinen. Im Übergangsbereich von Grauwacken-Einheit zu Lausitzer Granodioriten ist eine schwache langwellige Anomalie (Zone A1) unterlagert, die sich über beide regionalgeologische Einheiten erstreckt. Die kombinierten 2,5-dimensionalen Modellrechnungen für die Zonen J, K, F und A1 lassen viele verschiedenen Szenarien zu (unterschiedliche Modellannahmen führen zu identischen Projektionen des Potentials an der Erdoberfläche). Grundsätzlich besteht für die magnetische Anomalie A1 die Möglichkeit, dass es sich um einen großen plutonischen Körper handelt, der die Mindestanforderungen erfüllen könnte. Gleichzeitig gibt es große Ungewissheiten bei der geophysikalischen Interpretation und die mögliche Bandbreite der geophysikalischen Interpretationen für die Zonen

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 247

### **Kontaktmetamorphe Gesteine als mögliche Gebiete ohne hinreichende Informationen – Beispiel im GzME „Saxothuringikum“**

A1, J – K und F in Hinblick auf die Mächtigkeit, Teufenlage und Suszeptibilitätskontraste von möglichen kristallinen Wirtsgesteinskörpern ist immens groß.

Die Auswertung der Gravimetrie- und Magnetikdaten für den Bereich der Grauwacken-Einheit und den Übergang zum Lausitzer Granodiorit-Komplex lässt einige Mehrdeutigkeiten in der geologischen Interpretation zu und zeigt, dass essentielle Informationen zu einer Bewertung im Rahmen der rvSU und der Anwendung der Kriterien nach den §§ 22 bis 24 StandAG nicht vorliegen. Insbesondere geologische Informationen zur Mächtigkeit, Teufenlage sowie zur Gesteinsausbildung von möglichen kristallinen Wirtsgesteinskörpern können in diesen Gebieten nicht abgeleitet werden, auch nicht durch die zusätzliche Interpretation von vorhandenen geophysikalischen Potenzialfelddaten und Analogieschlüssen.

Die magnetisch auffälligen Bereiche im Süden und Osten der Grauwacken-Einheit (Zonen J – K in Abbildung 69) korrelieren gut mit Verbreitungsgebieten von kontaktmetamorphen Gesteinen in den geologischen Karten des LfULG (GK100 LJK und GK400). Gebiete mit diesen kontaktmetamorphen Gesteinseinheiten in der Grauwacken-Einheit können somit als mögliche Gebiete ohne hinreichende Informationen in Frage kommen (Abbildung 67).

## Kontaktmetamorphe Gesteine als mögliche Gebiete ohne hinreichende Informationen – Beispiel im GzME „Saxothuringikum“

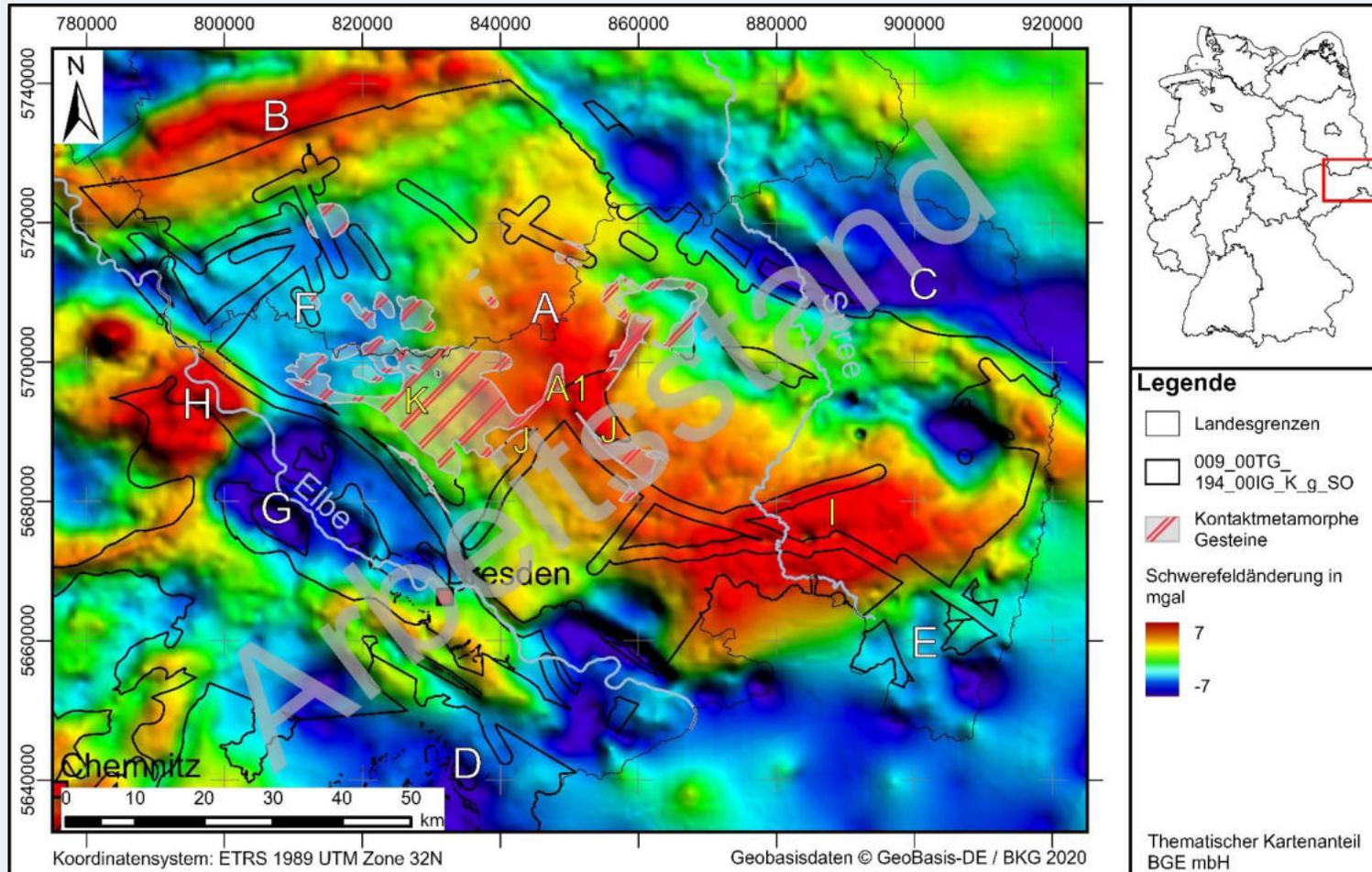


Abbildung 68: Gravimetrische Daten (nach Wellenlängenfilterung Hochpass 50 km) im Bereich der GK100 LJK; Datenquelle Gravimetrie: LIAG; Skiba et al. (2010)

### Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung

Projekt	PSP-Element	Funktion / Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNAANN	AAAAA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 248



### Kontaktmetamorphe Gesteine als mögliche Gebiete ohne hinreichende Informationen – Beispiel im GzME „Saxothuringikum“

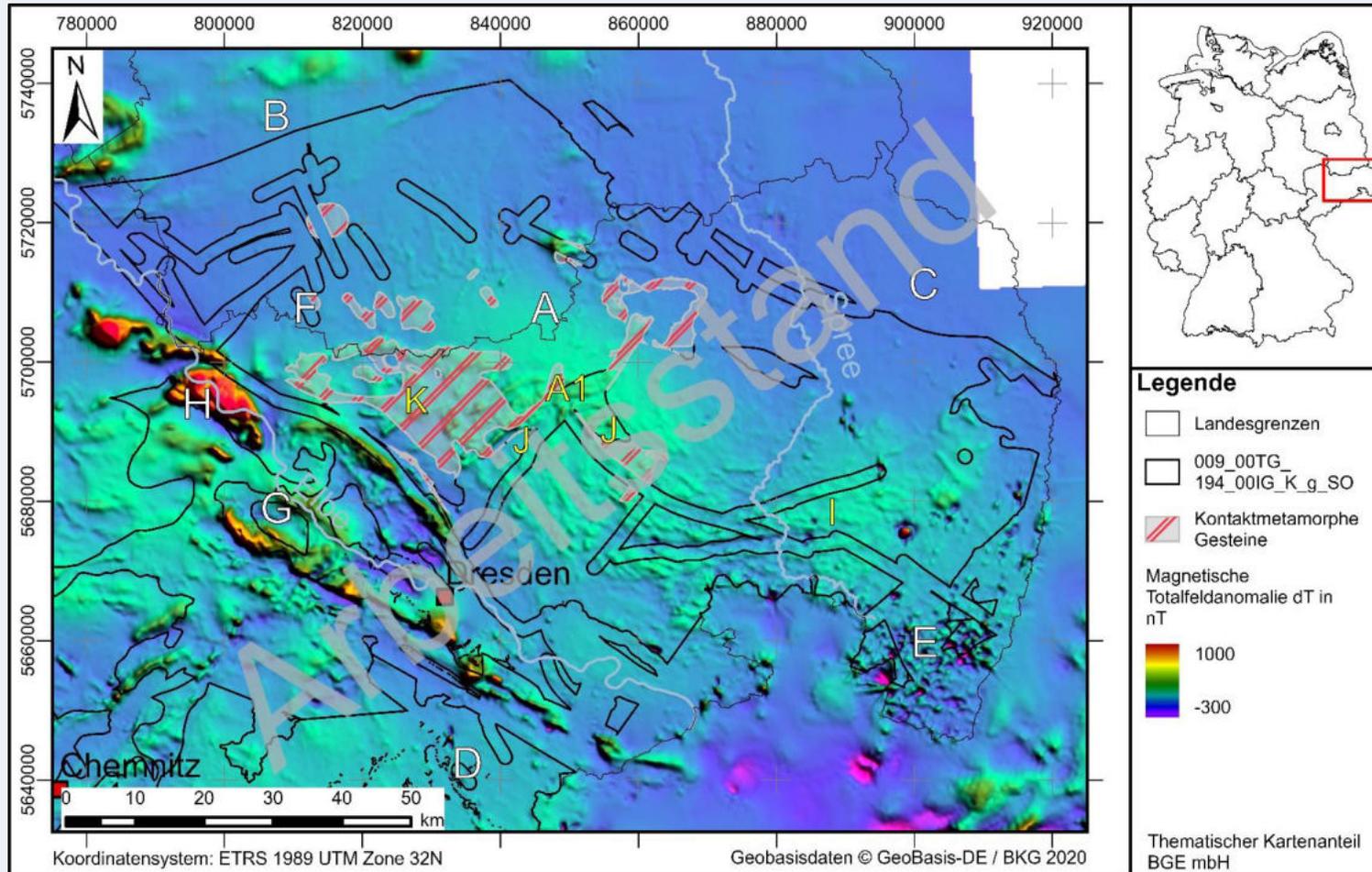


Abbildung 69: Magnetik-Daten im Bereich der GK100 LJK; dargestellt als magnetische Totalfeldanomalie  $\Delta T$  in nT (Datenquelle: VEB Geophysik Leipzig)

Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlager sicherheitsuntersuchungsverordnung										 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
Projekt	PSP-Element	Funktion / Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev	Blatt: 249	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNNAANN	AAAAA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN		
SG	0330				EA	TF	0002	00		

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 256

Durch die integrative Analyse und Bewertung dieser (und ggf. weiterer) Indikatoren sollen die Teilgebiete im Wirtsgestein Steinsalz „in steiler Lagerung“ in Klassen eingeordnet werden, die eine unterschiedliche interne Komplexität erwarten lassen. Die dabei (durch die BGE) anzuwendende Methode soll mit der BGR gemeinsam entwickelt werden und stellt eine Weiterentwicklung der bereits in den InSpEE-Studien (von Goerne et al. 2016; Fleig & Röhling 2020) vorgenommenen Internbaukategorisierung dar. Anhand des entwickelten Vorgehens werden alle Teilgebiete im Wirtsgestein Steinsalz „in steiler Lagerung“ im Rahmen der Geosynthese (nach § 5 EndlSiUntV) hinsichtlich ihres zu erwartenden Internbaus und des Potenzials mächtige homogene Steinsalzbereiche aufzuweisen beschrieben.

### 5.2.5 Indikatoren für die Internbauprognose

Nachfolgend werden einige der Indikatoren, welche für die Entwicklung einer Methode zur Internbauprognose analysiert werden, aufgeführt und kurz beschrieben. Wie die einzelnen Indikatoren gewichtet und zu einer stimmigen Gesamtprognose zusammengeführt werden, ist Gegenstand aktueller Arbeiten.

#### 5.2.5.1 Genese der Salzstruktur (inkl. tektonischer Überprägung) und die Lage innerhalb des Norddeutschen Beckens

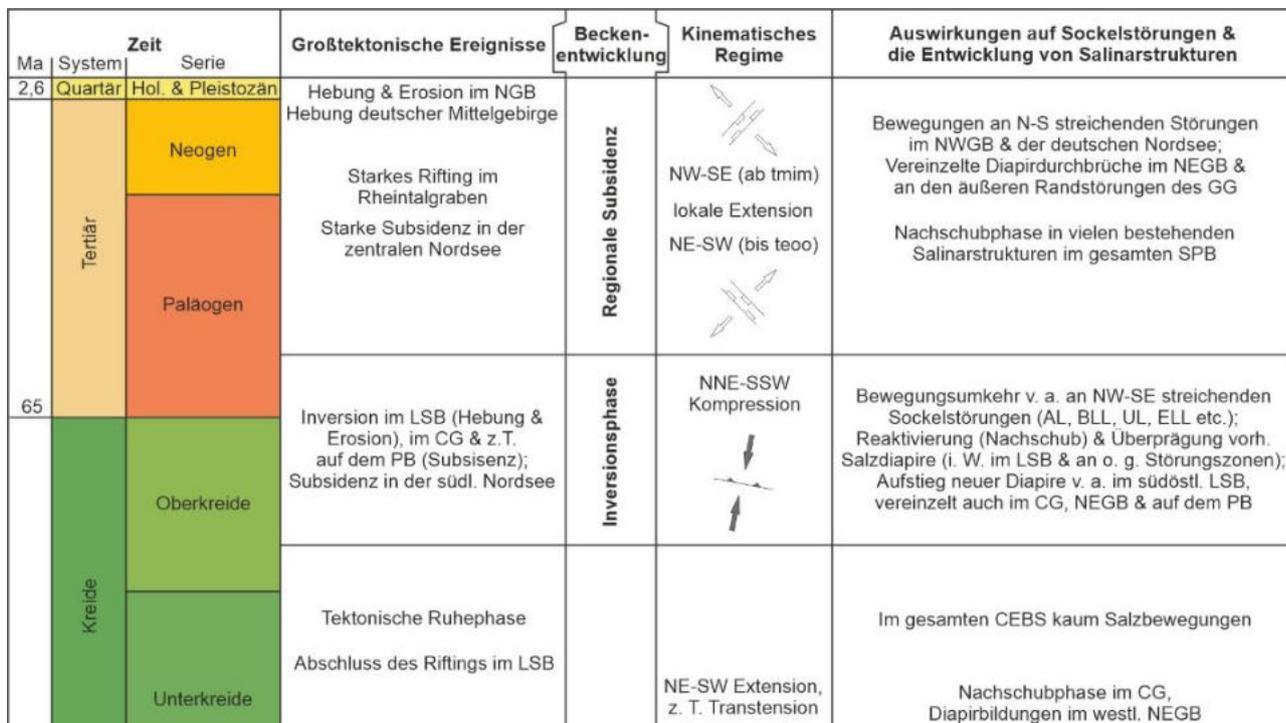
Die Genese der Salzstrukturen ist eng an die Entwicklungsgeschichte des Norddeutschen Beckens gebunden. Die verschiedenen Entwicklungsphasen des Beckens oder Teile dessen (z. B. Rifting-, Einengungs- oder Senkungsphasen) haben einen direkten Einfluss auf die Genese, die äußere Form und wahrscheinlich die inneren Lagerungsverhältnisse der Salzstrukturen (z. B. Jackson & Hudec 2017; Pollok et al. 2020). Beispielsweise werden Bewegungsphasen in Norddeutschland als Auslöser für die Initiierung der Salzbewegungen und für die fortschreitende Genese der Salzstrukturen gesehen (siehe Abbildung 73 und Warsitzka et al. (2019)).

Ziel ist es, die Genese der Salzstrukturen im Kontext mit der parallel stattfindenden Beckenentwicklung zu rekonstruieren. Beispielsweise könnten Regionen mit besonders hoher tektonischer Beanspruchung identifiziert, kartographisch abgebildet und mit den dort befindlichen Salzstrukturen verknüpft werden. Wie die einzelnen Bewegungsphasen die Komplexität des Internbaus der Salzstrukturen beeinflussen, ist Teil der Prognose-Entwicklung.

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 257
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				EA	TF	0002	00	



**Abbildung 73:** Ausschnitt einer zeitbezogenen Zusammenstellung der großtektonischen Ereignisse und Auswirkung unterschiedlich orientierter Stressfelder auf die Beckenentwicklung sowie die Genese von Salzstrukturen in Norddeutschland und der deutschen Nordsee (Auszug aus Pollok et al. 2020).

Abkürzungen: AL: Allertal-Lineament, BGB: Braunschweig-Gifhorn-Bruchzone, BLL: Bremen-Leer-Lineament, CEBS: Zentraleuropäisches Beckensystem, CG: Zentral-Graben, DS: Diapirstadium, EG: Ems-Graben, EL: Ems-Lineament, ELL: Elbe-Lineament, EKL: Emtinghausen-Krautsand-Lineament, GG: Glückstadt-Graben, HG: Horn-Graben, LSB: Niedersächsisches Becken, NEGB: Nordostdeutsches Becken, NWGB: Nordwestdeutsches Becken, NGB: Norddeutsches Becken, PB: Pompeckj-Block, SB: Subherzynes Becken, SPB: Südliches Permbecken, UL: Uelzen-Lineament.

### 5.2.5.2 Strukturaufbauende Ausgangsgesteine

Die Beckenposition (siehe Kapitel 5.2.5.1) beeinflusst auch die Zusammensetzung und Mächtigkeit der Ausgangsgesteine, d. h. der Gesteinsabfolgen, die am Aufstiegsprozess beteiligt waren und in den Salzstrukturen enthalten sind. Somit variieren die Mengenanteile an für die Ausweisung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs geeigneten (Steinsalz) und nicht nutzbaren (z. B. Kalisalz, Anhydrit) Gesteinsabfolgen in der Salzstruktur. Es kann angenommen werden, dass in Räumen mit mächtigen primären Ablagerungen von Steinsalz (500m bis 600 m beckenzentral, Balzer et al. 2020) auch große Mengenanteile Steinsalz in den Salzstrukturen akkumuliert sind.

Ziel für diesen Indikator ist, jene Räume im Norddeutschen Becken zu identifizieren, welche mächtige primäre Steinsalzaablagerungen aufgewiesen haben, und diese mit den existierenden Salzstrukturen zu verknüpfen, z. B. mit Hilfe von paläogeographischen Karten. In Beckenrandlagen ist faziell mit einer Verringerung der primären Steinsalzmächtigkeiten zu rechnen.

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 258

### 5.2.5.3 Größe der Salzstruktur

Vor allem die mächtigen, reinen und gut mobilisierbaren Steinsalzanteile (Steinsalz reagiert unter Druckbelastung plastisch) der primären Ablagerungssequenzen der Zechstein-Gruppe sind an der Strukturbildung beteiligt. Somit wird ein möglicher Zusammenhang zwischen dem Gesamtvolumen einer Salzstruktur und dem Volumen von zusammenhängenden Homogenbereichen von Steinsalz geprüft. Dieser Indikator sagt hingegen wenig darüber aus, wie komplex die aktuellen Lagerungsverhältnisse sind bzw. wie hoch der Grad der Verfaltung von Steinsalz mit z. B. Anhydrit oder Kalisalzen ist.

Daher ist dieser Indikator gekoppelt mit den Indikatoren *strukturaufbauende Ausgangsgesteine* (Kapitel 5.2.5.2) und *Beckenposition* (Kapitel 5.2.5.1) zu betrachten.

### 5.2.5.4 Morphologie der Salzstrukturen

Die Morphologie (äußere Gestalt) von Salzstrukturen wurde bereits im Bericht des AkEnd (2002) als geowissenschaftliches Abwägungskriterium für Steinsalz „in steiler Lagerung“ diskutiert. Basierend auf Erfahrungen aus dem Kavernen- und Bergbau wurde eine Beziehung zwischen der äußeren Form und der Komplexität der internen Verhältnisse hergeleitet, wobei große ovale Strukturen eine geringere Komplexität aufweisen sollen und kleine rundliche bzw. schmale gestreckte Salzstrukturen eine höhere Komplexität. Auch nach Bornemann et al. (2008) bestehen Abhängigkeiten zwischen der äußeren Form der Salzstruktur und der Intensität der internen Verfaltung (Komplexität). Im Rahmen der Erarbeitung einer Internbauprognose wird geprüft, in wie weit dieser phänomenologische Zusammenhang gültig ist und für die Internbauprognose herangezogen werden kann.

## 5.3 Geowissenschaftliche Langzeitprognose – Beschreibung geogener Prozesse

Die geologischen Verhältnisse einer Region sind das Ergebnis des Wirkens einer Vielzahl geologischer Prozesse, die fortwährend mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Intensitäten zur heutigen Gestalt des geologischen Baus einer Region geführt haben. In der geowissenschaftlichen Langzeitprognose werden diese Prozesse als geogene Prozesse zusammengefasst. Sie werden so von den technogenen Prozessen abgegrenzt (siehe Kapitel 1.2.2. und Kapitel 8) und umfassen sowohl endogene Prozesse wie Magmatismus und Tektonik als auch exogene Prozesse wie z. B. glaziale Erosion.

Für die Langzeitsicherheit eines Endlagers werden Standorte bevorzugt, in denen geologische Prozesse die heutigen geologischen Verhältnisse mitsamt ihren sicherheitsrelevanten Eigenschaften über den Nachweiszeitraum der nächsten eine Million Jahre möglichst wenig ändern werden. Als Grundlage dazu wird in der geowissenschaftlichen Langzeitprognose analysiert, welche geologischen Prozesse in der Vergangenheit aufgetreten sind und wie diese voraussichtlich im Bewertungszeitraum von einer Million Jahren in einem Gebiet auftreten werden (Prognose). Dabei liegt der Fokus auf den geogenen Prozessen, die zu einer Änderung von sicherheitsrelevanten Eigenschaften führen können. In den rvSU betrifft dies insbesondere geogene Prozesse, die das Potenzial haben, die Funktionsfähigkeit der geologischen Barriere zu beeinträchtigen. Die geogenen Einwirkungen

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 259

auf das Endlagersystem und deren Auswirkung auf den sicheren Einschluss werden anschließend in der Analyse des Endlagersystems (§ 7 EndlSiUntV) bewertet (siehe Kapitel 8).

In der Bearbeitung wird – auf Grundlage der Kenntnisse über das Auftreten und Wirken des jeweiligen Prozesses in der Vergangenheit und dem Aktualitätsprinzip folgend – in einer Prognose bewertet, ob der Prozess auch in Zukunft auftreten wird. Dies setzt voraus, dass die Ursachen bzw. die geologischen Rahmenbedingungen, die dem Prozess zugrunde liegen, weitgehend bekannt sind und potenziell auftretende Veränderungen im Nachweiszeitraum und die damit verbundenen Änderungen hinsichtlich des Prozesses zu beschreiben sind.

Geowissenschaftliche Langzeitprognosen wurden bisher in der Regel als Bestandteil des Sicherheitsnachweises einzelner Endlagerstandorte durchgeführt (z. B. Mrugalla 2011). Eine geowissenschaftliche Langzeitprognose, die im Rahmen der Standortsuche erstellt wird, fordert einen Ansatz, der eine räumlich differenzierte Betrachtung und Bewertung der geogenen Prozesse erlaubt. In Anbetracht der großen Flächen, die in Schritt 2 der Phase I betrachtet werden, erfolgt die Erstellung und Analyse in einem mehrstufigen Prozess, bei der sich die Detailtiefe der geowissenschaftlichen Langzeitprognose mit abnehmender Größe der zu betrachtenden Fläche im Laufe der Arbeiten kontinuierlich erhöht. Dies bedeutet, dass die relevanten Prozesse zunächst übergeordnet, deutschlandweit oder Untersuchungsraum-übergreifend, beschrieben und analysiert werden, um in der ortsspezifischen Ausprägung der Prozesse in den Geosynthesen des Untersuchungsraums bzw. den spezifischen Geosynthesen der Teiluntersuchungsräume gezielt integriert zu werden.

Die Ergebnisse und Informationen, die im Rahmen der Arbeiten zur geowissenschaftlichen Langzeitprognose entstehen, dienen zum einen als Grundlage für die Analyse des Endlagersystems nach § 7 Abs. 6 EndlSiUntV. Zum anderen kann bei der zielgerichteten Anwendung einzelner Mindestanforderungen und Ausschlusskriterien auf Erkenntnisse aus der geowissenschaftlichen Langzeitprognose, die auf die Nicht-Erfüllung einer Mindestanforderung bzw. auf die Erfüllung eines Ausschlusskriteriums hinweisen, zurückgegriffen werden. Zum Beispiel werden Prozesse wie magmatische und vulkanische Aktivität oder Erosion in der geowissenschaftlichen Langzeitprognose betrachtet, was zur Erfüllung des Ausschlusskriteriums „Vulkanismus“ oder der Nicht-Erfüllung der Mindestanforderung „Erhalt der Barrierewirkung“ führen kann (siehe Kapitel 5.4.4 und 0).

Geowissenschaftliche Prozesse, die im Rahmen der Langzeitprognose betrachtet werden, ergeben sich aus dem IFEP-Katalog der OECD-NEA (Capouet et al. 2019), dessen Umfang auf nicht-technische sowie auf die Erfordernisse der rvSU reduziert wurden (siehe Kapitel 8). Die folgende Liste zeigt eine Auswahl von geogenen Prozessen, die in der geowissenschaftlichen Langzeitprognose berücksichtigt werden (siehe Beispiel 34).

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 260

*Beispiel 34: Auswahl von geogenen Prozessen, die in der geowissenschaftlichen Langzeitprognose berücksichtigt werden*

### Auswahl von geogenen Prozessen, die in der geowissenschaftlichen Langzeitprognose berücksichtigt werden

#### Transgression/Regression

Veränderungen in der Position der Küstenlinie werden als Transgression bezeichnet, wenn sich die Küstenlinie landeinwärts verschiebt, während die entgegengesetzte Verschiebung der Küstenlinie als Regression bezeichnet wird. Verlagerungen der Küstenlinie werden durch unterschiedliche Prozesse hervorgerufen und reichen von eustatischen Meeresspiegelschwankungen bis hin zu Vertikalbewegungen der Lithosphäre oder verstärkter Sedimentation in küstennahen Mündungsbereichen. Als sicherheitsrelevanter Faktor können sich durch Regressions- bzw. Transgressionsprozesse hervorgerufene Änderungen der Spannungszustände ergeben, die durch die Änderung der Auflast durch die Ablagerung von Sedimenten und der Wassersäule selbst entstehen können.

#### Magmatische und vulkanische Aktivität

Magmatismus ist ein Sammelbegriff für alle Vorgänge und Bildungen, die im Zusammenhang mit aus dem Erdmantel oder aus tieferen Bereichen der Erdkruste aufsteigendem Magma stehen. Unter Magmen versteht man nach Murawski & Meyer (2010) Massen teilweise oder vollkommen geschmolzener Silikate mit gelösten Gasen, die – aus der Tiefe aufsteigend – entweder in die Gesteine der Erdkruste eindringen und dort zur Erstarrung kommen (Intrusion) oder bis zur Erdoberfläche gelangen und dort ausfließen (Effusion) oder auch ausgeschleudert werden (Ejektion). Außerdem ist mit dem Magmaaufstieg eine Veränderung der Wärmestromdichte verbunden, wodurch sich das Temperaturfeld im Untergrund verändert und dadurch weitere Prozesse ausgelöst werden können. Dazu gehört z. B. die wärmebedingte Änderung von Gesteinseigenschaften und von Grundwasserfließrichtungen. Unterschieden werden beim Magmatismus intrusive und extrusive Vorgänge, bei denen es sich um in der Tiefe erstarrte oder bis an die Oberfläche vorgedrungene Magmen handelt. Intrusive Bildungen werden als Plutonite und die damit verbundenen Vorgänge als Plutonismus bezeichnet, extrusive als Vulkanite und die entsprechenden Vorgänge als Vulkanismus. Magmatismus wird entlang von Plattengrenzen z. B. bei der Orogenese oder der Grabenbildung beobachtet. Außerdem können auch tief reichende seismisch aktive Schwächezonen das Auftreten von Magmatismus begünstigen.

Die Intrusion von Magmenkörpern hat in dessen Umfeld einen starken Einfluss auf hydrothermale Aktivitäten und Prozesse. Des Weiteren stehen magmatische Intrusionen in der Oberen Kruste häufig im Zentrum hydrothermalen Aktivität. Bei den hydrothermalen Lösungen handelt es sich um Restlösungen aus der auskristallisierten Gesteinsschmelze oder um im Nebengestein vorhandene Lösungen (ursprünglich oberflächennahes Grundwasser, Meerwasser, Formationswässer oder metamorphe Wässer), die durch den Wärmetransport im Umfeld des Magmakörpers erhitzt wurden. Die heiße Intrusion treibt dabei die Konvektion hydrothermalen

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 261

### Auswahl von geogenen Prozessen, die in der geowissenschaftlichen Langzeitprognose berücksichtigt werden

Fluide in den umgebenden Gesteinen an. Durch Wärme- und Massentransport in diesen Systemen können bedeutende Lagerstätten sowie Geothermalressourcen entstehen. Dringen Lösungen mit hohen Temperaturen bis dicht an die Oberfläche, können sie auch in Form von heißen Quellen oder Geysiren austreten. Beispiele dafür finden sich vor allem auf Island und in Deutschland im Bereich der Eifel. Aufgrund des hohen Mineralgehaltes dieser Wässer können durch Wechselwirkungen sowohl lokal die Gesteinseigenschaften des Gebirges als auch die hydrochemischen Verhältnisse in den Gesteinsschichten verändert werden (vgl. dazu auch Mrugalla 2014).

Aufgrund des Ausschlusskriteriums „Vulkanismus“ (§ 22 StandAG) sind alle Gebiete, in denen quartärer Vulkanismus auftrat, im ersten Schritt der Phase I bereits mit einem pauschalen Sicherheitsabstand von 10 km um das Eruptionszentrum ausgeschlossen worden. Tiefergehende Betrachtungen, zum Beispiel auf Grundlage des Forschungsprojektes „Vulkanische Gefährdung in Deutschland“ (Schreiber & Jentzsch 2021), welches angepasste Sicherheitsabstände um aktive Eruptionszentren definiert und die Prognose einer erneuten Aktivität der tertiären Vulkanfelder in Deutschland bewertet, werden im Rahmen der geowissenschaftlichen Langzeitprognose berücksichtigt. Sofern neue Eruptionszentren identifiziert werden, die mit hoher Wahrscheinlichkeit im Nachweiszeitraum als aktiv einzustufen sind, oder weitere Flächen durch den erweiterten Sicherheitsabstand um bestehende Eruptionszentren betroffen sind, wird in den betroffenen Bereichen das Ausschlusskriterium „Vulkanische Aktivität“ als erfüllt angesehen und angewendet. Präquartärer Vulkanismus, dessen Wiederaufleben im Nachweiszeitraum unwahrscheinlich, aber nicht vollständig auszuschließen ist, kann im Rahmen der Arbeiten zur Analyse des Endlagersystems in § 7 EndlSiUntV berücksichtigt werden.

### Diagenese

Diagenese ist die – z. B. durch Druck- und Temperaturänderungen, chemische Lösung sowie Ausfällung – lang- oder kurzfristig ablaufende Umbildung lockerer Sedimente zu festen Sedimentgesteinen (Murawski & Meyer 2010). Diese Verfestigung pelitischer Lockersedimente umfasst i. d. R. die Prozesse Kompaktion inkl. Entwässerung, Zementation, Stoffdiffusion (inkl. Fluidbewegungen), Mineralneu- bzw. -umbildung (Alteration, Authigenese, Verdrängung, Kristallisation), Lösung, Hydratation von Mineralen und bakterielle Aktivitäten. Bei dieser Umbildung ändern sich abhängig vom Sedimenttyp und der Intensität der Diagenese auch Eigenschaften wie Permeabilität, Porosität, Festigkeit und Wärmeleitfähigkeit. Eine einsetzende Diagenese könnte demnach unterschiedlichste sicherheitsrelevante Eigenschaften der Gesteine im Endlagerbereich verändern.

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 262

### Auswahl von geogenen Prozessen, die in der geowissenschaftlichen Langzeitprognose berücksichtigt werden

#### Erosion

Erosionsprozesse können die obere Geosphäre durch lineare oder flächenhafte Abtragung beeinflussen. Abgesehen von Gebieten, die von langanhaltender Subsidenz und Sedimentation geprägt sind, sind alle Regionen Deutschlands in unterschiedlichen Maße von Erosionsprozessen betroffen. Die Intensität der Erosion wird dabei von vielen unterschiedlichen Faktoren gesteuert und ist das Ergebnis der Wechselwirkungen der jeweiligen lokalen und regionalen Ausprägung dieser Faktoren. Maßgeblich sind exogene Einflüsse wie klimatische Faktoren (z. B. Niederschlags- und Temperaturverhältnisse), die Entwicklung und Dynamik des Gewässernetzwerkes (z. B. Stream Piracy), aber auch endogene Faktoren wie großräumige Vertikalbewegungen durch manteldynamische Prozesse sowie tektonische Prozesse. Die Vielzahl an Faktoren mit Einfluss auf das lokale Erosionsgeschehen macht deutlich, dass Informationen über die Ausprägung einzelner Faktoren nur eingeschränkt Rückschlüsse auf die resultierenden Erosionsraten geben können, insbesondere da alle Faktoren miteinander in Wechselwirkung stehen. Daher sind zur Bestimmung des Erosionsgeschehens in der Regel direkte Erosionsratenmessungen, z. B. über Flussterrassen, Sedimentflussfracht oder analytische Methoden wie die Analyse von kosmogenen Nukliden notwendig. Da diese Informationen bisher in Deutschland nur sehr vereinzelt und eingeschränkt vorliegen, ist eine ortsspezifische Bewertung von Erosionsvorgängen und der im Nachweiszeitraum zu erwartenden Gesamterosiionsbeträge bisher nicht flächendeckend möglich. Diese sollen mit einem Forschungsprojekt (BGE 2021f) flächendeckend erhoben werden und unter Berücksichtigung verschiedener zukünftiger Klimaszenarien, eine realistische Abschätzung der zukünftig zu erwartenden Erosionsbeträge hergeleitet werden. Die Ergebnisse können dann je nach lokaler Ausprägung der zu erwartenden Erosionsbeträge, zu einer Nichterfüllung der Mindestanforderung führen. Wenn beispielsweise Hinweise vorliegen, dass Erosionsvorgänge zur Freilegung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs führen, dann erscheint der Erhalt der Barrierewirkung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs zweifelhaft (Mindestanforderung 5, Erhalt der Barrierewirkung) (Kapitel 5.4.4). Dies kann auch durch Dekompaktion und der damit verbundenen Erhöhung der Gebirgsdurchlässigkeit der Wirtsgesteinsformation infolge einer verstärkten Abtragung des Deckgebirges in Kristallin und Tongestein auftreten.

Eine Sonderform der Erosion sind glaziale Rinnen. Diese entstehen durch glaziale Schmelzwässer, die an der Basis des Gletschers in Richtung der Gletscherfront entwässern und sich durch das hohe hydraulische Potenzial tief in den Untergrund einschneiden können. Aufgrund der damit verbundenen hohen Relevanz für die Standortsuche wurden Forschungsprojekte initiiert, die sowohl die Genese von glazialen Rinnen untersuchen als auch die bei zukünftigen Vereisungsphasen zu erwartende ortsabhängige Tiefenwirkung von glazialen Rinnen analysieren (BGE 2021e).

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 263

## Auswahl von geogenen Prozessen, die in der geowissenschaftlichen Langzeitprognose berücksichtigt werden

### Subrosion

Subrosion beschreibt die durch Grundwässer hervorgerufene Ablaugung von wasserlöslichen Gesteinen, was insbesondere leichtlösliche Salzgesteine, aber auch Sulfate und Karbonate betrifft. Verschiedene Faktoren wie die lokalen hydrogeologischen Verhältnissen und der Chemismus des Grundwassers, aber auch klimatische Änderungen und tektonische Prozesse beeinflussen Subrosionsprozesse an Salinalgesteinen. Die mit den Subrosionsvorgängen verbundene Volumenreduzierung, kann entweder direkt auf die Mächtigkeit oder Ausdehnung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs salinärer Wirtsgesteine in flacher oder steiler Lagerung wirken oder indirekt durch die bruchhafte Deformation des überlagernden Deckgebirges. Derartige Deformationsstrukturen werden als atektonische Vorgänge durch das Ausschlusskriterium aktive Störungszonen berücksichtigt.

Die Auswirkungen von Subrosion auf die Barrierewirkung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs und des Deckgebirges eines potenziellen Endlagerstandorts für hochradioaktive Abfälle, sollen in einem Forschungsprojekt untersucht werden. In dem Projekt soll eine systematische Zusammenstellung aller potenziell subrosionsgefährdeten stratigraphischen Einheiten in Deutschland mit einer Einschätzung zur Prognose von Subrosionsvorgängen für die nächsten 1 Million Jahre erfolgen. Weiterhin sollen erwartbare Subrosionsraten an Salzstöcken hergeleitet werden und eine numerische Modellierung der hydrologischen und hydrochemischen Reaktionen, die zur Subrosion führen, erfolgen.

### Salzdiapirismus

Unter Diapirismus wird das Aufdringen von Salzgesteinen aus tiefen Gebirgsbereichen verstanden, bei dem das Deckgebirge durchbrochen wird und steilstehende Salzstrukturen (Salzstöcke oder -mauern) entstehen. Voraussetzungen für diesen Vorgang sind eine ausreichende Mächtigkeit von primär abgelagertem, mobilisierbarem Salzgestein, ein ausreichender Überlagerungsdruck, der von jüngeren Gesteinen mit höherer Dichte erzeugt wird und das Vorhandensein von Schwächezonen im Deckgebirge. In vielen Fällen wurden auch Störungen im präsalinaren Sockel nachgewiesen, deren Bewegungen den Salzaufstieg auslösten.

Durch Salzdiapirismus entstehen – im Falle des Wirtsgesteinstyps Steinsalz „in steiler Lagerung“ und in schwächerer Form auch im Typ Steinsalz „in flacher Lagerung“ – einerseits Auswirkungen im Wirtsgestein durch das Wirtsgestein selbst (der den einschlusswirksamen Gebirgsbereich bildende Salzstock verändert sich durch den Salzdiapirismus selbst). Andererseits können die Auswirkungen von Salzdiapirismus benachbarte nichtsalinare Wirtsgesteine (Tongestein und kristallines Wirtsgestein) hinsichtlich Mächtigkeit, Ausdehnung und Gebirgsdurchlässigkeit beeinträchtigen.

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 264

### 5.4 Beschreibung des Wirtsgesteinsbereichs mit Barrierefunktion in Hinblick auf die zielgerichtete Anwendung der Mindestanforderungen

Ein wichtiger Bestandteil der Geosynthese ist die Beschreibung des Wirtsgesteinsbereiches mit Barrierefunktion, der einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich aufnehmen kann (Endlagersystem Typ 1, siehe auch Kapitel 4.1.3.2). Für das kristalline Wirtsgestein ist darüber hinaus auch ein wesentlich auf technischen oder geotechnischen Barrieren beruhendes Endlagersystem möglich (Endlagersystem Typ 2, siehe auch 4.1.3.2). Ziel ist eine möglichst konsistente Darstellung der geowissenschaftlichen Gegebenheiten, welche z. B. die Mächtigkeit, Raumlage, Lithologie, sowie eine strukturgeologische Beschreibung der jeweiligen Wirtsgesteinsformation beinhaltet. Darauf basierend können für Wirtsgesteinsbereiche mit Barrierefunktion einzelne Mindestanforderungen überprüft werden. Wenn eine dieser Mindestanforderung gemäß § 23 Abs. 5 Nr. 1 bis 5 StandAG nicht erfüllt ist, dann ist das Gebiet nicht als Endlagerstandort geeignet. Hierbei ist anzumerken, dass die Erfüllung der Mindestanforderungen im Schritt 2 der Phase I nur zielgerichtet (siehe Kapitel 1.4.1) und nicht nur im Rahmen der Geosynthese, sondern auch in den nachfolgenden Arbeiten der rvSU geprüft wird.

Für eine der Geosynthese angemessene Beschreibung des Wirtsgesteinsbereiches mit Barrierefunktion sollten nach Möglichkeit gebietspezifische Informationen verwendet werden. Für die geowissenschaftliche Bewertung in Schritt 2 der Phase I ist es stellenweise notwendig, Daten großräumig zu betrachten, um Interpretationen und Modelle zu validieren und zu erstellen. Daher müssen in diesem Schritt des Verfahrens auch Daten einbezogen werden, die sich außerhalb der Untersuchungsräume befinden, sobald eine geowissenschaftliche Relevanz dieser Daten erkennbar ist.

Im Schritt 1 der Phase I wurden im gesamten Bundesgebiet stratigraphische Einheiten inventarisiert, welche über ein potenzielles Wirtsgestein mit Barriereigenschaften verfügen. Auf diese stratigraphischen Einheiten, in welchen alle Gesteinstypen eines bestimmten Zeitabschnitts der Erdgeschichte zusammenfasst sind, wurden die Mindestanforderungen gemäß § 23 Abs. 5 Nr. 1 bis 5 StandAG angewendet. Im Schritt 2 der Phase I wird der Detailgrad grundsätzlich erhöht, indem endlagerrelevante lithologische Einheiten innerhalb der in den Teilgebieten ausgewiesenen stratigraphischen Einheiten identifiziert werden, z. B. einzelne Steinsalz- oder Tongesteinsformationen. Danach können Abfolgen ausgewiesen und bearbeitet werden, die die Ansprüche an die Barrierewirkung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs voraussichtlich erfüllen. Grundlage für die Ausweisung und Anwendung der Mindestanforderungen gemäß lithologischem Ansatz sind die Wirtsgesteinsdefinitionen der drei gemäß § 23 Abs. 1 StandAG für die Endlagerung in Betracht kommenden Wirtsgesteine Steinsalz, Tongestein und Kristallingestein (siehe Definition der Wirtsgesteine, Anhang 6).

Der lithologische Ansatz kann insbesondere bei der Mindestanforderung „Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ (§ 23 Abs. 1 Nr. 2 StandAG) zu einer deutlichen Eingrenzung der Gebiete führen. Im Folgenden wird das Vorgehen und die in Kapitel 1.4.3 angeführte weiterentwickelte Anwendung der Mindestanforderungen im Einzelnen beschrieben. Für die Mindestanforderung „Gebirgsdurchlässigkeit“ (§ 23 Abs. 1 Nr. 1 StandAG) werden ortsspezifische Informationen einbezogen, sofern diese vorliegen. Die Mindestanforderung „Fläche des Endlagers“ (§ 23 Abs. 1

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 265

Nr. 4 StandAG) wird auf Basis der bereits in § 13 StandAG von der BGE verwendeten Werte angewendet und kann unter Berücksichtigung der im Rahmen der Analyse des Endlagersystems ermittelten Flächenbedarfe spezifiziert werden.

### 5.4.1 Mindestanforderung „Mächtigkeit“

Die Mindestanforderung „Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ ist in § 23 Abs. 5 Nr. 2 StandAG definiert: *„der Gebirgsbereich, der den einschlusswirksamen Gebirgsbereich aufnehmen soll, muss mindestens 100 Meter mächtig sein; bei Gesteinskörpern des Wirtsgesteins Kristallin mit geringerer Mächtigkeit kann der Nachweis des sicheren Einschlusses für den betroffenen Gebirgsbereich bei Vorliegen geringer Gebirgsdurchlässigkeit auch über das Zusammenwirken des Wirtsgesteins mit geotechnischen und technischen Barrieren geführt werden; eine Unterteilung in mehrere solcher Gebirgsbereiche innerhalb eines Endlagersystems ist zulässig“.*

Zur Überprüfung der Mindestanforderung „Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ wurden im Schritt 1 der Phase I mindestens 100 m mächtige stratigraphische Einheiten identifiziert, welche die Wirtsgesteine Steinsalz, Tongestein oder kristallines Wirtsgestein in ausreichender Mächtigkeit enthalten könnten. Sofern es die Datenlage oder Analogieschlüsse zulassen, sollen im Schritt 2 der Phase I mindestens 100 m mächtige lithologische Einheiten der Wirtsgesteine Steinsalz, Tongestein oder kristallines Wirtsgestein gemäß der Wirtsgesteinsdefinitionen ausgewiesen werden (siehe Kapitel 5). Das Kriterium wird von heterogenen Schichtfolgen, welche nur kumuliert eine Mächtigkeit über 100 m erreichen, nicht erfüllt (z. B. eine Abfolge aus 50 m Tongestein und 50 m Steinsalz oder eine Abfolge aus 50 m Steinsalz, 10 m Kalisalz und 50 m Steinsalz). Aufgrund von Diskontinuitäten in diesen heterogenen Schichtfolgen, d. h. Schichtgrenzen, welche als potenzielle hydraulische und geomechanische Schwächezonen sowie potenzielle Wegsamkeiten für Fluide infrage kommen, kann ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich nicht mit Sicherheit ausgewiesen werden. Die Mindestanforderung wird daher nur in homogenen und mindestens 100 m mächtigen Gesteinsformationen, die einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich aufnehmen können, erfüllt (vgl. Hoth et al. 2007 für Tongesteinsformationen; Fischer-Appelt et al. 2013 für Steinsalz in steiler Lagerung; und Völkner et al. 2017 für Steinsalz in flacher Lagerung).

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 266

### 5.4.2 Beispiele zur Überprüfung der Mindestanforderung „Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“

Im Folgenden werden Beispielanwendungen für die Mindestanforderung „Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ anhand der GzME „Thüringer Becken“ (Beispiel 35), „Opalinuston“ (Beispiel 36) und „Saxothuringikum“ (Beispiel 37) gezeigt.

*Beispiel 35: Darstellung des Wirtsgesteinsbereiches mit Barrierefunktion und Überprüfung der Mindestanforderung „Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ im GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR)*

#### Beispiel GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR)

Für die erweiterte Anwendung der Mindestanforderung „Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ wird ein Kumulieren der Steinsalz-Mächtigkeiten über mehrere Steinsalz-Formationen hinweg ausgeschlossen. Somit wird nach mindestens 100 m mächtigen Steinsalzhorizonten gesucht, die zu einer spezifischen Steinsalzformation gehören (s. Anhang 6 und Popp (2022)).

Zur Überprüfung der Erfüllung der Mindestanforderung „Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ bezogen auf den Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion wurden die vorliegenden Informationen aus Bohrungen, Mächtigkeitskarten und Profilschnitten für die Steinsalz-Horizonte separat ausgewertet. Mithilfe von Schichtenverzeichnissen der Bohrungen wurde für jede einzelne Formation (Aller-, Leine-, Staßfurt-, Werra-Formation) überprüft, ob eine Mindestmächtigkeit von 100 m Steinsalz zwischen 300 m und 1500 m Tiefe gemäß Wirtsgesteinsdefinition (s. Anhang 6) angetroffen wurde. Das Auftreten von geringmächtigen Zwischenschichten innerhalb einer Steinsalz-Formation und die damit einhergehende Heterogenität der Abfolge wird bei der Bewertung des geowissenschaftlichen Abwägungskriteriums nach Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG (Räumliche Charakterisierbarkeit) berücksichtigt.

Das Aller-Steinsalz erreicht in keiner Bohrung im gesamten Teilgebiet eine Mächtigkeit von 100 m. Im Fall des Leine-Steinsalz erfüllen nur wenige Lokalitäten die Mindestmächtigkeit von 100 m. Da diese Gebiete mit mehr als 100 m mächtigem Leine-Steinsalz kleinräumig sind und ein Vorhandensein von mindestens 100 m mächtigen Steinsalzformationen auch dort nicht zuverlässig gegeben ist, erfüllen sowohl die Steinsalze der Aller-Formation als auch die Steinsalze der Leine-Formation im Thüringer Becken nicht die Mindestanforderung.

Für das Thüringer Becken sind die relevanten Horizonte, die Wirtsgesteinsbereiche mit Barrierefunktion darstellen können, die Steinsalze der Werra- und der Staßfurt-Formation, da diese in vielen Bohrungen Mächtigkeiten von 100 m und mehr aufweisen (Abbildung 74).

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 267

## Beispiel GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR)

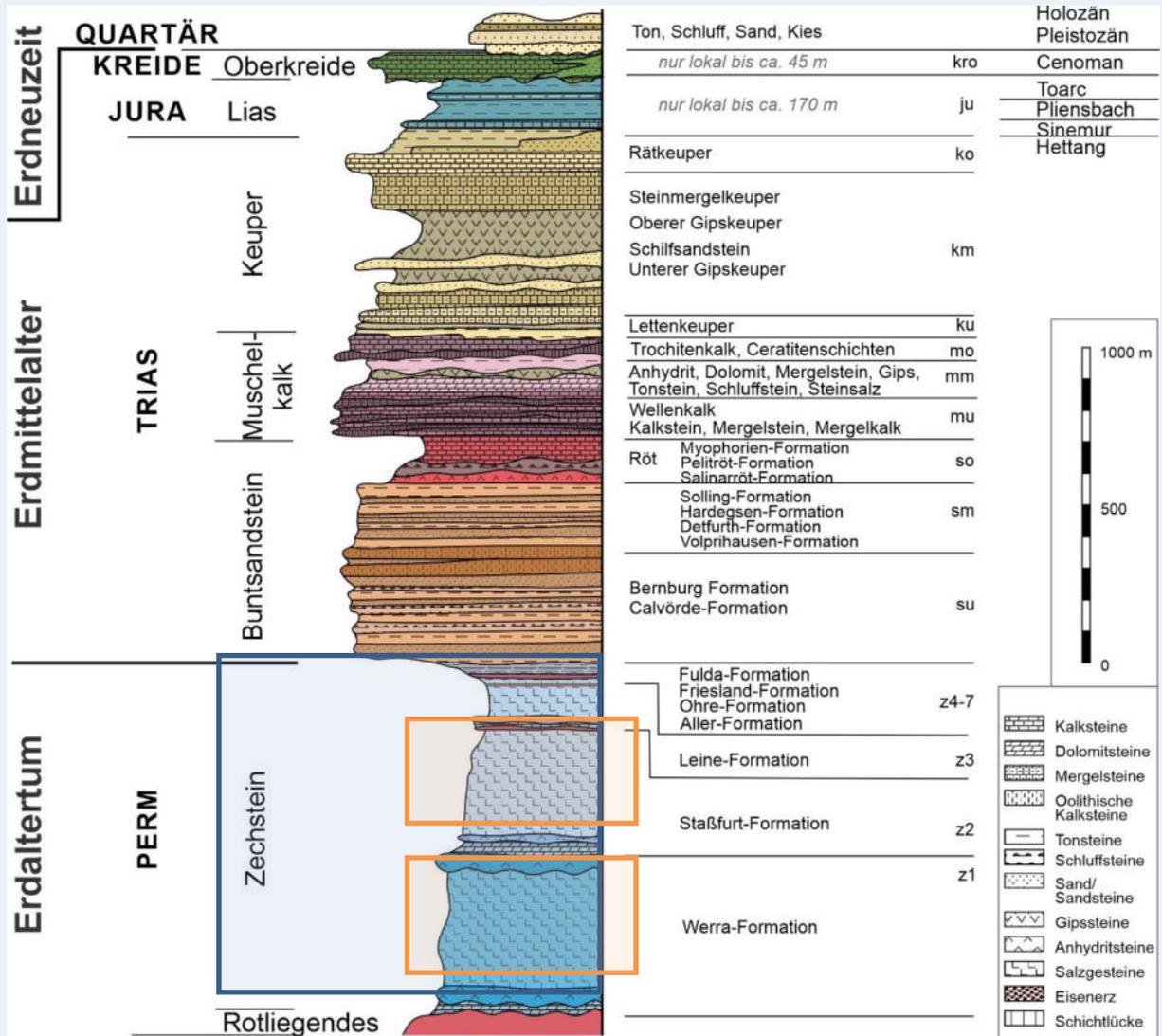


Abbildung 74: Idealisiertes Normalprofil der salinaren und postsalinaren Schichtenfolge im Thüringer Becken (Quelle: BGE). Blau ist der stratigraphische Bereich des Zechstein gekennzeichnet, der für die Ermittlung der Teilgebiete in Schritt 1 der Phase I ausgewiesen wurde. In Schritt 2 erfolgt eine weitere Eingrenzung hinsichtlich der Bearbeitung auf die Wirtsgesteinsbereiche mit Barrierefunktion des Zechstein (orange: Staßfurt-Steinsalz und Werra-Steinsalz).

Das GzME „Thüringer Becken“ wird über die vorliegenden Verbreitungskarten und Mächtigkeitskarten zu Werra- und Staßfurt-Steinsalz eingegrenzt und das vorläufige Ergebnis über die Bohrungsinformationen geprüft.

Für die Werra-Formation wird zur ersten Eingrenzung in Thüringen die 100 m Isopache der Mächtigkeitskarte zum Werra-Steinsalz aus Seidel (2013) verwendet, da diese zum aktuellen

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 268

### Beispiel GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR)

Zeitpunkt die neueste Veröffentlichung darstellt. In Sachsen-Anhalt ist das Werra-Steinsalz laut Mächtigkeitinformationen aus den Schichtenverzeichnissen nicht mächtig genug. Eine weitere Eingrenzung der Teilgebietsfläche wurde anhand der Verbreitungskarte des Werra-Steinsalz im Zechsteinband der Deutschen Stratigraphischen Kommission (2020) an solchen Stellen vollzogen, wo diese noch weiter eingrenzt als die Karte von Seidel (2013).

Die Kartenauswertung zum Staßfurt-Steinsalz beruht auf mehreren Datengrundlagen. Für den Thüringer Teil des GzME „Thüringer Becken“ wird zur Eingrenzung, äquivalent zum Vorgehen beim Werra-Steinsalz, die 100-m-Isopache aus der Mächtigkeitkarte des Staßfurt-Steinsalz von Seidel (2013) verwendet. In Sachsen-Anhalt wird die in Franke (2020; Abb. 12) dargestellte Steinsalz-Verbreitungsgrenze der Staßfurt-Formation zur Eingrenzung verwendet. Außerdem werden Inhalte aus einer Mächtigkeitkarte des Zentralen Geologischen Instituts (1963) einbezogen.

In der „Digitalen Geologischen Karte von Thüringen 1 : 25 000“ (Kartendienst des TLUBN 2022) sind für einige Kartenblätter Profilschnitte enthalten, die den Zechstein insgesamt oder die einzelnen Formationen abbilden. Darin enthalten sind zum Teil auch Mächtigkeitangaben und petrographische Beschreibungen, die mit einbezogen wurden.

Stellenweise wurde außerhalb der Verbreitungsfläche, die durch das erste, oben beschriebene Eingrenzen entstanden ist, das Vorkommen von 100 m mächtigen Steinsalzabfolgen durch Bohrungen nachgewiesen. In solchen Gebieten wird die Verbreitungsfläche dahingehend erweitert, dass diese durch die nächstgelegenen Bohrungen begrenzt wird, die Steinsalz-Mächtigkeiten unter 100 m zeigen.

Durch die Auswertung von Schichtenverzeichnissen, Mächtigkeitkarten und Profilschnitten konnten Bereiche im GzME „Thüringer Becken“ ermittelt werden, in denen die Steinsalz-Horizonte der Werra- und/oder Staßfurt-Formation voraussichtlich über 100 m mächtig sind (Abbildung 75).

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 269

## Beispiel GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR)

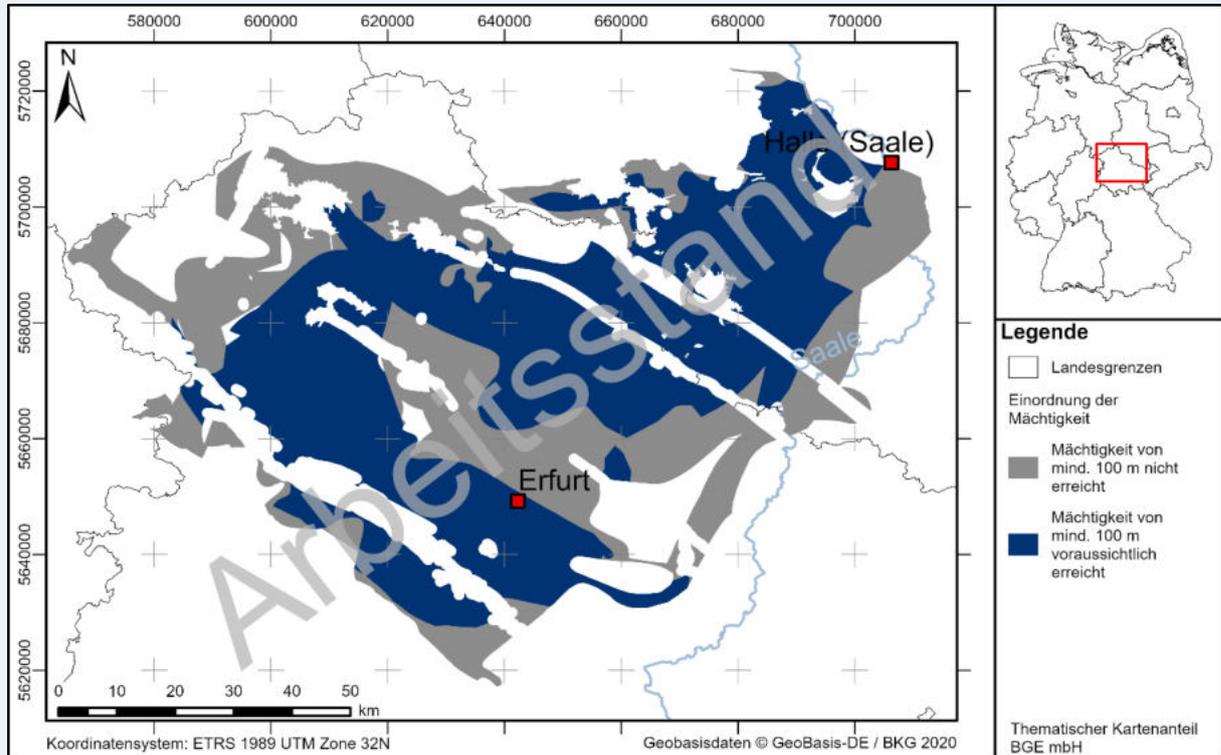


Abbildung 75: Vorläufiges Ergebnis der Überprüfung der Mächtigkeit für die Steinsalz-Horizonte der Werra- und Staßfurt-Formation im GzME „Thüringer Becken“

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 270

Beispiel 36: Darstellung der wesentlichen Barriere im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)

## Beispiel GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)

Zur Ermittlung des Teilgebietes 001\_00TG\_032\_01IG\_T\_f\_jmOPT wurde für die Anwendung der Mindestanforderung die Mächtigkeit des gesamten Mittleren Jura verwendet (vgl. Abbildung 76). Dazu wurden die im geologischen Landesmodell Baden-Württembergs vorhandenen Strukturflächen der Basis des Mitteljura (04\_bjm\_ges) und der Basis des Oberjura (03\_bjo\_ges) genutzt (Rupf & Nitsch 2008). Der Mittlere Jura wurde in der Bearbeitung nicht weiter differenziert. Für die Bearbeitung im bayerischen Teil des Teilgebietes 001\_00TG\_032\_01IG\_T\_f\_jmOPT wurden 2D-Mächtigkeits-Isolinien genutzt (Meyer & Schmidt-Kaler 1996). Die Basis des Opalinuston ist gut ausgewiesen, da sie der Basis des Mittleren Jura entspricht, der Top des Opalinuston fehlt jedoch in den Modellen, daraus resultiert eine Überschätzung der Mächtigkeit des Opalinustons und der ausgewiesenen Teilgebietsfläche.

Für die Bearbeitung im Rahmen von § 14 StandAG wurde daher das 3D-Modell um eine Fläche Top „Opalinuston“ erweitert, um die Mindestanforderung „Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ auf den Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion der Opalinuston-Formation anwenden zu können.

Grundlage der Modellierung der Top-Fläche „Opalinuston“ sind einerseits Flächen bereits existierender Modelle und andererseits Bohrungsmarker aus den Schichtenverzeichnissen der Landesämter. Für den baden-württembergischen Teil des Modells sind die Flächen von der Basis des Muschelkalks bis zur Basis des Tertiärs des Landesmodells Baden-Württembergs sowie Bohrungsmarker des Schichtenverzeichnisses Baden-Württembergs in das vorläufige Ergebnis-Modell eingeflossen (Rupf & Nitsch 2008). Eingangsdaten für den bayerischen Teil des Modells sind die Flächen vom Top Trias bis zur Basis Tertiär des Modells „GeoMol FWM“ sowie Bohrmarker des Schichtenverzeichnisses Bayerns (GeoMol Team 2015).

Das vorläufige Ergebnis-Modell „Opalinuston“ umfasst das Teilgebiet 001\_00TG\_032\_01IG\_T\_f\_jmOPT sowie angrenzende Gebiete in Baden-Württemberg und Bayern und besteht aus acht Strukturflächen:

- Geländeoberfläche
- Basis Tertiär
- Basis Oberjura
- Top Opalinuston
- Basis Mitteljura
- Basis Unterjura

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 271

## Beispiel GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)

- Basis Keuper
- Basis Muschelkalk

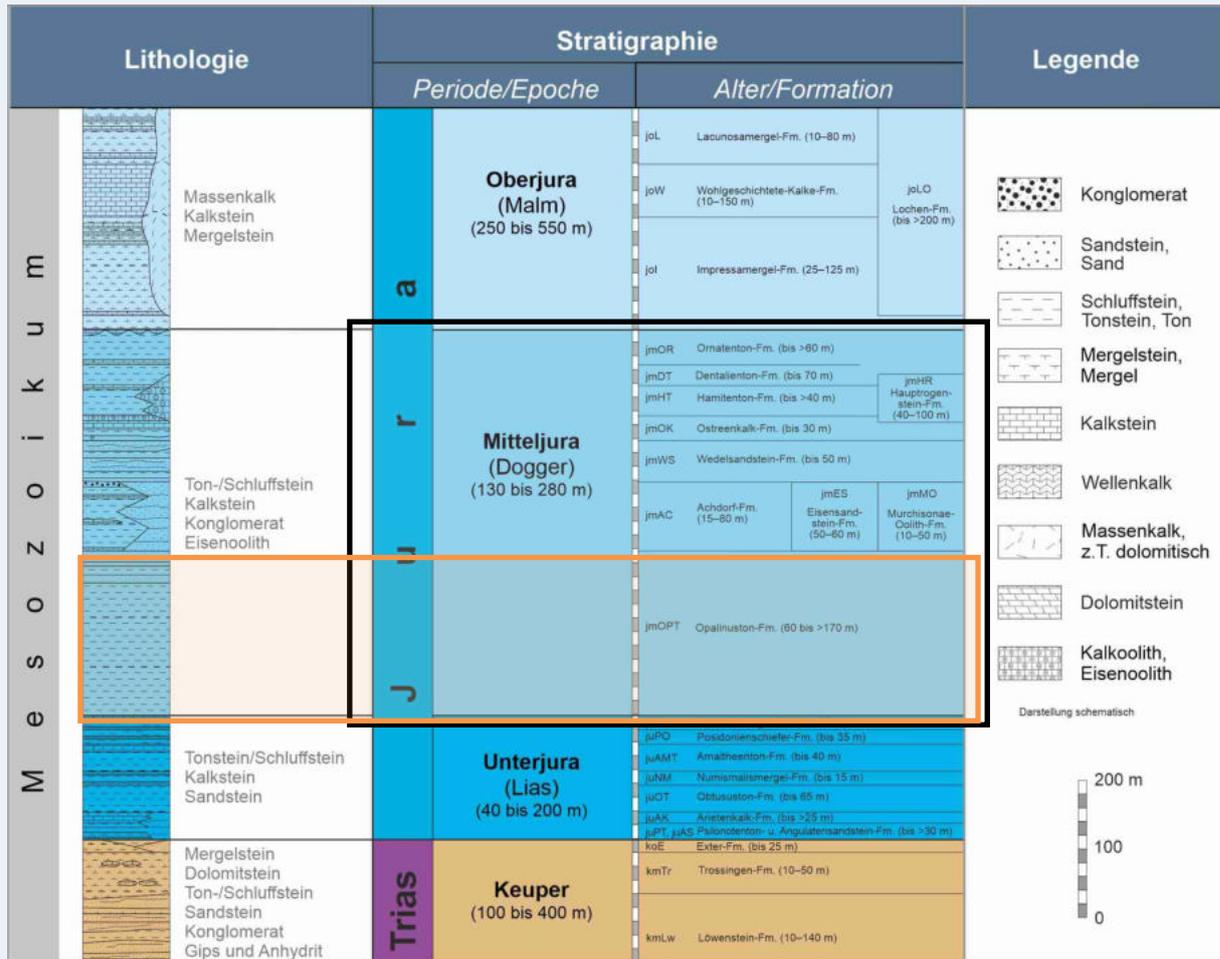


Abbildung 76 Idealisiertes Normalprofil des Mitteljura in Süddeutschland (verändert nach UM BW 2018, Anlage 2.4; und BGE 2020j). Mit einem schwarzen Rahmen ist der stratigraphische Bereich (Mitteljura) gekennzeichnet, der für die Ausweisung der Teilgebiete in Schritt 1 der Phase I ausgewiesen wurde. In Schritt 2 erfolgt eine weitere Eingrenzung hinsichtlich der Bearbeitung auf den Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion des Opalinuston (orangefarbener Rahmen) (BGE 2020j).

Zur Modellierung wurde der „Structure and Stratigraphy“-Workflow von SKUA-GOCAD™ genutzt. Es wurde ein stratigraphisches Gerüst erstellt, bestehend aus dem Mittleren Jura, dem Opalinuston und dem Oberen Jura. Die stratigraphischen Einheiten wurden entsprechende Bohrungsmarker aus den Schichtenverzeichnissen der Bundesländer Bayern und Baden-Württemberg zugewiesen. Dafür wurden die Marker aus den Schichtenverzeichnissen gesich-

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



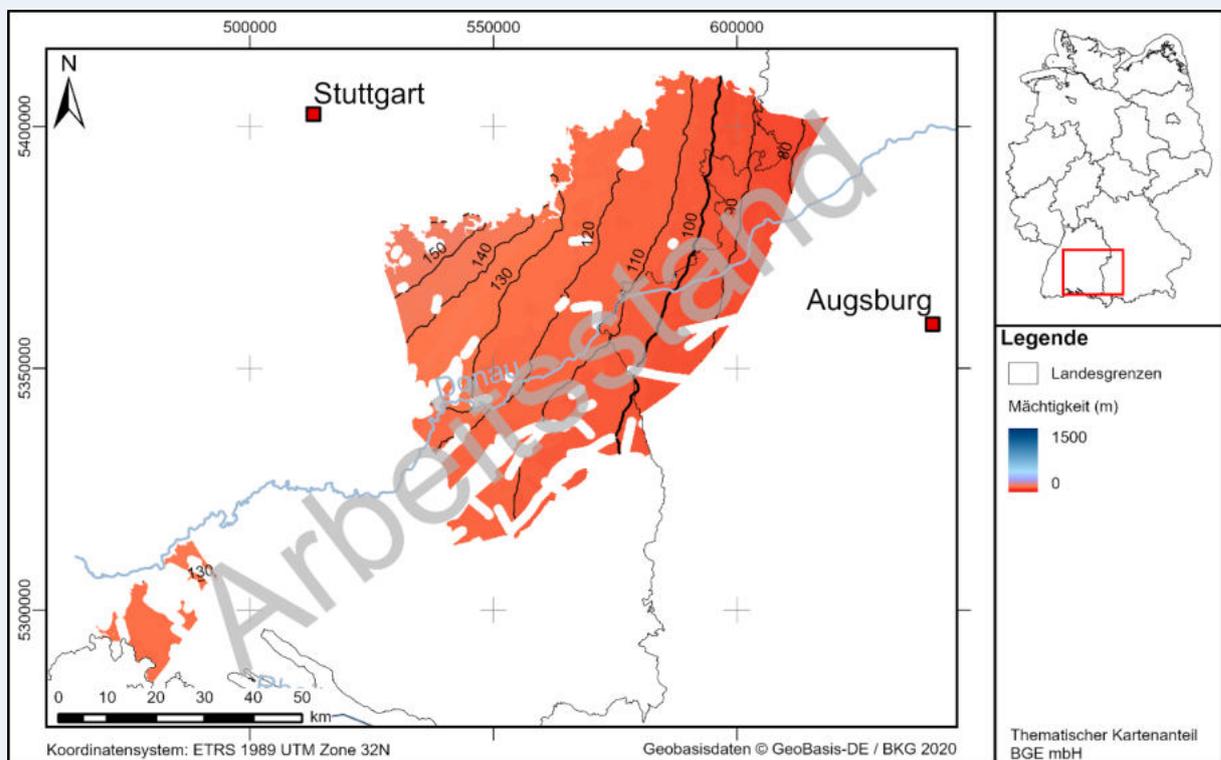
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 272

## Beispiel GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)

tet, harmonisiert und ausgewählt. Bei der anschließenden Modellierung mit dem DSI-Algorithmus („Discrete Smooth Interpolation“) orientiert sich die zu erstellende Fläche an den Bohrungsmarkern aus den Schichtenverzeichnissen und benutzt zur Interpolation der Lücken zwischen diesen Markern Trendinformationen der Basisflächen Ober- und Mitteljura. Die Mächtigkeit der Einheit „Opalinuston“ wird durch den Abstand zum Mittleren Jura berechnet.

Durch die Neumodellierung des Tops Opalinuston konnten Mächtigkeitskarten erstellt werden, die Gebiete ausweisen, innerhalb derer die Mächtigkeit der Opalinuston-Formation größer als 100 m ist (Abbildung 77).



**Abbildung 77:** Vorläufiges Ergebnis der Überprüfung der Mindestanforderung „Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ im GzME „Opalinuston“. Die Konturlinien zeigen Werte gleicher Mächtigkeit und sind mit entsprechenden Werten [m] versehen.

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 273

*Beispiel 37: Darstellung der geologischen Barrieren am Beispiel GzME „Saxothuringikum“ (04\_00UR)*

### Beispiel im GzME „Saxothuringikum“ (04\_00UR)

Zur Bestimmung der Mächtigkeit der kristallinen Wirtsgesteinsformationen im östlichen Bereich des Untersuchungsraumes 04\_00UR\_009\_00TG\_194\_00IG\_K\_g\_SO kann man vor allem aufgrund des Intrusionscharakters der vorherrschenden Plutonite (v. a. Meißener Pluton und Lausitzer Granodiorite) und der Datenlage von sehr mächtigen Plutoniten ausgehen. Die Bohrungsdaten im Bereich des Meißener Plutons und seismische, gravimetrische und magnetische Erkundungsdaten im östlichen Bereich des Teilgebiets 009\_00TG\_194\_00IG\_K\_g\_SO „Saxothuringikum“ legen nahe, dass diese Plutonite z. T. mehrere Kilometer mächtige Batholithe darstellen (Behr et al. 1994).

In Abbildung 78 ist die Mächtigkeit der kristallinen Wirtsgesteinsformationen im östlichen Bereich des Untersuchungsraumes 04\_00UR\_009\_00TG\_194\_00IG\_K\_g\_SO bis in eine Tiefe von 1 500 m u. GOK dargestellt. Bei der Ermittlung der Mächtigkeit und Tiefenlage der kristallinen Wirtsgesteinsformationen standen nur wenige Bohr- oder Aufschlussdaten zur Verfügung. Deshalb dienen die geologische Übersichtskarte GK100 LJK des [Sächsischen Landesamts für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie](#) (LfULG) und die Erläuterungen zu dieser regionalgeologischen Karte als wesentliche Grundlage. Lithologische Einheiten wurden durch Literatur, Bohrdaten und geologischen Übersichtskarten in einem Geoinformationssystem definiert und strukturelle und lithologische Merkmale sowie Gesteinsparameter in Datenbanken und Attributtabelle hinterlegt. Flächen, die in Blau dargestellt sind, erfüllen die Mindestanforderung (§ 23 StandAG) von 100 m Mächtigkeit (Abbildung 78).

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 280

**Beeinflussung der Barriereintegrität durch Erosionsprozesse am Beispiel des GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)**

nach Süden abfallenden Hochplateau der Schwäbischen Alb und dem tieferliegenden Albvorland. Die leicht zu erodierenden Tonsteine und Mergel am Sockel des Albtraufs werden fortschreitend abgetragen, wodurch die überlagernden erosionsresistenten Kalksteine des Oberjura nachbrechen oder -rutschen. Dies hat über längere Zeiträume ein Rückverlagerung der Schichtstufe des Albtraufs in Richtung Südosten zur Folge. Ein bekanntes Ereignis und gleichzeitig Beleg für die Aktivität dieser Vorgänge ist der Bergrutsch von Mössingen im Jahr 1983 (LGRBwissen 2022a).

Für die geowissenschaftliche Langzeitprognose ist die Erosion – und insbesondere der Erosionsprozess der Schichtstufenverlagerung – von besonderer Bedeutung, da dieser Prozess im Nachweiszeitraum weiterhin wirken wird. Durch den fehlenden Schutz der erosionshemmenden Kalksteine des Oberjura im Deckgebirge ist zu erwarten, dass die Opalinuston-Formation im Albvorland freigelegt wird. Für die Bewertung dieses Prozesses ist es daher wichtig zu wissen, mit welcher Geschwindigkeit die Verlagerung der Schichtstufen in der Vergangenheit stattgefunden hat, um abzuschätzen, wie weit der Albtrauf innerhalb des Nachweiszeitraums in Richtung Südosten zurückweichen kann.

Die bisherigen Schätzungen gingen davon aus, dass die Verlagerung des Albtraufs in der Vergangenheit mit ungefähr 1 km pro einer Million Jahre fortgeschritten ist. Diese Angabe basiert jedoch maßgeblich auf der Annahme, dass die Gesteinsbruchstücke in der Schlotfüllung des Scharnhauser Vulkans, der ca. 20 km nördlich der heutigen Position des Albtraufs liegt und vor 15 Millionen Jahren ausgebrochen ist, den Gesteinen des Oberjura zuzuordnen sind, und sich demnach der Albtrauf zum Zeitpunkt des Ausbruchs auf Höhe des Vulkans befand (Branco 1892). Jüngere Untersuchungen stellen diese Alterseinstufung und damit auch die Annahme zur Verlagerung des Albtraufs infrage (Schweigert 2018).

Das Zurückweichen der Schichtstufen in Südwestdeutschland wird daher Bestandteil eines Forschungsprojektes (BGE 2021f), das sich mit Erosionsvorgängen deutschlandweit beschäftigt. Ein Teil des Forschungsprojekts soll reevaluieren und bestimmen, wie weit die Schichtstufenverlagerung im Bewertungszeitraum fortschreiten kann. Der betroffene Bereich des GzME „Opalinuston“ (01\_00UR) kann dann ggf. durch die Nicht-Erfüllung der Mindestanforderung nach § 23 Abs. 5 Nr. 5 StandAG „Erhalt der Barrierewirkung“ eingeordnet werden.

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 281

### 5.5 Zielgerichtete Anwendung der Ausschlusskriterien

Die Ausschlusskriterien gemäß § 22 StandAG werden im Schritt 2 der Phase 1 des Standortauswahlverfahrens in den rvSU zielgerichtet im prozessualen Ablauf angewendet (siehe Kapitel 1.4.1). Zur besseren Übersicht werden die erweiterten Anwendungsmethoden der einzelnen Ausschlusskriterien im Folgenden einzeln vorgestellt und mit Beispielen veranschaulicht. Bei den Ausschlusskriterien „seismische Aktivität“ und „großräumige Vertikalbewegungen“ findet keine weiterentwickelte Anwendung statt. Diese werden nach aktuellem Kenntnisstand in der Bearbeitung im Rahmen des § 14 StandAG als abgeschlossen angesehen.

Zusätzlich zu den weiterentwickelten Anwendungen wird fortlaufend der Kenntnisstand basierend auf dem methodischen Vorgehen von Schritt 1 der Phase 1 aktualisiert, sofern dies Gebiete innerhalb eines Teilgebiets betrifft. Hierbei werden nach fachlicher Prüfung beispielsweise Hinweise aus den Fachstellungnahmen der Staatlichen Geologischen Dienste zum Zwischenbericht Teilgebiete berücksichtigt.

#### 5.5.1 Anwendung des Ausschlusskriteriums Aktive Störungszonen

Das Ausschlusskriterium „Aktive Störungszonen“ berücksichtigt sowohl aktive Störungszonen als auch atektonische Vorgänge.

##### Aktive Störungszonen

Das Ausschlusskriterium „aktive Störungszonen“ ist in § 22 Abs. 2 Nr. 2 StandAG definiert: *„in den Gebirgsbereichen, die als Endlagerbereich in Betracht kommen, einschließlich eines abdeckenden Sicherheitsabstands, sind geologisch aktive Störungszonen vorhanden, die das Endlagersystem und seine Barrieren beeinträchtigen können;*

*Unter einer „aktiven Störungszone“ werden Brüche in den Gesteinsschichten der oberen Erdkruste wie Verwerfungen mit deutlichem Gesteinsversatz sowie ausgedehnte Zerrüttungszonen mit tektonischer Entstehung, an denen nachweislich oder mit großer Wahrscheinlichkeit im Zeitraum Rupel bis heute, also innerhalb der letzten 34 Millionen Jahre, Bewegungen stattgefunden haben. Atektonische beziehungsweise aseismische Vorgänge, also Vorgänge, die nicht aus tektonischen Abläufen abgeleitet werden können oder nicht auf seismische Aktivitäten zurückzuführen sind und die zu ähnlichen Konsequenzen für die Sicherheit eines Endlagers wie tektonische Störungen führen können, sind wie diese zu behandeln“.*

In Schritt 1 Phase I wurden von der BGE drei Ansätze zur Identifizierung von aktiven Störungszonen verfolgt:

- Bewertung der Vorschläge der Bundes- und Landesbehörden zur Aktivitätseinschätzung von Störungszonen,
- Identifizierung von Störungszonen, die Gesteinseinheiten mit einem Maximalalter von 34 Millionen Jahren versetzen und
- Abgrenzung von tektonisch aktiven Großstrukturen.

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 282

In Schritt 2 der Phase I soll der Datensatz mit aktiven Störungszonen aktualisiert werden. Dazu soll eine auf die Untersuchungsräume bezogene erweiterte und auf aktuellen Daten basierende detaillierte Literaturrecherche durchgeführt werden. Zudem soll die Methodik des Ausschlusskriteriums „Aktive Störungszonen“, im Rahmen eines externen Forschungsprojektes (BGE 2021g), in folgender Hinsicht erweitert werden:

- Strukturgeologisch sinnvolle Vervollständigung separater Störungsspuren, die aus der Verschneidung von Störungsspuren mit geologischen Einheiten, die jünger als 34 Millionen Jahre sind, stammen.
- Ermittlung von (Mindest-)Versatzbeträgen der identifizierten aktiven Störungszonen und die damit verbundene Bestimmung der Mächtigkeit des Störungskernes und der Zerrüttungszone.
- Ermittlung der Raumlage und Geometrie von aktiven Störungszonen, die auf Störungsspuren basieren und bisher vertikal ausgeschlossen wurden.
- Identifizierung neuer aktiver Störungszonen durch die Analyse der Topographie anhand von hochauflösenden digitalen Geländemodellen.
- Fachliche Herleitung von Kriterien für die Bestimmung individueller Sicherheitsabstände.

Die Ergebnisse dieses Forschungsprojektes werden in Schritt 2 der Phase I bei den Detailuntersuchungen in den Untersuchungsräumen zur Verfügung stehen und entsprechend angewendet.

### Atektonische Vorgänge

Als atektonische bzw. aseismische Vorgänge werden Gesteinsdeformationen beschrieben, die nicht aus tektonischen Prozessen abgeleitet werden können bzw. nicht auf seismische Aktivitäten zurückzuführen sind, aber zu ähnlichen Konsequenzen für die Sicherheit eines Endlagers wie tektonische Störungszonen führen können. Diese Prozesse sind gemäß § 22 Abs. 2 Nr. 2 StandAG wie aktive Störungszonen zu behandeln. Dazu gehören Deformationsstrukturen wie z. B. Senkungen und Einstürze über Hohlräumen von relativ leicht löslichen Gesteinen (Kalkstein, Gips oder Steinsalz) sowie Deformationen durch Gletscherüberfahrung oder Impaktereignisse (Murawski & Meyer 2010). In Schritt 1 der Phase I wurde für atektonische Vorgänge mit Entstehungs- bzw. Einwirkungstiefen (Impakt) größer als 300 m ein pauschaler Sicherheitsabstand von 1 000 m um das Ereignis, analog zu den tektonischen Störungen, gezogen. Im Schritt 2 der Phase I wird der pauschale Sicherheitsabstand von 1 000 m in den Detailuntersuchungen zu den Teiluntersuchungsräumen überprüft und gegebenenfalls anhand weiterer Informationen erweitert (siehe dazu Beispiel 40). Zusätzlich wird fortlaufend der Kenntnisstand aktualisiert (Beispiel 41). Hierbei werden nach fachlicher Prüfung beispielsweise Hinweise aus den Fachstellungnahmen der Staatlichen Geologischen Dienste berücksichtigt.

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 283

**Beispiel 40:** Ausschlusskriterium „Aktive Störungszonen – Atektonische Vorgänge“ im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)

### Anwendungsbeispiel Impaktkrater Nördlinger Ries im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)

Durch eine Überprüfung des Kenntnisstandes der im Zwischenbericht Teilgebiete verwendeten Informationen zum Ausschlusskriterium „Aktive Störungszonen – Atektonische Vorgänge“ ergab sich die Notwendigkeit der Anpassung des ausgeschlossenen Gebietes im Raum des Impaktkraters Nördlinger Ries. Dieses begrenzt im Süden das GzME „Opalinuston“ (Abbildung 81).

Im Schritt 1 der Phase I des Standortauswahlverfahrens hat die BGE, da keine Daten zu den Impaktereignissen Nördlinger Ries und Steinheimer Becken von den Staatlichen Geologischen Diensten an die BGE übermittelt wurden, mit Hilfe von Geologischen Karten ein Polygon für den Kraterrand des Nördlinger Ries erstellt. Dazu wurde die Linie „Rieskraterrand“ aus der Hydrogeologischen Karte von Bayern im Maßstab 1 : 100 000 (Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) 2019) vektorisiert und in Baden-Württemberg mit den Umrissen der Einheit „Riessee-Formation“ ergänzt (BGE 2020h).

In der Fachlichen Stellungnahme des Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) im Regierungspräsidium Freiburg zum Zwischenbericht Teilgebiete (LGRB 2021, S. 10) findet sich folgender Hinweis zum Verlauf des Kraterrandes des Nördlinger Ries:

*„Im Zwischenbericht Teilgebiete wurde für Impaktkrater ein Sicherheitsabstand von einem Kilometer um diese Abgrenzung gewählt, um den zerrütteten Bereich festzulegen. Dies scheint dem LGRB für das Nördlinger Ries als zu gering angesetzt. Von Hüttner u. Mitarb. (1980: Geologisches Jahrbuch, E 19) wurde gezeigt, dass der tektonische Kraterrand teilweise zwei Kilometer außerhalb des geomorphologischen Kraterrandes liegt, d. h. dass der Gesteinsverband auch in mehr als einem Kilometer Entfernung zum kartierten Kraterrand durch das Ereignis gestört wurde. Die Verbreitung von Auswurfmassen (Bunte Breckie) als Hinweis für die laterale Beeinflussung des Gesteinsverbands ist ein deutlicher Indikator und sollte in zukünftigen Verfahrensschritten einbezogen werden.“*

Als morphologischen Kraterrand bezeichnet man den Bereich, ab dem der Abfall von autochthonem Vorland in den Krater hinein einsetzt (Hüttner et al. 1980). Gall et al. (1977) sowie Hüttner et al. (1980) definieren einen „strukturellen“ Kraterrand als die Grenze zwischen dem Gebiet, in dem noch vertikale Verschiebungen stattgefunden haben, und dem anschließenden ungestörten Bereich. Die BGE stimmt dem Hinweis des LGRB (LGRB 2021) zu, dass der „strukturelle“ Kraterrand die Grenze der lateralen Beeinflussung des Gesteinsverbands darstellt und somit als Begrenzung der atektonischen Struktur des Nördlinger Ries genutzt werden sollte.

Der morphologische Kraterrand des Nördlinger Ries wurde im Südwesten, Süden und Osten mittels geelektrischer Messverfahren kartiert und interpretiert (Hüttner et al. 1980). Hüttner et

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung

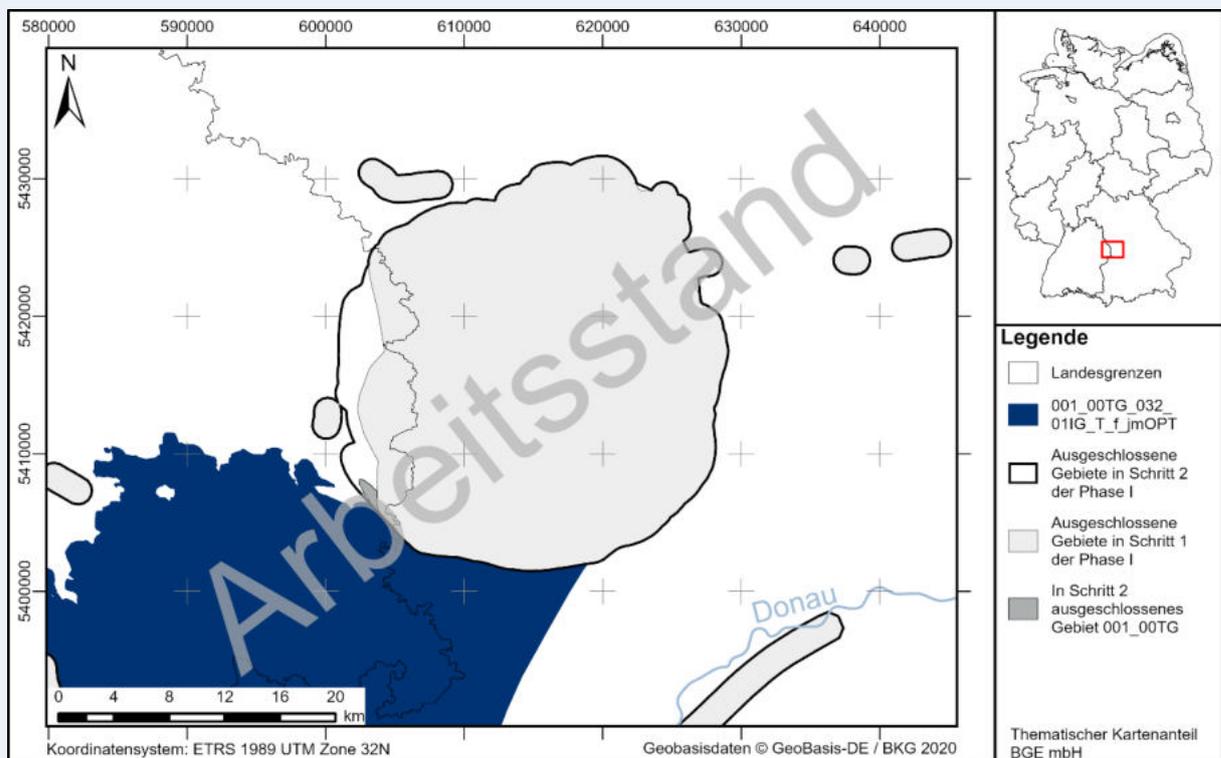
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 284

## Anwendungsbeispiel Impaktkrater Nördlinger Ries im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)

al. (1980) konnten für den südlichen Kraterrand feststellen, dass der Verlauf des Kraterrandes überwiegend morphologisch und nur stellenweise strukturell bestimmt ist. An der westlichen und nördlichen Begrenzung des Nördlinger Ries ergeben sich hingegen erosionsbedingt große Diskrepanzen zwischen dem Verlauf des strukturellen und des morphologischen Kraterrandes, sodass der strukturelle Kraterrand zwischen 2 km und 3 km nach außen verschoben ist. Da das Nördlinger Ries mit seinem südlichen Verlauf des Kraterrandes das GzME „Opalinuston“ begrenzt und in diesem Bereich der strukturelle und morphologische Kraterrand lokal nicht übereinstimmen, wurde der Rieskraterrand gemäß Hüttner et al. (1980) neu vektorisiert. Um dieses Polygon wurde der in Schritt 1 der Phase I definierte Sicherheitsabstand von 1 000 m um den atektonischen Vorgang angelegt und die sich ergebende Fläche in alle endlagerelevanten Tiefen projiziert. Das resultierende Volumen ergibt das ausgeschlossene Gebiet.

Das durch die erweiterte Anwendung des Ausschlusskriteriums entstandene ausgeschlossene Gebiet ist in Abbildung 81 dargestellt. Der aus dem Standortauswahlverfahren ausgeschiedene Teil des GzME „Opalinuston“ ist in Grau markiert.



**Abbildung 81:** *Ausgeschlossenes Gebiet durch das Ausschlusskriterium „Aktive Störungszonen – Atektonische Störungen“ im Bereich des Impaktkraters Nördlinger Ries in Schritt 2 der Phase I. Das ausgeschlossene Gebiet begrenzt im Süden das GzME „Opalinuston“. Ein in Grau dargestellter Bereich des GzME „Opalinuston“ befindet sich im ausgeschlossenen Gebiet.*

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 285

*Beispiel 41: Ausschlusskriterium „Aktive Störungszonen – Atektonische Vorgänge“ – im GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR)*

### **Aktualisierung des Kenntnisstandes zu atektonischen Störungszonen im GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR)**

Durch eine Überprüfung und Aktualisierung des Kenntnisstandes der im Zwischenbericht Teilgebiete verwendeten Informationen zum Ausschlusskriterium „Aktive Störungszonen – Atektonische Vorgänge“ – ergab sich die Notwendigkeit der Erweiterung der Anzahl der ausgeschlossenen Gebiete im Thüringer Becken. In der fachlichen Stellungnahme des TLUBN (2021, S. 26f.) 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 atektonische Vorgänge zu definieren, die anschließend analog zu Schritt 1 Phase I zu ausgeschlossenen Gebieten führen.

Für atektonische Vorgänge, die auf Senkungen oder Einstürze über Lösungshohlräumen zurückgehen, wird innerhalb der Teilgebiete eine individuelle Bestimmung des Entstehungshorizonts und/oder -tiefe durchgeführt. Dabei sollen die atektonischen Vorgänge identifiziert werden, die einen Entstehungshorizont im Zechstein mit einer Entstehungstiefe von mindestens 300 m haben, da diese einen direkten Einfluss auf den endlagerrelevanten Tiefenbereich innerhalb des Wirtsgesteins ausüben können. Den atektonischen Vorgängen, die einen Entstehungshorizont im Deckgebirge aufweisen, kann zunächst kein direkter Einfluss auf die stratigraphische Einheit Zechstein nachgewiesen werden, sodass diese bei der Bewertung der langfristigen Stabilität der geologischen Verhältnisse weiter betrachtet werden.

Dabei wurden für die Ermittlung des Entstehungshorizontes im Zechstein im Bereich des Thüringer Beckens geologische Karten verwendet. Mithilfe der Karten kann auf einen möglichen Entstehungshorizont innerhalb der stratigraphischen Einheit des Zechstein geschlossen werden, wenn sich die Objekte an der Geländeoberfläche innerhalb einer Stratigraphie mit unlöslichen Gesteinen befinden und die nächstältere stratigraphische Einheit diejenige ist, die lösliche Gesteine des Zechstein enthält. Im Thüringer Becken bestehen die Abfolgen des Mittleren und Unteren Buntsandstein dominant aus Abfolgen von Sand- und Tonstein. Befindet sich ein atektonischer Vorgang innerhalb oberflächennah anstehender Gesteine des Mittleren und Unteren Buntsandstein, kann demnach nur der Zechstein mit auslaugungsfähigen Gesteinen als Entstehungshorizont infrage kommen.

Die Tiefen der atektonischen Vorgänge, denen ein Entstehungshorizont im Zechstein zugeordnet werden konnte, werden mithilfe von Schichtenverzeichnissen von Bohrungen bestimmt. Die Tiefenbestimmung erfolgt jeweils über die Information des Tops der stratigraphischen Einheit Zechstein. Die Tiefen der atektonischen Vorgänge, bei denen bereits ein Entstehungshorizont angegeben war, werden über die Tiefe des Tops der angegebenen lithostratigraphischen Einheit ermittelt.

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung

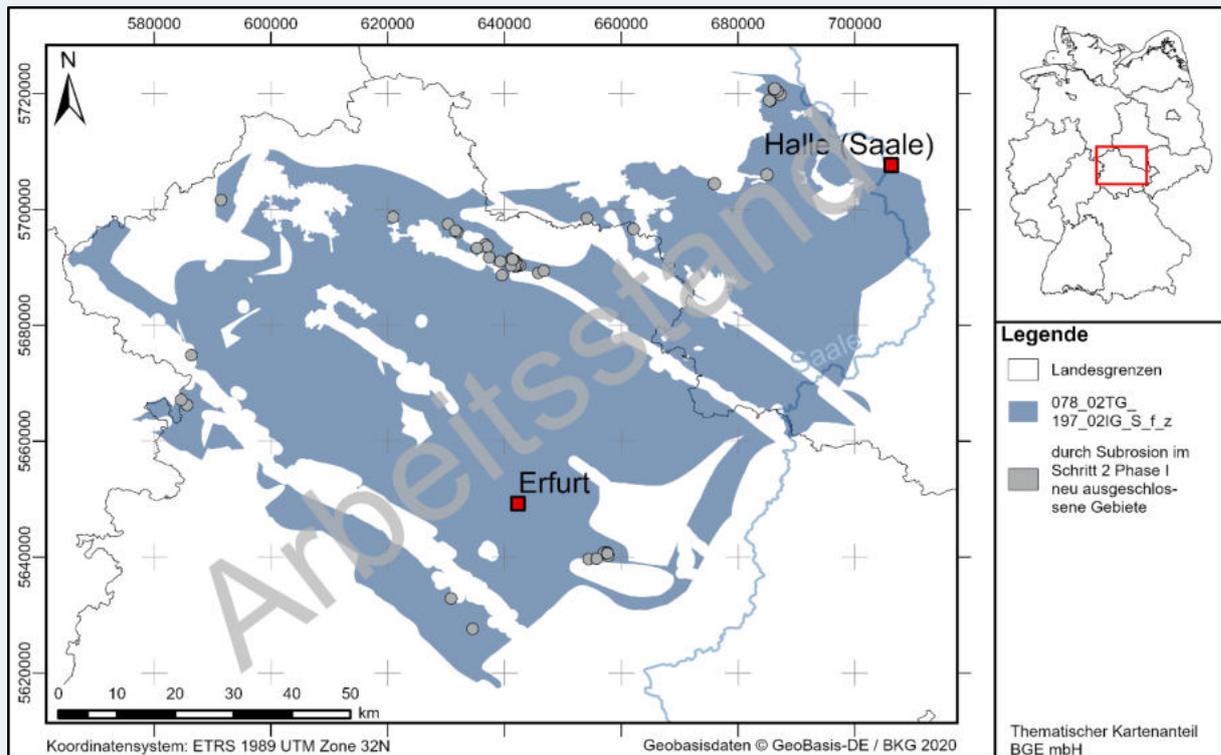


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 286

## Aktualisierung des Kenntnisstandes zu atektonischen Störungszonen im GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR)

Bereiche, in denen relevante Subrosionserscheinungen auf die beschriebene Weise nachgewiesen wurden, wurden analog zu Schritt 1 Phase I mit einem Sicherheitsabstand von 1 000 m versehen (BGE 2020h) (Abbildung 82).



**Abbildung 82:** *Erweiterte Anwendung des Ausschlusskriteriums „Aktive Störungszonen – Atektonische Vorgänge“ im GzME „Thüringer Becken“. Anhand der erneuten Anwendung im Schritt 2 der Phase I wurden weitere Gebiete mit Subrosionserscheinungen identifiziert.*

Des Weiteren werden Subrosionserscheinungen auch bei der Betrachtung der zu erwartenden und abweichenden Entwicklungen überprüft (vgl. Kapitel 8). Die neuen ausgeschlossenen Gebiete der atektonischen Vorgänge im Thüringer Becken werden im Rahmen der umfassenden Bewertung (§ 10 EndlSiUntV) in Kategorie D eingeordnet (vgl. Kapitel 7).

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 287

### 5.5.2 Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit

Das Ausschlusskriterium „Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit“ ist in § 22 Abs. 2 Nr. 3 StandAG definiert: *„das Gebirge ist durch gegenwärtige oder frühere bergbauliche Tätigkeit so geschädigt, dass daraus negative Einflüsse auf den Spannungszustand und die Permeabilität des Gebirges im Bereich eines vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs oder vorgesehenen Endlagerbereichs zu besorgen sind; vorhandene alte Bohrungen dürfen die Barrieren eines Endlagers, die den sicheren Einschluss gewährleisten, in ihrer Einschlussfunktion nachweislich nicht beeinträchtigen“.*

Ziel ist es, alle Bohrungen und Bergwerke, die sich innerhalb eines besonders geeigneten Gebietes befinden, mit Hilfe einer weiterentwickelten Anwendungsmethode in Hinblick auf eine individuelle Abschätzung der Gebirgsschädigung um das jeweilige Bergbauobjekt zu bewerten. Dieser Arbeitsschritt erfordert durch die Bewertung individueller Objekte einen sehr hohen Detaillierungsgrad. Die Entscheidung, ob eine Bohrung oder Bergwerk individuell bewertet wird, fällt situativ, sobald festgestellt wird, dass dies relevant für die sicherheitsgerichtete Bewertung eines Gebietes ist.

#### Bohrungen

Im Schritt 1 der Phase I wurde ein pauschaler Sicherheitsabstand von 25 m um den Bohrfad angewendet. Insgesamt wurden 48.549 Bohrungen im endlagerrelevanten Tiefenbereich (größer als 275 m u. GOK) ausgeschlossen. Ziel von Schritt 2 der Phase I ist eine weiterentwickelte Anwendungsmethodik für das Ausschlusskriterium „Bohrungen“. Hierzu werden aktuell relevante Kriterien zur Abschätzung der Gebirgsschädigung um Bohrungen erarbeitet, z. B. im Zusammenhang mit Nutzungsart, Bohrrart, Spülungsverlust und Lagegenauigkeit. Anhand einer qualitativen Klassifizierungsmethode, die eine Einordnung hinsichtlich der potenziellen Gebirgsschädigung gemäß dieser Kriterien erlaubt, wird ein individueller Sicherheitsabstand für eine Bohrung ermittelt. Dieser kann dann im Rahmen einer Einzelfallprüfung differenziert angewendet werden. Zusätzlich kann es erforderlich sein, für Bohrungscluster (z. B. Produktionsbohrungen in einem Erdgasfeld) eine gesammelte Betrachtung mehrerer Objekte durchzuführen (z. B. durch numerische Modellierung zur Ableitung der Gebirgsschädigung).

#### Bergwerke

In Schritt 1 der Phase I wurden sogenannte Beeinflussungsbereiche um Bergwerke ausgeschlossen. Hier wurden zwei Informationsquellen verwendet:

- durch die Bergbehörden ausgewiesene Beeinflussungsbereiche;
- durch die BGE abgeschätzte Beeinflussungsbereiche.

Für die Ermittlung der Ausschlussflächen wurde zunächst anhand von digitalen Risswerken die laterale Erstreckung des Bergwerks an die Oberfläche projiziert. Zur Abschätzung eines Beeinflussungsbereichs wurde in Anlehnung an die bundesweit gültige Einwirkungsbereichs-Bergverordnung (EinwirkungsBergV) ein sogenannter Grenzwinkel ermittelt. Innerhalb des daraus resultierenden trichterförmigen Gebildes ist eine Gebirgsschädigung zu erwarten. Der Beeinflussungsbereich ergibt

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 288

sich aus der Schnittstelle des Grenzwinkels mit der Tagesoberfläche. Jedoch können der Spannungszustand sowie die hydraulischen Eigenschaften auch jenseits des Grenzwinkels durch die bergbauliche Tätigkeit negativ verändert worden sein. Die Ausweisung von Beeinflussungsbereichen auf Basis des steilsten Grenzwinkels nach der EinwirkungsBergV in Schritt 1 der Phase I ist nur als eine erste Näherung und als kleinstmöglich anzunehmender Ausschlussbereich zu verstehen.

Im Schritt 2 der Phase 1 werden zunächst die „vorgemerkten bergbaulichen Tätigkeiten“ aus dem Zwischenbericht Teilgebiete (BGE 2020h) adressiert. Durch eine Vervollständigung der Datenbasis ergeben sich erweiterte oder zusätzliche ausgeschlossene Gebiete im Sinne des § 22 Abs. 2 Nr. 3 StandAG (siehe Beispiel 42: Vervollständigung der Datengrundlage zum Ausschlusskriterium „Bergwerke“).

Darüber hinaus soll im Schritt 2 der Phase I die Anwendungsmethodik für das Ausschlusskriterium „Bergwerke“ weiterentwickelt werden. Ziel ist eine Methode, durch die eine individuelle Bestimmung eines Sicherheitsabstandes um Bergwerke möglich ist. Unter Einbezug unterschiedlicher Quellen soll dieser durch Bergwerke verursachte negative Beeinflussungsbereich abgeleitet werden. Dieser Sicherheitsabstand ermöglicht im Sinne einer belastbaren, robusten Sicherheitsaussage, dass keine negativen Einflüsse gemäß § 22 Abs. 2 Nr. 3 StandAG auf das Gebirge vorliegen.

Das grundlegende Prinzip der weiterentwickelten Vorgehensweise ist, dass sich die Wahl der Methode an der Art des Bergbaus, dem Betriebsstatus und der primären Ursache der Schädigungen des Gebirges orientieren soll. Dazu werden die Bergwerke hinsichtlich

- ihrer Art (z. B. Steinkohle/Tiefbau, Kali-Steinsalz, Kavernenspeicher, Untertagedeponie, Untertageversatz, Endlager, Pumpspeicherkraftwerke, sonstiger Tiefbau etc.) und
- ihrem Betriebsstatus (z. B. aktiv, in Verwahrung befindlich, geflutet oder versetzt etc.) klassifiziert.

Unterschieden werden ferner die Ursachen für die Schädigungen, wie z. B. Verformungen infolge der Auffahrung von untertägigen Hohlräumen, Entwässerung bzw. (ewige) Wasserhaltungen, Einflüsse der Auffahrungstechnik, thermische Einflüsse etc. Zur Ermittlung der räumlichen Ausdehnung der negativen Einflüsse im Sinne des § 22 Abs. 2 Nr. 3 StandAG werden in Abhängigkeit der Bergwerksarten und Kriterien zusätzlich zur Grubenraumumhüllenden mit Grenzwinkel (in Anlehnung an die EinwirkungsBergV) aus dem Zwischenbericht Teilgebiete (BGE 2020g) weitere Methoden definiert. Die allgemeine Vorgehensweise beinhaltet die Auswertung von Genehmigungsunterlagen, Berechtigungen (Bergbauberechtigungen), Messdaten aus Monitoring, Grubenraumumhüllenden mit Grenzwinkeln, analytischen und ggf. numerischen Untersuchungen. Die allgemeine Vorgehensweise zur Ermittlung des negativen Beeinflussungsbereichs wird so strukturiert, dass die Methoden nacheinander angewendet werden. Dabei fließen die Erkenntnisse der vorangegangenen Methoden in die nachfolgenden ein. Aus der allgemeinen Vorgehensweise werden die Methoden anhand der Bergwerksarten, dem Betriebsstatus und den Ursachen für negative Einflüsse gemäß § 22 Abs. 2 Nr. 3 StandAG auf das Gebirge selektiert. Damit steht für jede Kombination aus Bergwerksart und Ursache für Schädigungen eine Auswahl an Methoden zur Verfügung, um möglichst abdeckend die

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 289

räumliche Ausdehnung der negativen Einflüsse eines Bergwerks auf das Gebirge zu definieren. Bei Berücksichtigung standortspezifischer bergbaulicher, geologischer und hydrogeologischer Randbedingungen werden die Methoden zunehmend komplexer.

Das Ziel ist es für ein spezifisches Bergwerk die räumliche Ausdehnung der negativen Einflüsse im Sinne des § 22 Abs. 2 Nr. 3 StandAG auf Basis von vorhandenen Informationen zu ermitteln. Sind diese Informationen nicht ausreichend, muss der Einflussbereich unter Verwendung der vorher gewonnenen Informationen mittels Berechnungen (Grubenraumumhüllende, analytisch oder numerisch) ermittelt werden.

*Beispiel 42: Vervollständigung der Datengrundlage zum Ausschlusskriterium „Bergwerke“*

### **Aktualisierung des Kenntnisstandes im GzME „Thüringer Becken“ - Vervollständigung der Datengrundlage zum Ausschlusskriterium „Bergwerke“**

Durch eine Überprüfung und Aktualisierung des Kenntnisstandes der im Zwischenbericht Teilgebiete verwendeten Informationen zum Ausschlusskriterium „Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit – Bergwerke“ ergab sich die Notwendigkeit der Erweiterung der Anzahl der durch bergbauliche Tätigkeiten ausgeschlossenen Gebiete.

Im Schritt 1 der Phase I des Standortauswahlverfahrens wurden für § 22 Abs. 2 Nr. 3 StandAG „Bergwerke“ Objekte als „vorgemerkte bergbauliche Tätigkeiten“ deklariert. Der BGE lagen zu diesen Objekten für den Zwischenbericht Teilgebiete zwar Hinweise auf bergbauliche Tätigkeiten vor, deren Informationsgehalt hat jedoch keine Anwendung der Methode zur Ausweisung von Beeinflussungsbereichen erlaubt. Diese vorgemerkten bergbaulichen Tätigkeiten haben somit bisher nicht zu ausgeschlossenen Gebieten geführt. Im Bundesland Thüringen wurden neun Objekte im Zwischenbericht Teilgebiete als vorgemerkt definiert. Nach BGE (2020h) handelt es sich hierbei um:

- Kavernenfeld Dörnfeld
- Kavernenfeld Kehmstedt
- Gewerkschaft Hüpstedt, Beberstedt und Felsenfest
- Steinsalzbergwerk Ilversgehofen (Erfurt)
- Hain I und II
- Schwarzburg
- Kalibergwerk Oldisleben
- Salzbergwerk Heldringen II
- Kaliwerke Gewerkschaft Walter und Irmgard

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 290

## Aktualisierung des Kenntnisstandes im GzME „Thüringer Becken“ - Vervollständigung der Datengrundlage zum Ausschlusskriterium „Bergwerke“

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. Somit war es der BGE möglich, die Rissunterlagen zu georeferenzieren und Grubengebäude zu vektorisieren. Da sich diese bergbaulichen Tätigkeiten im endlagerrelevanten Tiefenbereich von mindestens 300 m Tiefe befinden, wurden für diese analog zu der Anwendungsmethode im Schritt 1 der Phase I (BGE 2020h) Beeinflussungsbereiche und somit neu ausgeschlossene Gebiete definiert (Abbildung 83).

Sechs der vorgemerkten Objekte befinden sich innerhalb des GzME „Thüringer Becken“ bzw. wirken sich auf dieses aus. Die neu ausgeschlossenen Bergwerke inklusive Beeinflussungsbereich befinden sich vorrangig im nördlichen Thüringer Becken. Eines ist im Süden des Thüringer Beckens lokalisiert (Abbildung 83).

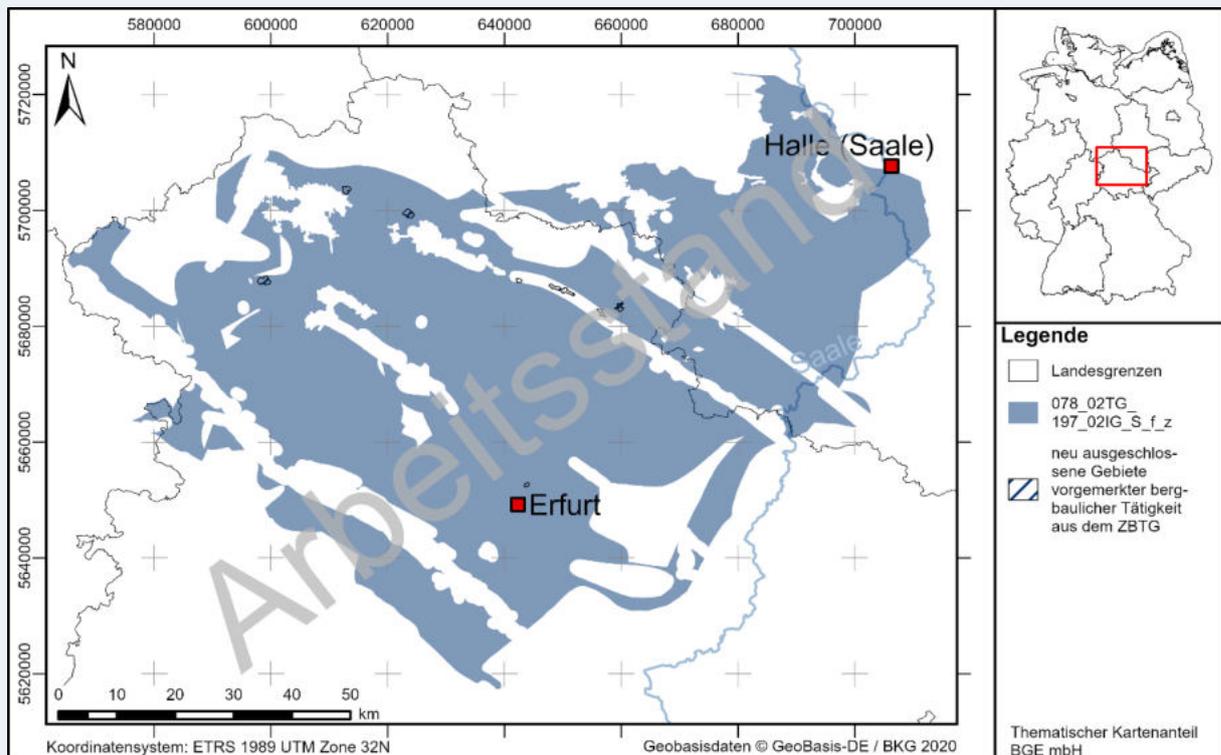


Abbildung 83: Übersicht über die in Schritt 1 der Phase I vorgemerkten bergbaulichen Tätigkeiten, die in Schritt 2 der Phase I zu einem ausgeschlossenen Gebiet führen

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 291

### 5.5.3 Seismische Aktivität

Das Ausschlusskriterium „seismische Aktivität“ ist in § 22 Abs. 2 Nr. 4 StandAG definiert: *„die örtliche seismische Gefährdung ist größer als in Erdbebenzone 1 nach DIN EN 1998-1/NA 2011-01“*.

Für Schritt 2 der Phase I ist keine Änderung der Vorgehensweise aufgrund des statischen Verweises des Gesetzestextes auf die DIN EN 1998-1/NA:2011-01 vorgesehen. Seismische Aktivitäten, die außerhalb der Erdbebenzonen 2 und 3 liegen, werden jedoch im Rahmen der Arbeiten der gegebenen Entwicklungen berücksichtigt und hinsichtlich potenzieller Auswirkungen auf die Sicherheitsfunktionen bewertet.

### 5.5.4 Vulkanische Aktivität

Das Ausschlusskriterium „Vulkanische Aktivität“ ist in § 22 Abs. 2 Nr. 5 StandAG definiert: *„es liegt quartärer Vulkanismus vor oder es ist zukünftig vulkanische Aktivität zu erwarten“*.

Basierend auf den Ergebnissen des Berichts von Schreiber & Jentzsch (2021) werden Gebiete mit einer hohen Eintrittswahrscheinlichkeit von zukünftiger vulkanischer Aktivität unter Berücksichtigung eines erweiterten Sicherheitssaums von 25 km als ausgeschlossene Gebiete ermittelt (Beispiel 43). Im Schritt 1 der Phase I wurde zunächst nur ein Sicherheitssaum von 10 km um vulkanische Erup-tionszentren abgegrenzt. Kann Vulkanismus in einem Gebiet mit nur geringer Wahrscheinlichkeit im Bewertungszeitraum auftreten, werden die möglichen Folgen und entsprechende sicherheitsgerich-tete Bewertungen bei der Untersuchung der Entwicklungen berücksichtigt (Kapitel 8.2).

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 292

*Beispiel 43: Anwendung des Ausschlusskriteriums „Vulkanische Aktivität“ am Beispiel der Region Vogtland-Oberpfalz*

### Anwendung des Ausschlusskriteriums „Vulkanische Aktivität“ am Beispiel der Region Vogtland-Oberpfalz

Die Studie „Vulkanische Gefährdung in Deutschland“ von Schreiber & Jentzsch (2021) überprüfte das Gefährdungspotenzial durch Vulkanismus und mögliche Auswirkungen auf ein Endlager für hochradioaktive Abfälle. Es wurden Gebiete bewertet, in denen vulkanische Aktivität in den letzten 10 Millionen Jahren auftrat oder älterer tertiärer Vulkanismus in der Zukunft reaktiviert werden könnte.

Zur Bewertung einer möglichen vulkanischen Aktivität im Bereich der Region Vogtland-Oberpfalz kann auf umfangreiche Fachliteratur zu seismischer und mikroseismischer Aktivität (d. h. Schwarmbeben, z. B. Fischer et al. 2014), Isotopenanalysen von juvenilen Gasen (z. B. aus Mofetten, d. h. Austrittspunkte von CO<sub>2</sub>, vgl. Weinlich et al. 1999; Geissler et al. 2005; Weinlich 2014; Bräuer et al. 2018) und geologische Interpretationen (z. B. Babuška et al. 2007; Hrubcová et al. 2017; Heinicke et al. 2019) zurückgegriffen werden.

Laut Schreiber & Jentzsch (2021) lässt sich eine hohe Wahrscheinlichkeit für eine vulkanische Gefährdung des südlichen Sachsens und des nordöstlichen Bayerns in den nächsten eine Million Jahren ableiten. Zur Festlegung des Gebiets mit hoher Eintrittswahrscheinlichkeit vulkanischer Aktivität in den nächsten eine Million Jahren wurden die bekannten quartären Vulkane und Maare Eisenbühl, Kammerbühl, Neualbenreuth und Mýtina ausgewählt. Zusätzlich dienen die Zentren der „Erdbebenschwärme“ als Grundlage zur Festlegung des Gebiets, da Aufstiegswege der Gase unter bestimmten Spannungszuständen als potenzielle Wegsamkeiten für Magmen dienen könnten. Erdbebenzentren, welche auf rein tektonische Prozesse zurückzuführen sind, wurden bei der Festlegung des Gebiets mit hoher Eintrittswahrscheinlichkeit vulkanischer Aktivität nicht berücksichtigt. Der Sicherheitsabstand, der die Außengrenze des Gebiets mit hoher Eintrittswahrscheinlichkeit vulkanischer Aktivität definiert, wurde mit 25 km angesetzt. Dieser Sicherheitsabstand setzt sich aus der Streubreite um existierende Vulkane und potenzielle Aufstiegswege von 15 km und dem darauf aufbauenden Sicherheitszuschlag von 10 km zusammen (Schreiber & Jentzsch 2021).

Das vorläufige Ergebnis der weiterentwickelten Anwendung des Ausschlusskriteriums „Vulkanische Aktivität mit den Sicherheitsabständen nach Schreiber & Jentzsch (2021) im Vergleich zu den ausgewiesenen Teilgebieten (BGE 2020g) ist in Abbildung 84 dargestellt.

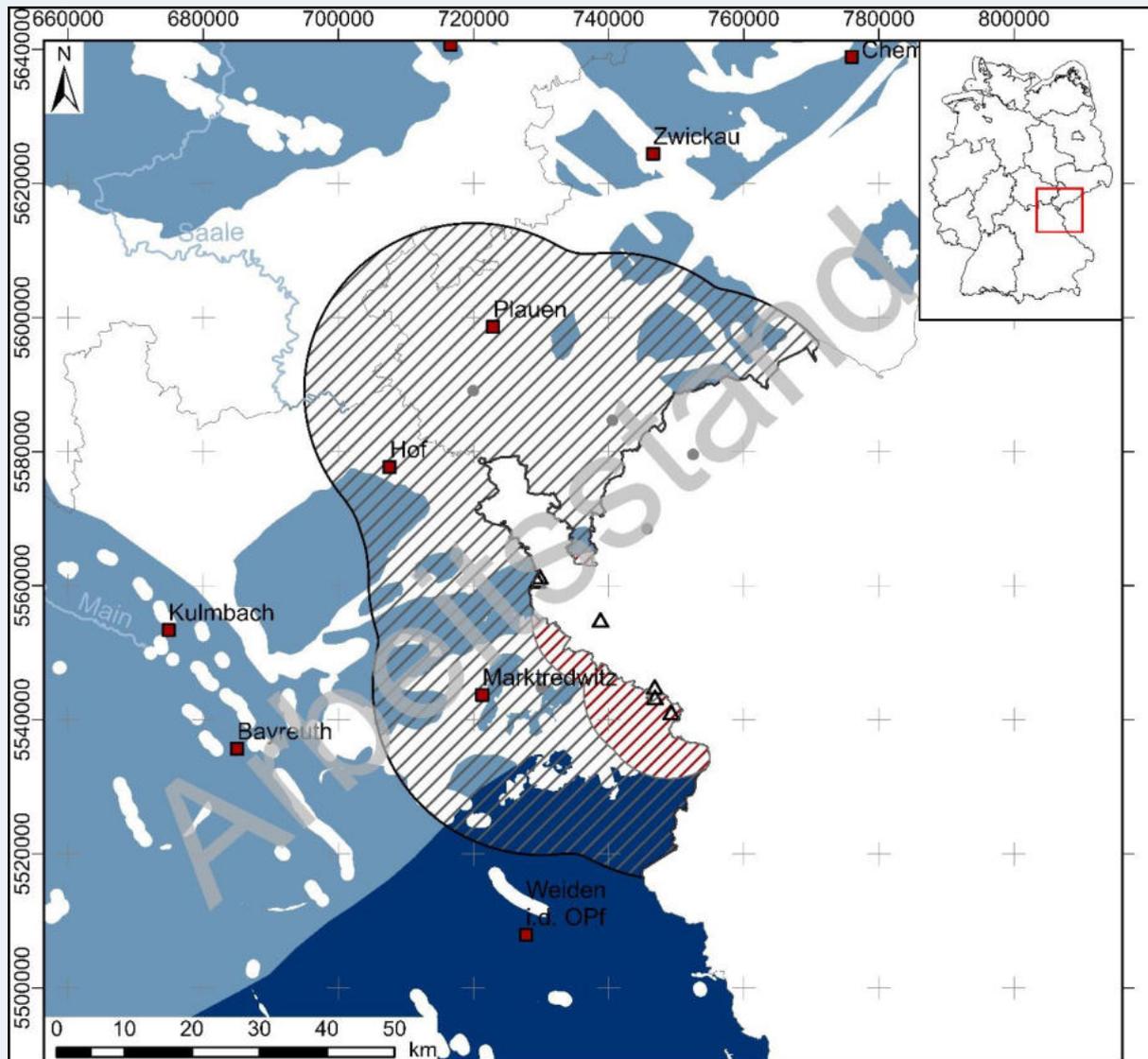
# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 293

## Anwendung des Ausschlusskriteriums „Vulkanische Aktivität“ am Beispiel der Region Vogtland-Oberpfalz



Koordinatensystem: ETRS 1989 UTM Zone 32N  
Thematischer Kartenanteil BGE mbH

Geobasisdaten © GeoBasis-DE / BKG 2020

### Legende

- Landesgrenzen
- Erdbebenzentren
- 009\_00TG\_194\_00IG\_K\_g\_SO
- ▨ AK vulkanische Aktivität Schritt 1 Phase I
- 013\_00TG\_195\_00IG\_K\_g\_MO
- ▩ Ausschlussgebiet
- △ quartäre Vulkanzentren

**Abbildung 84:** Ausgeschlossene Gebiete im Vogtland und Nordostbayern durch die weiterentwickelte Anwendung des Ausschlusskriteriums „Vulkanische Aktivität“ nach Schreiber & Jentsch (2021).

Untersuchungsräume in den Teilgebieten 009\_00TG\_194\_00I\_K\_g\_SO und 013\_00T\_195\_00IG\_K\_g\_MO fallen dementsprechend kleiner aus.

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 294

### 5.5.5 Grundwasseralter

Das Ausschlusskriterium „Grundwasseralter“ ist in § 22 Abs. 2 Nr. 5 StandAG definiert: *„in den Gebirgsbereichen, die als einschlusswirksamer Gebirgsbereich oder Einlagerungsbereich in Betracht kommen, sind junge Grundwässer nachgewiesen worden“.*

Alle vorliegenden Daten zum Grundwasseralter sind mit Bohrungen korreliert, weshalb in Schritt 1 der Phase I kein zusätzlicher Ausschluss stattfand. Es ist davon auszugehen, dass auch in Schritt 2 nur wenige Daten zum Grundwasseralter vorliegen werden. Es ist vorgesehen, dass diese in einer Einzelfallbetrachtung zielgerichtet bewertet werden. Dies kann ggf. im Kontext der hydrogeologischen Verhältnisse zu einem flächenhaften Ausschluss führen.

### 5.6 Unterteilung von Untersuchungsräumen in Teiluntersuchungsräume

Großflächige Untersuchungsräume können in mehrere kleinräumige Teiluntersuchungsräume unterteilt werden. Die Unterteilung begründet sich darin, dass 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. Dadurch kann die für die Geosynthese verfügbare Datengrundlage kleinräumig zugeordnet und die daraus abgeleiteten Bewertungen nachvollzogen werden. Zudem können die Teiluntersuchungsräume als räumlicher Bezug für die Übertragbarkeit von Informationen und Parametern mittels Analogieschlüssen dienen. Speziell für große Untersuchungsräume ist dies relevant, da es in § 5 Abs. 3 EndlSiUntV heißt:

*„Informationen, die außerhalb des Untersuchungsraumes gewonnen wurden, sind zu kennzeichnen. Ihre Übertragbarkeit auf den Untersuchungsraum und die Notwendigkeit der Übertragung sind zu begründen.“*

Aufgrund der großflächigen und in ihrem geologischen Aufbau teilweise sehr heterogenen Untersuchungsräume ist eine Bewertung der Übertragbarkeit von Informationen durch die Einteilung in Teiluntersuchungsräume praktikabler. Die Definition eines Teiluntersuchungsraums sollte möglichst so gewählt sein, dass die Teiluntersuchungsräume Gebiete darstellen, die eine jeweils gemeinsame geologische Entwicklung und einen möglichst gleichartigen geologischen Bau aufweisen.

Die Teilgebiete aus Schritt 1 der Phase I bestehen oftmals durch die Anwendung der Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen aus einer Vielzahl geographisch isolierter Gebiete, die die Flächenausdehnung der wesentlichen (geologischen) Barriere unterbrechen. Durch die erweiterte Anwendung der Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen im Rahmen der rvSU können zusätzliche solcher Gebietsteile innerhalb eines Untersuchungsraums entstehen. Zusätzlich werden Untersuchungsräume durch geologische Strukturen wie regionale Störungszonen weiter untergliedert. Diese Strukturen können die Flächenausdehnung des Wirtsgesteinsbereiches mit Barrierefunktion unterbrechen und das potenzielle Endlagerbergwerk natürlicherweise begrenzen. In all diesen Fällen werden einzelne Teiluntersuchungsräume nur für räumlich zusammenhängende und nicht untergliederte Bereiche ausgewiesen. Dies ist wichtig für die Bewertung des Flächenbedarfs, der immer auf räumlich zusammenhängende Bereiche bezogen wird.

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 295

Wenn in einem Untersuchungsraum mehrere Wirtsgesteinsbereiche mit Barrierefunktion vertikal übereinanderliegen, die jeweils einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich aufnehmen können, dann werden mehrere, jeweils individuelle Teiluntersuchungsräume ausgewiesen. Speziell bei mächtigen Abfolgen kann dies sinnvoll sein, da sich die Verortung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs auf die Analysen und Bewertungen auswirkt. Durch die Ausweisung separater Teiluntersuchungsräume wird dies frühzeitig kenntlich gemacht.

Aus diesen Überlegungen lassen sich folgende Aspekte für die Unterteilung eines Untersuchungsraums in Teiluntersuchungsräume ableiten:

- Ein Teiluntersuchungsraum stellt ein geographisch zusammenhängendes Gebiet dar
- Prägende geologische Strukturen können Teiluntersuchungsräume begrenzen
- Lithologische, lithofazielle oder paläogeographische Grenzen können einen Teiluntersuchungsraum begrenzen
- Ein Teiluntersuchungsraum bezieht sich auf **einen** Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion

Trotz der Einteilung in Teiluntersuchungsräume anhand der beschriebenen Aspekte kann zusätzlich eine flächendifferenzierte Bewertung der rvSU innerhalb der Teiluntersuchungsräume stattfinden, sofern dies die räumlichen Ausmaße oder geologischen Gegebenheiten des Teiluntersuchungsraums erfordern (z. B. durch eine Änderung der Teufenlage der Wirtsgesteinsabfolge). Die Grenzziehung, die bei der Einteilung von Untersuchungsraum in Teiluntersuchungsräume vorgenommen wird, ist keine finale Festlegung von Gebietsgrenzen für Standortregionen. Der Grund ist, dass im Rahmen der umfassenden Bewertung der gesamte Untersuchungsraum räumlich differenziert, über die Teiluntersuchungsraumgrenzen hinweg, betrachtet wird.

### 5.6.1 Beispiele zur Unterteilung von Untersuchungsräumen in Teiluntersuchungsräume

Zur besseren Nachvollziehbarkeit wird die Unterteilung von großflächigen Untersuchungsräumen in Teiluntersuchungsräume anhand der GzME „Thüringer Becken“ (Beispiel 44), „Opalinuston“ (Beispiel 45) und „Saxothuringikum“ (Beispiel 46) veranschaulicht. Hierbei wird auf die spezifischen Aspekte, die in den jeweiligen Untersuchungsraum zur Anwendung gekommen sind, eingegangen.

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 296

*Beispiel 44: Unterteilung des Untersuchungsraums 03\_00UR „Thüringer Becken“ in Teiluntersuchungsräume*

### Beispiel zur Anwendung im GzME „Thüringer Becken“

Im Anschluss an die zielgerichtete Anwendung der Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen wurde die verbleibende Fläche des GzME „Thüringer Becken“ in Teiluntersuchungsräume unterteilt. Dabei ergaben sich insgesamt 27 Teiluntersuchungsräume. Der Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion liegt bei 10 Teiluntersuchungsräumen im Werra-Steinsalz und bei 17 Teiluntersuchungsräumen im Staßfurt-Steinsalz (Abbildung 85). Die Unterteilung erfolgte anhand von bestehenden Teilflächen, die infolge der Fokussierung auf die Steinsalze der Werra- und Staßfurt-Formation durch die erweiterte Anwendung der Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen herausgearbeitet wurden, sowie über Seismik nachweisbare Störungszonen in der Zechsteinbasis bzw. in der Basis des Staßfurt-Steinsalz (Top Basalanhydrit), paläogeographische Elemente (Schwellen/Senken) und Mächtigkeitskarten.

Es wurden folgende Datenquellen verwendet:

- Abb. 1 aus Seidel (2004): Tiefenlinienplan der Zechstein-Basis und tektonische Elemente (Störungen und Störungszonen).
- Abb. 28 und Abb. 29 aus Rappsilber (2003): Tiefenlinienpläne für Zechstein-Basis und Basalanhydrit mit Strukturelementen für das südliche Sachsen-Anhalt.
- Abb. 1 aus Deutsche Stratigraphische Kommission (2020): Paläogeographische Elemente des Zechsteins im Thüringer Becken.
- Abb. 9 aus Seidel (2013): Auslaugungslinie des Staßfurt-Steinsalzes (als Abgrenzung zu Gebieten, wo kein Staßfurt-Steinsalz im Hangenden vorhanden ist).

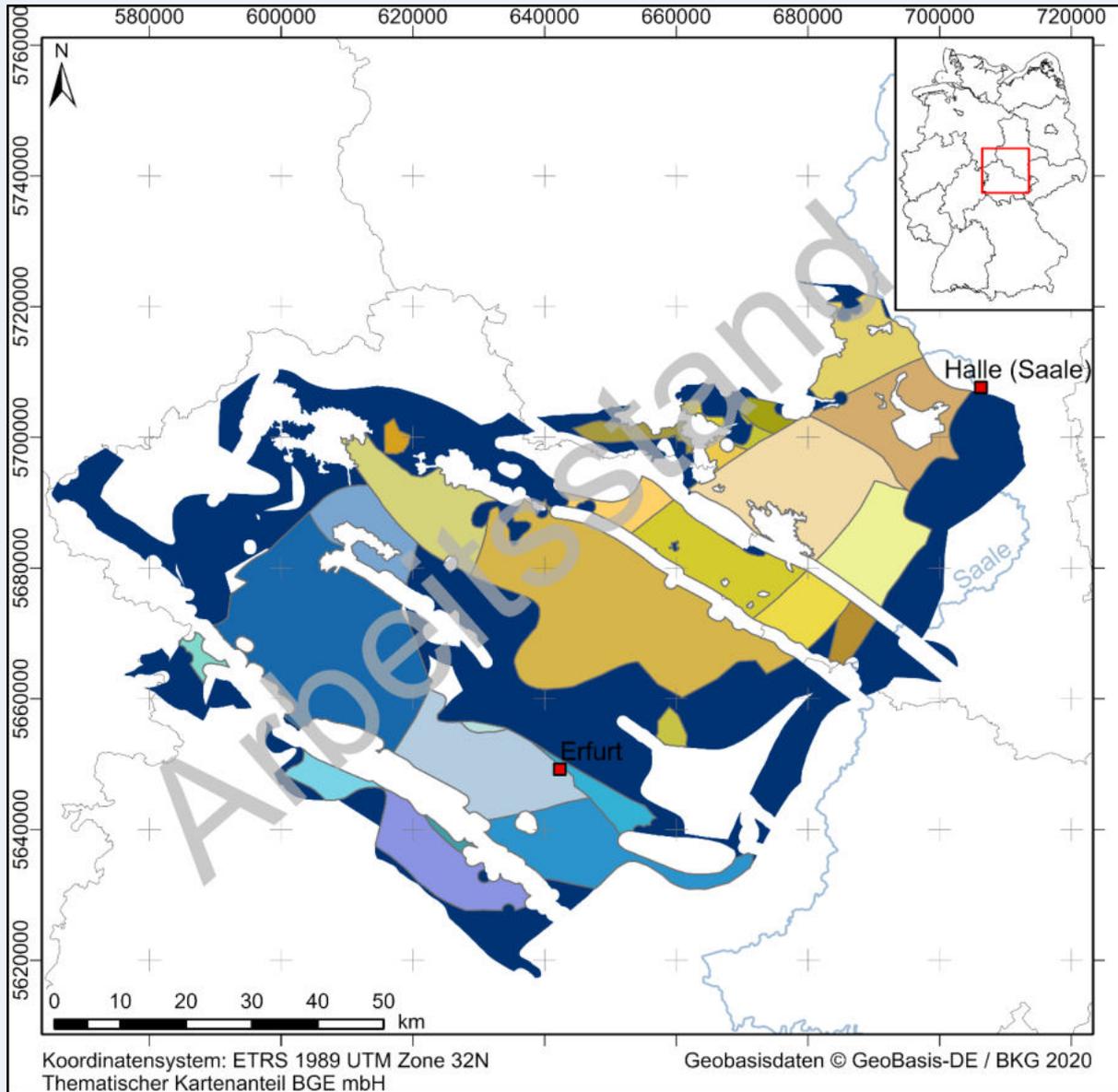
Im Nordwesten des GzME „Thüringer Becken“ existiert ein Überlappungsbereich, in welchem ein Teiluntersuchungsraum sowohl für Werra- als auch für Staßfurt-Steinsalz ausgewiesen wurde (Teiluntersuchungsraum 03\_06UR und 03\_16UR).

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 297

## Beispiel zur Anwendung im GzME „Thüringer Becken“



### Legende

□ Landesgrenzen	■ 078_02TG_197_02IG_S_f_z
TUR	<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #008080; margin-right: 5px;"></span> 03_05UR <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; margin-right: 5px; margin-left: 10px;"></span> 03_10UR <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; margin-right: 5px; margin-left: 10px;"></span> 03_15UR <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #BDB76B; margin-right: 5px; margin-left: 10px;"></span> 03_20UR <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #8B4513; margin-right: 5px; margin-left: 10px;"></span> 03_25UR
	<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #4169E1; margin-right: 5px; margin-left: 10px;"></span> 03_01UR <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #4682B4; margin-right: 5px; margin-left: 10px;"></span> 03_06UR <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFD700; margin-right: 5px; margin-left: 10px;"></span> 03_11UR <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #D2B48C; margin-right: 5px; margin-left: 10px;"></span> 03_16UR <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #D2691E; margin-right: 5px; margin-left: 10px;"></span> 03_21UR <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFD700; margin-right: 5px; margin-left: 10px;"></span> 03_26UR
	<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #7FFFD4; margin-right: 5px; margin-left: 10px;"></span> 03_02UR <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #40E0D0; margin-right: 5px; margin-left: 10px;"></span> 03_07UR <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFD700; margin-right: 5px; margin-left: 10px;"></span> 03_12UR <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #D2B48C; margin-right: 5px; margin-left: 10px;"></span> 03_17UR <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #D2691E; margin-right: 5px; margin-left: 10px;"></span> 03_22UR <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFD700; margin-right: 5px; margin-left: 10px;"></span> 03_27UR
	<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #4682B4; margin-right: 5px; margin-left: 10px;"></span> 03_03UR <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #00008B; margin-right: 5px; margin-left: 10px;"></span> 03_08UR <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #8B4513; margin-right: 5px; margin-left: 10px;"></span> 03_13UR <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFD700; margin-right: 5px; margin-left: 10px;"></span> 03_18UR <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #8B4513; margin-right: 5px; margin-left: 10px;"></span> 03_23UR
	<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #4169E1; margin-right: 5px; margin-left: 10px;"></span> 03_04UR <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; margin-right: 5px; margin-left: 10px;"></span> 03_09UR <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #D2B48C; margin-right: 5px; margin-left: 10px;"></span> 03_14UR <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFD700; margin-right: 5px; margin-left: 10px;"></span> 03_19UR <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; margin-right: 5px; margin-left: 10px;"></span> 03_24UR

**Abbildung 85:** Lage der Teiluntersuchungsräume im GzME „Thüringer Becken“.  
Die blauen bis türkisfarbenen Töne zeigen Teiluntersuchungsräume des Werra-Stearnsalzes, die gelben bis braunen Farben Teiluntersuchungsräume des Staßfurt-Stearnsalzes.

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 298

### Beispiel zur Anwendung im GzME „Thüringer Becken“

Die vorläufige Grenzziehung zwischen den verschiedenen angrenzenden Teiluntersuchungsräumen für das Werra-Steinsalz ist in Tabelle 31 dargestellt.

*Tabelle 31: Vorläufige Grenzziehung zwischen den verschiedenen angrenzenden Teiluntersuchungsräumen für das Werra-Steinsalz*

TUR-Grenze	Grenzziehung
1, 7	Paläogeographische Grenze: Langensalza-Unterharz-Schwelle
1, 5	Tektonische Grenze: Eichenberg-Gotha-Saalfeld Störungszone
3, 4	Tektonische Grenze: Steiger Störungszone und Tannrodaer Störungszone
3, 9	Tektonische Grenze: Erfurter Störungszone, Steiger Störungszone und Tannrodaer Störungszone
4, 9	Lithologische Grenze: Auslaugungslinie des Staßfurt-Steinsalz (Seidel 2013), d. h. hier kein weiteres Zechstein-Steinsalz im Deckgebirge
6, 8	Tektonische/strukturelle Grenze: Schlotheimer Störungszone und Harnisch Sattel
8, 9	Paläogeographische Grenze: Langensalza-Unterharz-Schwelle
9, 10	Tektonische Grenze: Fahner Störungszone

Die vorläufige Grenzziehung zwischen den verschiedenen angrenzenden Teiluntersuchungsräumen für das Staßfurt-Steinsalz ist in Tabelle 32 dargestellt.

*Tabelle 32: Vorläufige Grenzziehung zwischen den verschiedenen angrenzenden Teiluntersuchungsräumen für das Staßfurt-Steinsalz*

TUR-Grenze	Grenzziehung
11, 18	Tektonische Grenze: Hornburger Tiefenstörung
14, 15	Tektonische Grenze: Geiseltal-Nordrandstörung
14, 17	Tektonische Grenze: Hornburger Tiefenstörung
14, 19	Tektonische Grenze: Hornburg-SW-Rand-Störung
16, 21	Paläogeographische Grenze: Langensalza-Unterharz-Schwelle
19, 23	Tektonische Grenze: Hornburger Tiefenstörung
19, 24	Tektonische Grenze: Hornburger Tiefenstörung
19, 27	Tektonische Grenze: Hornburger Tiefenstörung
23, 24	Tektonische Grenze: Einsdorf-Störung im Basalanhydrit
24, 27	Tektonische Grenze: Röblinger (?) Störung im Basalanhydrit

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 299

**Beispiel zur Anwendung im GzME „Thüringer Becken“**

Durch diese vorläufige Grenzziehung in Teiluntersuchungsräume ergab sich, dass an mehreren Stellen einzelne Gebiete mit weniger als 3 km<sup>2</sup> übriggeblieben sind. Diese Gebiete erfüllen nicht mehr die Mindestanforderung des Flächenbedarfs. Die Flächengrößen der einzelnen verbleibenden Teiluntersuchungsräume variieren zwischen 7 km<sup>2</sup> und 705 km<sup>2</sup>.

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



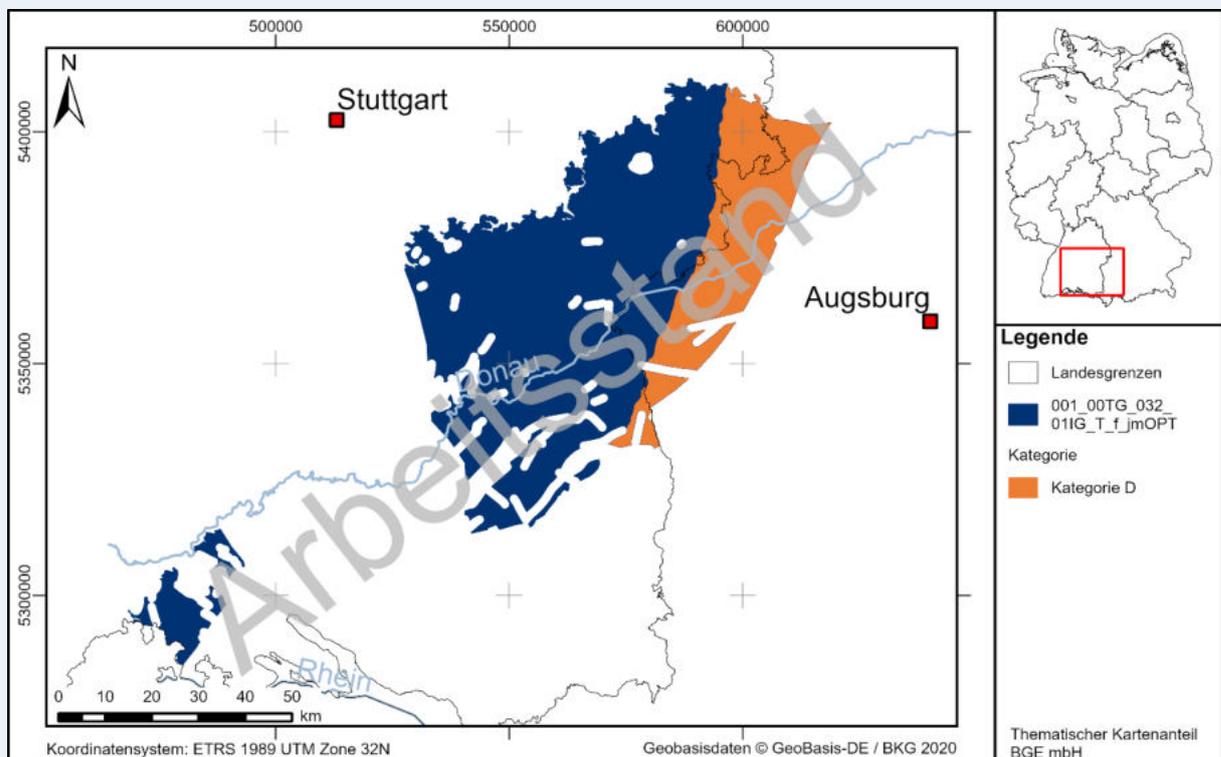
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 300

**Beispiel 45:** Unterteilung des Untersuchungsraums 01\_00UR „Opalinuston“ in Teiluntersuchungsräume

## Beispiel zur Anwendung im GzME „Opalinuston“

Durch die Anwendung einzelner Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen sind Gebiete entstanden, welche im Rahmen der umfassenden Bewertung in Kategorie D eingeordnet werden. Diese Gebiete sind in Abbildung 86 dargestellt und werden im Rahmen der Geosynthese nicht weiter untersucht.



**Abbildung 86:** Darstellung der Gebiete, die die Mindestanforderungen „Flächenbedarf“ oder „Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ nicht erfüllen und damit nicht weiter betrachtet werden

Die verbleibende Fläche des GzME „Opalinuston“ wurde in insgesamt 7 Teiluntersuchungsräume unterteilt (Abbildung 87). Die Unterteilung erfolgte auf Basis von bestehenden Teilgebietsgrenzen des GzME „Opalinuston“ sowie durch die erweiterte Anwendung der Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen (vgl. Abbildung 86).

Eine Übersicht über die Teiluntersuchungsräume ist in Abbildung 87 gegeben.

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 301

## Beispiel zur Anwendung im GzME „Opalinuston“

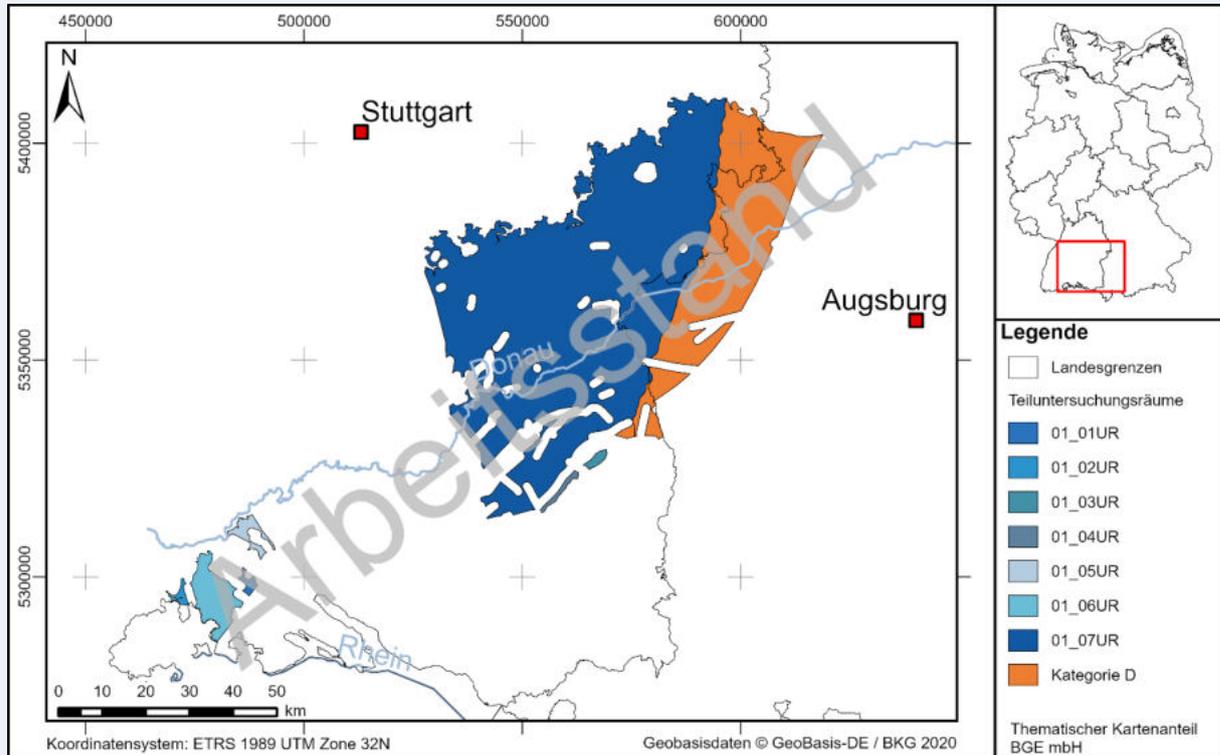


Abbildung 87: Lage der Teiluntersuchungsräume im GzME „Opalinuston“

Die vorläufige Grenzziehung zwischen den verschiedenen angrenzenden Teiluntersuchungsräumen ist in Tabelle 33 dargestellt. Die Flächengrößen der einzelnen verbleibenden Teiluntersuchungsräume variieren zwischen 10 km<sup>2</sup> und 3 078 km<sup>2</sup>.

Tabelle 33: Vorläufige Grenzziehung zwischen den verschiedenen angrenzenden Teiluntersuchungsräumen im Teilgebiet 001\_00

TUR-Grenze	Grenzziehung
01_01UR	Geographische Grenze
01_02UR	Geographische Grenze
01_03UR	Geographische Grenze
01_04UR	Geographische Grenze
01_05UR	Geographische Grenze
01_06UR	Geographische Grenze
01_07UR	Nord, West und Südwest: Geographische Grenze, Ost und Südost: Grenze der erweiterten Anwendung der Mindestanforderungen (MA „Mächtigkeit des ewG“)

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 302

Beispiel 46: Unterteilung des Untersuchungsraums 04\_00UR „Saxothuringikum in Teiluntersuchungsräume

## Beispiel zur Anwendung im GzME „Saxothuringikum“ (009\_00TG)

Die Begriffsbestimmung des kristallinen Wirtsgestein nach BGE (2020j) umfasst eine große Anzahl an metamorphen und magmatischen Gesteinen, die in unterschiedlichsten tektonischen Regimen oder Druck- und Temperaturbedingungen entstanden sind. Im GzME „Saxothuringikum“ kommen cadomische, variszische und permische Plutonite sowie hochgradig regionalmetamorphe Gesteine vor. Das Teilgebiet wurde auf Grundlage von regionalgeologischen Gebieten in Teiluntersuchungsräume unterteilt.

Regionalgeologische Gebiete lassen sich wie folgt definieren:

- Gebiete mit gemeinsamer geologischer Entwicklung, in denen sich kristalline Wirtsgesteinsformationen, durch lithologische (unterschiedliche Gesteinsformationen) oder strukturelle Grenzen (v. a. überregionale Hauptstörungen) abgrenzen lassen

Abbildung 88 zeigt die Einteilung des GzME im östlichen Bereich des Saxothuringikums in regionalgeologische Gebiete nach den oben genannten Kriterien. Diese seitens der BGE vorgenommenen Einteilung ist konsistent mit der fachlichen Stellungnahme des LfULG (2021) zum Zwischenbericht Teilgebiete.

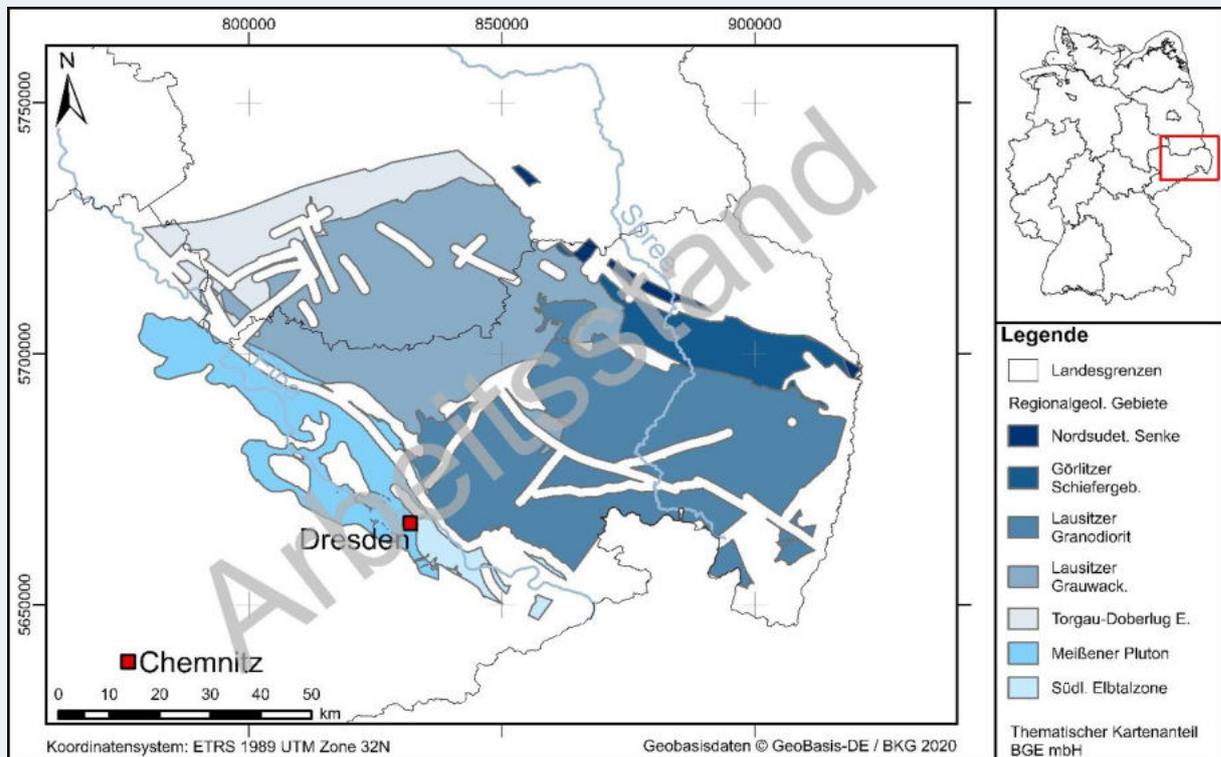


Abbildung 88: Unterteilung des östlichen Bereichs des GzME „Saxothuringikum“ in regionalgeologische Gebiete

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 303

## Beispiel zur Anwendung im GzME „Saxothuringikum“ (009\_00TG)

Für die Unterteilung des östlichen Bereichs des GzME in regionalgeologische Gebiete und darauf basierend in Teiluntersuchungsräume wurden folgende Datenquellen verwendet:

- die lithologischen und strukturellen Grenze aus der geologischen Karte Lausitz-Jizera-Karkonosze im Maßstab 1 : 100 000 (GK100 LJK) sowie teilweise die geologische Karte im Maßstab 1 : 400 000 ohne känozoische Sedimente (GK400)
- Beschreibungen der geologischen Einheiten in der GK100 LJK (Kozdrój et al. 2001)
- Beschreibungen der geologischen Einheiten in Pälchen & Walter (2011)

Innerhalb dieser regionalgeologischen Gebiete wurden ortsbezogene Daten (Schichtenverzeichnisse von Bohrungen), Fachliteratur und geologische Karten (GK25) ausgewertet. Auf Grundlage dieser Auswertung erfolgte die erweiterte Anwendung der Ausschlusskriterien (§ 22 StandAG) und Mindestanforderungen (§ 23 StandAG). Die vorläufigen Ergebnisse sind in Abbildung 89 dargestellt. Im Rahmen der erweiterten Prüfung der Mindestanforderungen konnte festgestellt werden, dass im Norden des GzME keine Gesteinseinheiten oberhalb von 1 500 m Tiefe vorliegen, die der Wirtsgesteinsdefinition der BGE für kristallines Wirtsgestein entsprechen.

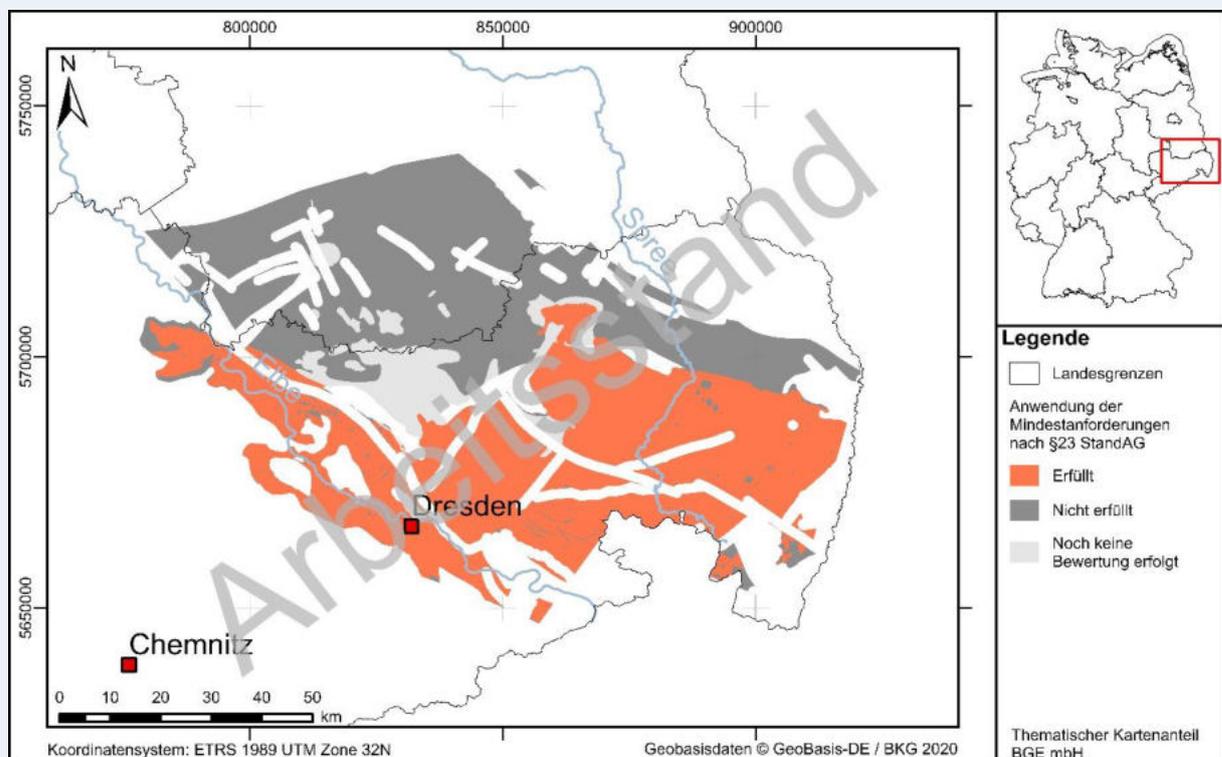


Abbildung 89: Darstellung von Gebieten, welche die Mindestanforderungen nach § 23 StandAG erfüllen, sowie von Gebieten, in denen noch keine Bewertung erfolgt ist

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 304

### Beispiel zur Anwendung im GzME „Saxothuringikum“ (009\_00TG)

Regionalgeologische Gebiete, welche die Mindestanforderungen nach StandAG erfüllen und von keinen Ausschlusskriterien betroffen sind, werden als Teiluntersuchungsräume berücksichtigt (Abbildung 90). Die Grenzen der Teiluntersuchungsräume beruhen wiederum auf den festgelegten Kriterien zur Bestimmung der regionalgeologischen Gebiete. Somit werden als Teiluntersuchungsräume geographische Räume festgelegt, die:

- räumlich abgrenzbar sind und/oder
- durch lithologische oder strukturelle Kriterien abgrenzbar sowie
- durch eine gemeinsame geologische Entstehung gekennzeichnet sind.

Der Unterschied eines Teiluntersuchungsraums zu einem regionalgeologischen Gebiet besteht z. B. in einer weiteren lithologischen Differenzierung, die über die Einteilung in regionalgeologische Einheiten hinausgehen kann oder durch eine räumliche Trennung, die sich aus der Anwendung der Ausschlusskriterien (§ 22 StandAG) ergeben, wie z. B. dem Ausschlusskriterium „Aktive Störungszonen“.

Die vorläufige Grenzziehung zwischen den verschiedenen Teiluntersuchungsräumen im östlichen Bereich des GzME „Saxothuringikum“ ist in Tabelle 34 dargestellt.

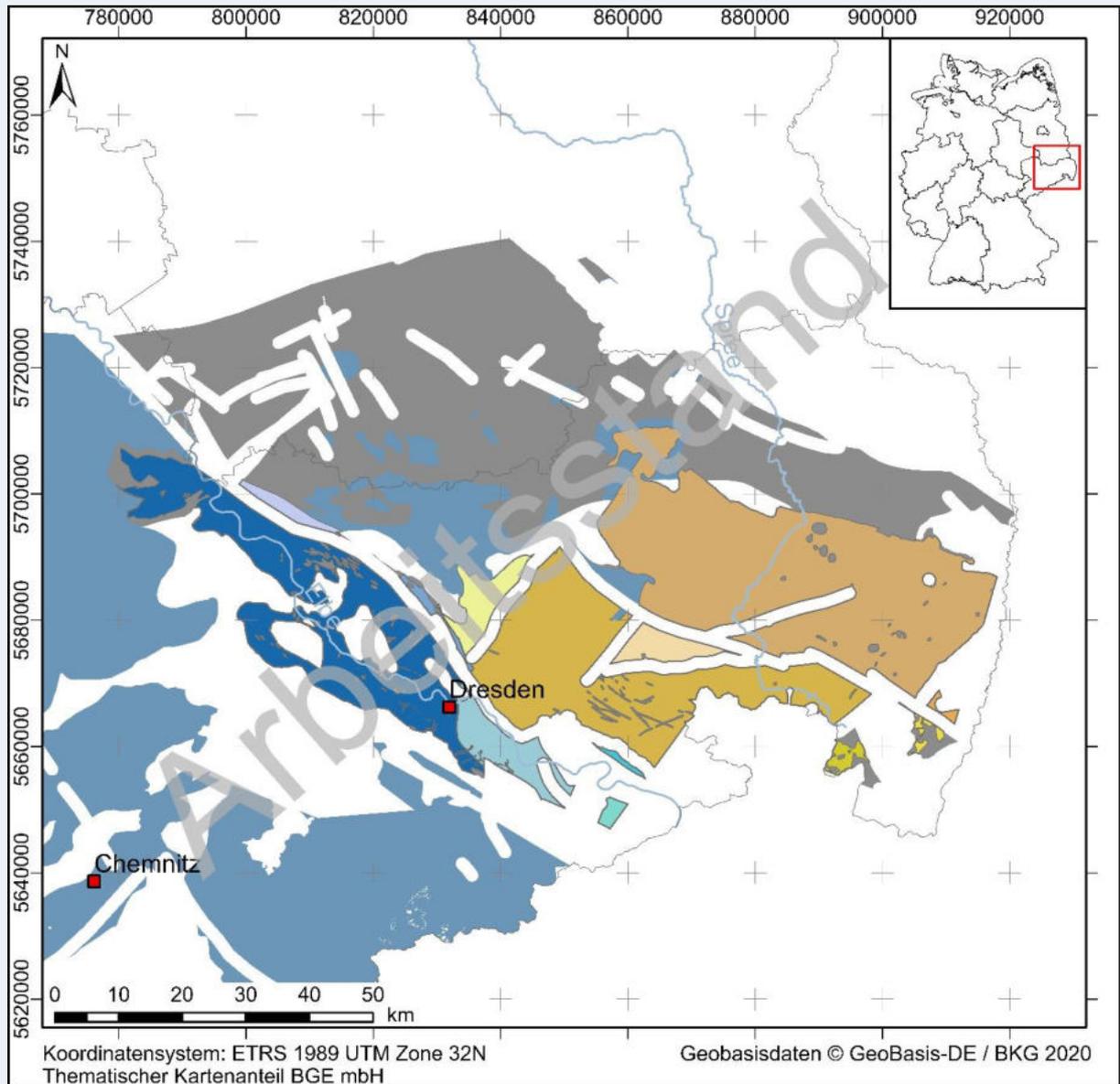
# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 305

## Beispiel zur Anwendung im GzME „Saxothuringikum“ (009\_00TG)



### Legende

Landesgrenzen	Noch keine Einordnung in TUR erfolgt			
<b>Teil-Untersuchungsräume</b>				
04_01UR	04_04UR	04_08UR	04_12UR	04_15UR
04_02UR	04_05UR	04_09UR	04_13UR	Kein TUR
04_03UR	04_06UR	04_11UR	04_14UR	

Abbildung 90: Lage der Teiluntersuchungsräume im östlichen Bereich des GzME „Saxothuringikum“

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 306

### Beispiel zur Anwendung im GzME „Saxothuringikum“ (009\_00TG)

*Tabelle 34: Vorläufige Grenzziehung zwischen den verschiedenen angrenzenden Teiluntersuchungsräumen im Teilgebiet 009\_00*

TUR-Grenze	Grenzziehung
04_01UR	Lithologische Grenze entlang Lausitzer Granodiorit
04_02UR	Geographische Grenze
04_03UR	Tektonische Grenze entlang Innerlausitzer Störung, lithologische Grenze entlang Lausitzer Grauwacke
04_04UR	Tektonische Grenze entlang Großenhainer Störung, lithologische Grenze entlang Lausitzer Grauwacke
04_05UR	Geographische Grenze
04_06UR	Tektonische Grenze entlang der Lausitzer Überschiebung und geographische Grenzen
04_08UR	Geographische Grenze
04_09UR	Geographische Grenze
04_11UR	Lithologische/tektonische Grenze entlang Großenhainer Störung und Großer Garten Störung
04_12UR	Lithologische/tektonische Grenze entlang Großenhainer Störung
04_13UR	Lithologische/tektonische Grenze entlang Großenhainer Störung
04_14UR	Lithologische/tektonische Grenze entlang Großer Garten Störung
04_15UR	Geographische Grenze

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 307

### 5.7 Geosynthese auf Teiluntersuchungsebene

Die Erarbeitung einer Geosynthese findet nach Bedarf mit unterschiedlichem räumlichen Bezug statt. Sie beginnt auf Untersuchungsebene und kann für spezifische Teiluntersuchungsräume in Abhängigkeit der jeweiligen Prüfschritte immer detaillierter ausgearbeitet werden. Informationen, die im Rahmen der Geosynthese für einen Teiluntersuchungsraum erarbeitet werden, sind Grundlage für die Teiluntersuchungsraum-spezifische Erstellung der qualitativen sowie quantitativen Analyse des Endlagersystems (siehe Workflow in Abbildung 62 im Kapitel 5.1).

Das folgende Kapitel ist wie folgt untergliedert:

- Charakterisierung der räumlichen Konfiguration des Wirtsgesteinsbereichs mit Barrierefunktion und des Deckgebirges
- Charakterisierung des Internbaus des Wirtsgesteinsbereichs mit Barrierefunktion
- Identifizierung der lokalen geogenen Prozesse
- Erstellen von geologischen Modellen

#### 5.7.1 Räumliche Konfiguration der Gesteinskörper

Die räumliche Konfiguration von Gesteinskörpern ist eine wesentliche Grundlage der sicherheitsgerichteten Bewertung im Rahmen der rvSU, da sich die Lagerungsverhältnisse direkt (z. B. Möglichkeit zur Ausweisung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs) sowie indirekt (z. B. thermische Verhältnisse, FEP, Entwicklungen) auf wichtige Aspekte auswirken. Die Informationen zur räumlichen Konfiguration der Gesteinskörper im Untergrund werden im Rahmen der Geosynthese zusammengetragen und genutzt, um beispielsweise die Einheiten für die Transportmodellierung in der quantitativen Analyse des Endlagersystems geowissenschaftlich vorzubereiten. Weiterhin fließen die Ergebnisse direkt in die qualitative Bewertung des sicheren Einschlusses durch die Bewertung der Indikatoren zur Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG ein (vgl. Kapitel 6).

Bohrungen beinhalten sehr konkrete Informationen über die Beschaffenheit des Untergrundes an einer Lokation. Sie liefern unterschiedliche Informationen, die sich am ursprünglichen Zweck der Bohrung orientieren (vgl. Kapitel 5.2). Um einen Überblick über die zeitliche Abfolge (Stratigraphie), die Lithologie sowie die Eigenschaften bestimmter Gesteinseinheiten in einem Gebiet zu erhalten, werden im Rahmen der Modellerstellung repräsentative Profile für einen Teiluntersuchungsraum erstellt – Profile deren Ziel es ist, die geologischen Gegebenheiten innerhalb eines Teiluntersuchungsraums möglichst repräsentativ zu erfassen. Zusätzlich werden Informationen aus weiteren verfügbaren Datenquellen berücksichtigt.

Die Informationen von Bohrungen können z. B. mithilfe von zweidimensionalen Profilschnitten in eine räumliche Beziehung gesetzt werden. Diese ermöglichen, zusammen mit Kartendarstellung die Interpretation von Geometrien und Rückschlüsse auf die geologische Entwicklungsgeschichte der Gesteinskörper im Untergrund.

Zur Abbildung der räumlichen Verhältnisse im Untergrund können geologische Strukturmodelle genutzt werden. Sie integrieren Informationen aus verschiedenen Datenquellen, wie beispielsweise

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 308

Schichtenverzeichnisse, bohrlochgeophysikalische Daten oder Informationen aus Kartierungen. Nicht in allen Fällen ist die aufwändige Erstellung von 3D-Modellen sinnvoll. Daher werden als erster Schritt im Rahmen der rvSU repräsentative 1D-Profilen oder 2D-Profilschnitte entwickelt.

Jedes repräsentative Profil zeigt das Vorkommen des Wirtsgesteins sowie alle lithologischen Einheiten des Deckgebirges bis zur Geländeoberkante. Das repräsentative Profil kann entweder im Idealfall einer realen Bohrung entsprechen (Abbildung 91) oder besteht aus einer synthetischen Abfolge, deren stratigraphische Abfolge beispielsweise aus mehreren Bohrungen abgeleitet wird. In Gebieten, in denen keine konkreten Mächtigkeitsinformationen aus Bohrungen vorliegen, kann z. B. auf Literaturwerte zurückgegriffen werden (Angaben in den Erläuterungen zu geologischen Karten, Normalprofile etc.). Abweichungen und Besonderheiten, die in dem Gebiet auftreten, werden festgehalten und diskutiert.

Das repräsentative Profil enthält unter anderem eine Unterteilung in Modelleinheiten, die als Basis für die weiteren Modellierungen des Stofftransportes im Rahmen der Analyse des Endlagersystems dienen (Abbildung 91). Für alle im repräsentativen Profil vorkommenden Modelleinheiten werden die für die Analyse des Endlagersystems relevanten Parameter im sogenannten Parameterkatalog (siehe Kapitel 5.7.6) zusammengestellt.

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 309

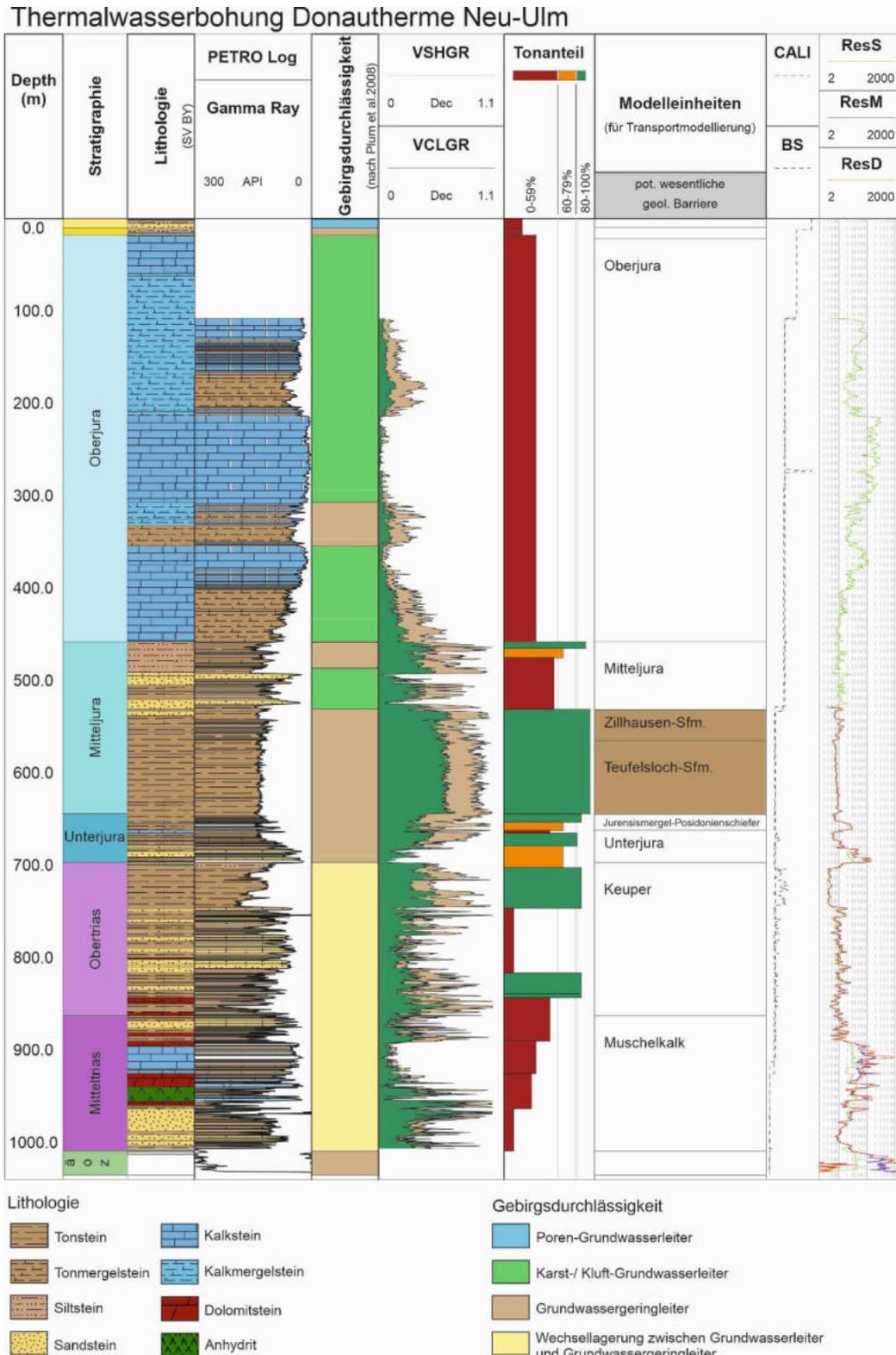


Abbildung 91: Ein Beispiel für ein repräsentatives Profil des Teiluntersuchungsraums 01\_07UR, welches ermöglicht, den Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion (Opalinuston-Formation) zu identifizieren.

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 310

*Im Profil dargestellt sind, neben dem Lithologieprofil aus dem Schichtenverzeichnis der Bohrung und den üblichen bohrlochgeophysikalischen Messungen, das aus den vorhandenen Logs interpretierte Lithologieprofil (PETRO Log) und die über das Gamma-Ray-Log bestimmten Tonanteile (VSHGR – Tonminerale plus silikatisches Feinkorn, VCLGR – Tonmineralanteil).*

### 5.7.1.1 Beschreibung der geologischen Barrieren des Endlagersystems für die Erstellung des vorläufigen Sicherheitskonzeptes und der vorläufigen Auslegung des Endlagers für Teiluntersuchungsräume

Für die im vorläufigen Sicherheitskonzept (§ 6 Abs. 1 EndlSiUntV) und in der vorläufigen Endlagerauslegung (§ 6 Abs. 4 EndlSiUntV) vorgesehene Beschreibung der geologischen Barrieren, insbesondere der grundlegenden Eigenschaften und der räumlichen Erstreckung des Wirtsgesteinsbereichs mit Barrierefunktion, wird für jeden Teiluntersuchungsraum die stratigraphische Abfolge mithilfe repräsentativer Profile dargestellt (vgl. Abbildung 91). Für einen Teiluntersuchungsraum kann es notwendig sein, mehrere Profile für eine räumliche Differenzierung darzustellen. Aus diesen Profilen sowie den zugehörigen Beschreibungen kann der Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion, dessen grundlegende Eigenschaften sowie die Beschreibung der weiteren geologischen Barrieren des Deck- und Nebengebirges des Endlagersystems abgeleitet werden. Die räumliche Erstreckung (Geometrie sowie Mächtigkeit) der Abfolge, insbesondere des Wirtsgesteinsbereichs mit Barrierefunktion im Untergrund, wird kartographisch, mit Profilschnitten oder mit geologischen 3D-Modellen dargestellt. Temperaturen im Untergrund können aus Temperatur-Logs interpretiert und mit Angaben in Datenbanken wie dem Geothermischen Informationssystem (GeotIS) (Agemar et al. 2012; Agemar et al. 2014a; Agemar et al. 2014b) abgeglichen werden.

Anhand von drei Anwendungsbeispielen wird die räumliche Konfiguration (Geometrie) der Gesteinskörper im Untergrund in Teiluntersuchungsräumen beschrieben. So werden im Folgenden je ein Beispiel für die Wirtsgesteine Tongestein (GzME „Opalinuston“, Beispiel 47), Steinsalz „in steiler Lagerung“ (GzME „Salzstock Bahlburg“, Beispiel 48) und kristallines Wirtsgestein (GzME „Saxothuringikum“, Beispiel 49) vorgestellt.

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 311

*Beispiel 47: Anwendungsbeispiel Teiluntersuchungsraum 01\_07UR im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)*

### Anwendungsbeispiel GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)

Der Teiluntersuchungsraum 01\_07UR im GzME „Opalinuston“ wird durch sieben Bohrungen beschrieben. Zwei Bohrungen befinden sich im Teiluntersuchungsraum 01\_07UR und fünf in einer Distanz von etwa 1 km um den Teiluntersuchungsraum 01\_07UR. Diese Bohrungen sind KB 102/85 Bad Überkingen, Tiefbohrung 1/69 Bad Ditzenbach, B71/79 Josefs-Therme Bad Überkingen, TB Donautherme Neu-Ulm, Laupertshausen 1, Urach 3/1978 Geothermiebohrung und Alemannia 2/1994 Gomadingen, die den nördlichen, zentralen, westlichen und südlichen Teil des Teiluntersuchungsraums 01\_07UR charakterisieren und die räumliche Heterogenität des Untergrundes in diesem Untersuchungsraum widerspiegeln. Aus diesen sieben Bohrungen können fünf repräsentative Profile erstellt werden, die den Teiluntersuchungsraum charakterisieren (Abbildung 92).

Die Teufelsloch-Subformation sowie die Zillhausen-Subformation der Opalinuston-Formation des Mittleren Jura stellen den Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion dar, der den einschlusswirksamen Gebirgsbereich aufnehmen soll (Abbildung 91).

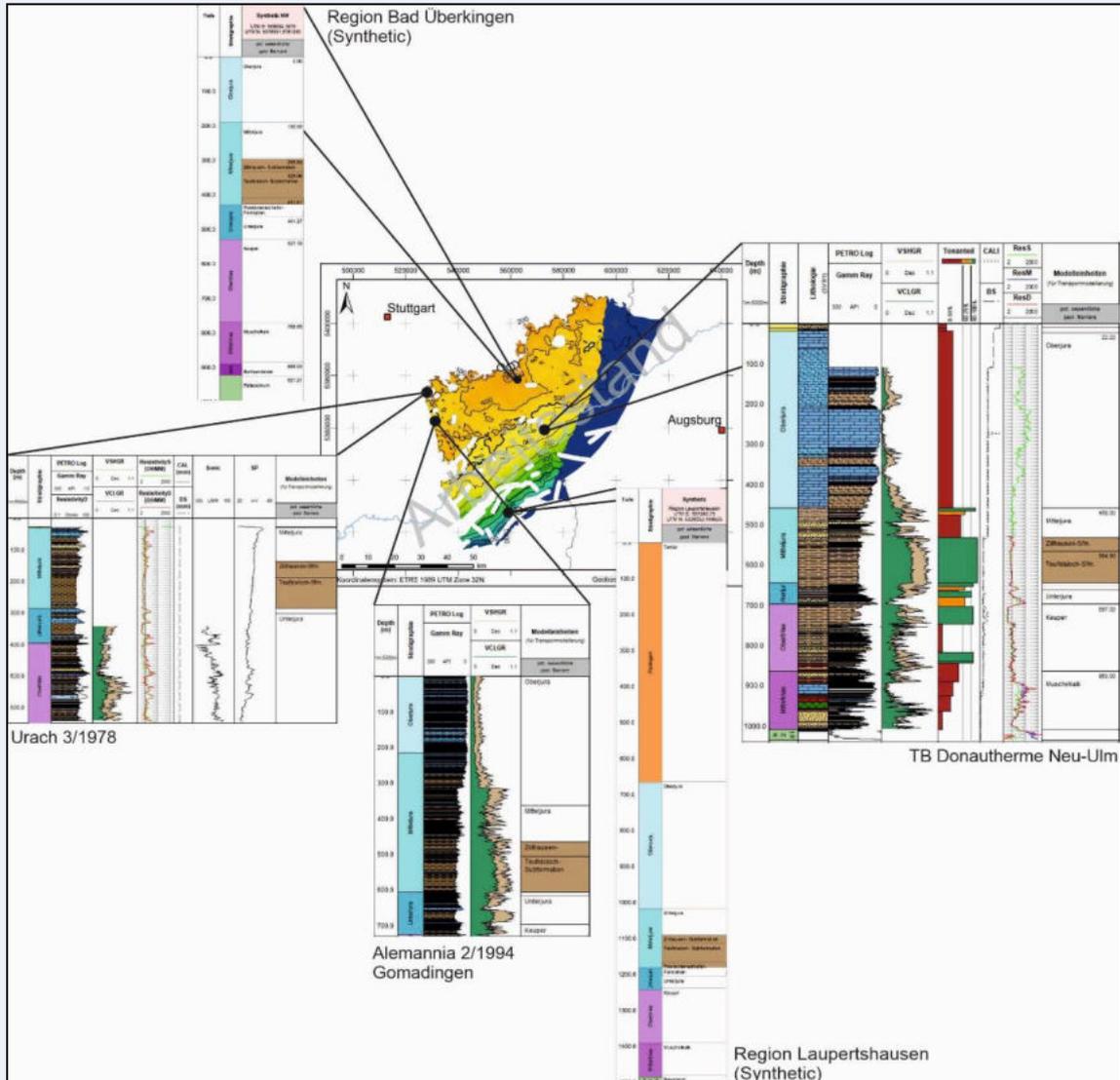
Die räumliche Darstellung im 3D-Modell sowie Karten der Tiefenlage und Mächtigkeit der Opalinuston-Formation zeigen, dass die Opalinuston-Formation in Richtung Südosten einfällt und die Tiefenlage von Nordwest nach Südost kontinuierlich zunimmt (Abbildung 93; siehe Kapitel 5.7.2), sodass der Top der Opalinuston-Formation in Tiefen zwischen 100 m und 1 463 m u. GOK variiert. Die Mächtigkeit der Abfolgen im Teiluntersuchungsraum 01\_07UR betragen zwischen 100 m und 159 m. Die Mächtigkeit nimmt von Nordwesten nach Südosten ab (Kapitel 5.7.2).

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 312

## Anwendungsbeispiel GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)



**Abbildung 92:** Für den Teiluntersuchungsraum 01\_07UR sind fünf repräsentative Profile gezeigt, die den Aufbau des Untergrundes in verschiedenen Regionen widerspiegeln. In diesen Regionen variieren Tiefenlage, Mächtigkeit und der Aufbau des Deckgebirges der Opalinuston-Formation deutlich. Für repräsentative Profile, die auf Grundlage von Bohrungen außerhalb des Teiluntersuchungsraum erstellt wurden, sind die Modelleinheiten und deren Tiefenlage für synthetische Bohrungen an Lokationen innerhalb des Teiluntersuchungsraum gezeigt.

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 313

## Anwendungsbeispiel GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)

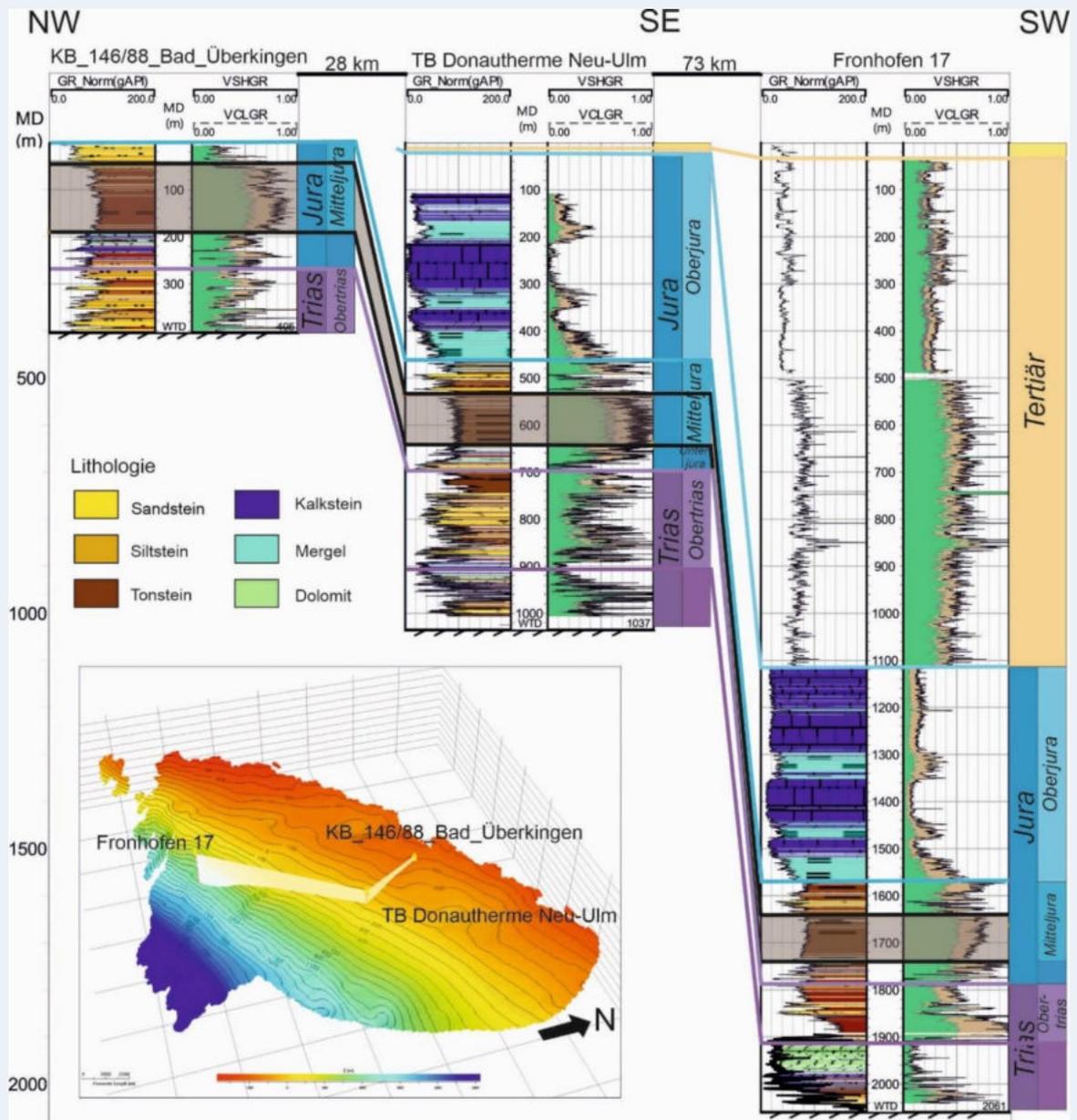


Abbildung 93: Tiefenlage der Opalinuston-Formation auf einem NW-SE-SW-Schnitt von der Schwäbischen Alb bis ins Molassebecken. Die Opalinuston-Formation ist in der Korrelation braun markiert.

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 314

### Beispiel 48      Anwendungsbeispiel GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)

#### Anwendungsbeispiel GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)

Der Untersuchungsraum des GzME „Salzstock Bahlburg“ wird durch zwei Profilschnitte entlang von Bohrungen mit dazugehöriger Korrelation der Deckgebirgseinheiten (Abbildung 95, Abbildung 96) beschrieben. Ergänzend dazu wird eine senkrecht zum Streichen der Struktur verlaufende seismische Linie sowie ein Profilschnitt am selben Ort aus dem geologischen 3D-Modell (Abbildung 97) zur Charakterisierung des Untersuchungsraumes herangezogen. Zusätzlich wurde für den Zentralbereich der Salzstruktur ein repräsentatives Profil erstellt (Abbildung 94). Eine Gesamtübersicht zur Salzstruktur Bahlburg gibt ein Nord-Süd-Schnitt aus dem geologischen 3D-Modell (Abbildung 98).

Auf Basis vorhandener Daten (Bohrungen, Seismik, geologisches 3D-Modell etc.) zum Salzstock und Deckgebirge, in Kombination mit einem generellen Prozessverständnis zur Salzstockgenese, wurde ein synthetisches Profil im Zentralbereich des Teilgebietes erstellt (Abbildung 94 und Abbildung 98). Neben den Deckgebirgseinheiten wird die benötigte Salzschwebe von 300 m und Bereiche von mächtigem Steinsalz abgebildet, in denen es potenziell möglich wäre einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich auszuweisen. Das Zechstein-Salinar stellt den Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion dar, in dem ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich ausgewiesen werden kann. Die Abfolge des Zechstein wird von jüngeren Schichten des Quartär, Tertiär und der Oberkreide überdeckt, die sowohl erosions- (v. a. Oberkreide) als auch grundwasserhemmende (v. a. Tertiär) Eigenschaften aufweisen.

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 315

## Anwendungsbeispiel GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)

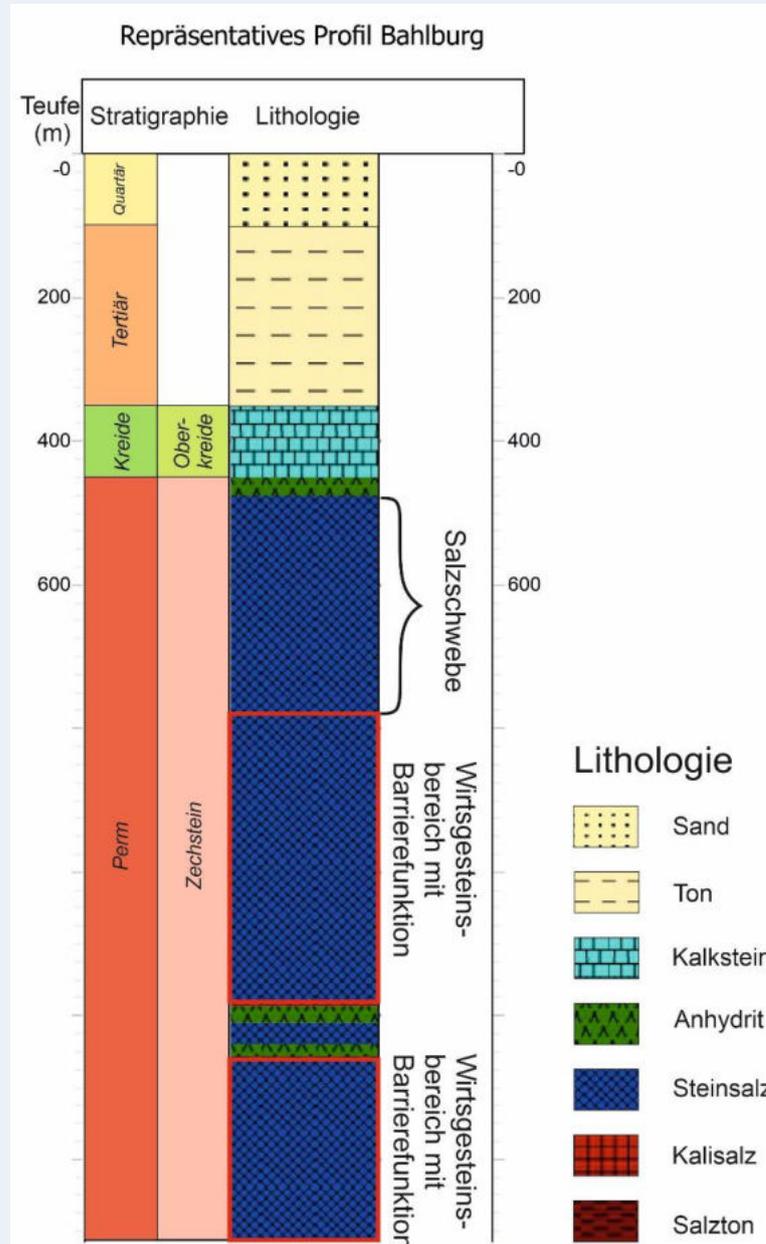


Abbildung 94: Synthetisches, repräsentatives Bohrprofil im Zentralbereich der Salzstruktur Bahlburg.  
Teufenwerte sind ab Zechstein abgeschätzt.

Das Schichtenverzeichnis der dargestellten Bohrung Bahlburg 1 (Abbildung 95 und Abbildung 96) zeigt beispielhaft Bereiche mit Steinsalzmächtigkeit von mehr als 100 m, die der Staßfurt-Formation zuzuordnen sind. Die Schichten wurden mit einem Einfallen von ca. 70° eingemessen. Die Bohrung durchteuft mit zunehmender Tiefe auch Einheiten der Leine-Folge

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 316

**Anwendungsbeispiel GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)**

und zeigt eine für Salzstrukturen typische kleinräumige Verfaltung im Randbereich der Salzstruktur. Das steile Einfallen der Schichten muss bei der Interpretation der Mächtigkeit berücksichtigt werden. Werte die nicht senkrecht zur Schichtfläche gemessen werden, werden als scheinbare Mächtigkeit bezeichnet und sind in Abhängigkeit von der räumlichen Orientierung einer Schicht und der Lage der Bohrung, zu hoch oder zu niedrig. Bohrungsinformationen aus anderen Bereichen des Norddeutschen Beckens haben Mächtigkeiten des Steinsalzes der Staßfurt-Formation von bis zu 600 m nachgewiesen (Balzer et al. 2020). Aufgrund der beckenzentralen Lage des GzME kann angenommen werden, dass sich die in der Bohrung Bahlburg 1 nachgewiesenen Mächtigkeiten der Steinsalzabfolgen lateral fortsetzen. Abgeleitet aus der Lage der Bohrung kann dies als Anzeiger für ein großes Potenzial an reinem Steinsalz im Zentralbereich des Salzstockes herangezogen werden.

Die Abbildung 95 und Abbildung 96 zeigen die Korrelation der Deckgebirgseinheiten. Vorhandene zusätzliche geologische Barrieren im Deckgebirge, wie z. B. die Tonformationen im Tertiär, können mit ihrer Mächtigkeit und Ausprägung abgeschätzt und in den Profilen dargestellt werden. Die Profile charakterisieren auch die Sedimentabfolgen des Nebengebirges außerhalb des Salzstocks Bahlburg, um ein vollständiges geologisches Bild zu zeigen. Die Gesteinsabfolgen innerhalb der Salzstruktur, welche durch Bohrungen erfasst werden, sind nicht repräsentativ für das gesamte Teilgebiet, da hier die im Detail unbekannte Verfaltung der geologischen Einheiten nur eingeschränkt eine räumliche Übertragung von Bohrungsinformationen zulassen. Dennoch sind sie ein wichtiger Hinweis für die konkreten geologischen Verhältnisse an der erbohrten Lokation.

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 317

## Anwendungsbeispiel GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)

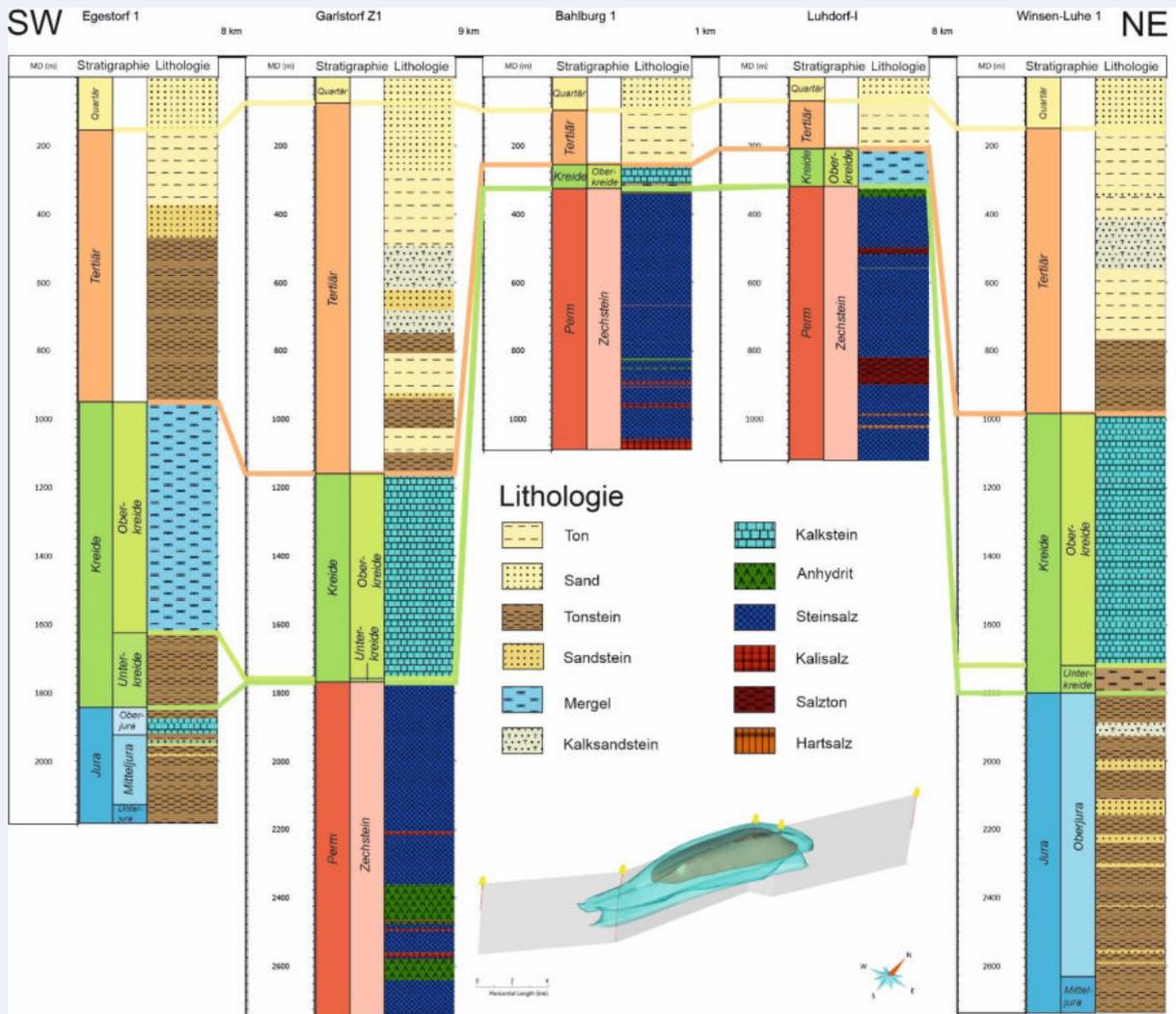


Abbildung 95: Bohrungskorrelation der Deckgebirgseinheiten in einem SW-NE verlaufenden Profil über den Salzstock Bahlburg. Bohrungslokalitäten, die Salzstruktur Bahlburg und das enthaltene Teilgebiet sind in einem Übersichtsschnitt aus dem geologischen 3D-Modell visualisiert.

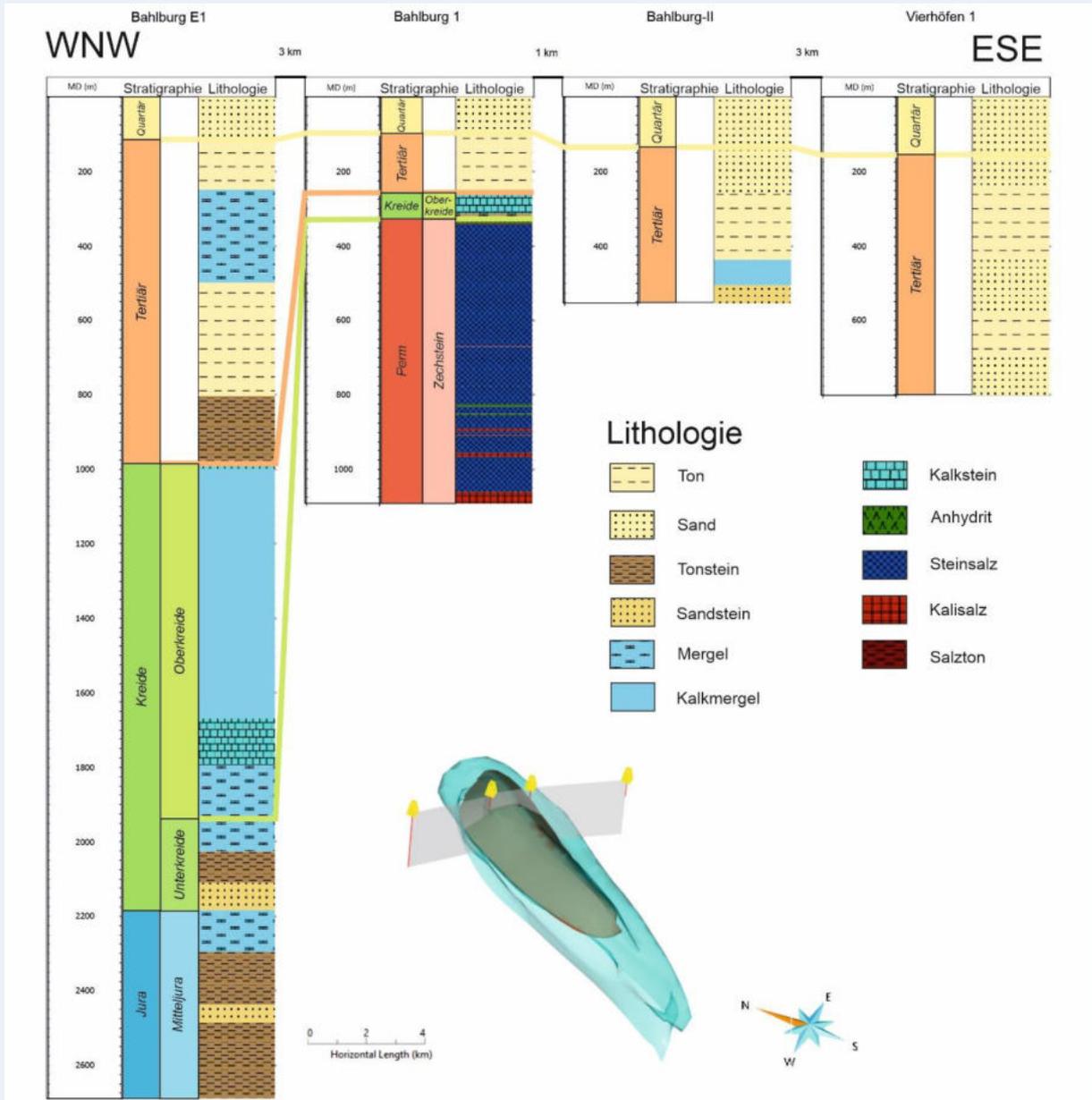
# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 318

## Anwendungsbeispiel GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)



**Abbildung 96:** Bohrungskorrelation der Deckgebirgseinheiten in einem WNW-ESE verlaufenden Profil über den Salzstock Bahlburg. Bohrungslagen, die Salzstruktur Bahlburg (türkis) und das enthaltene Teilgebiet (dunkelgrün) sind unten im Bild in einem Übersichtsschnitt aus dem geologischen 3D-Modell visualisiert.

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 319

## Anwendungsbeispiel GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)

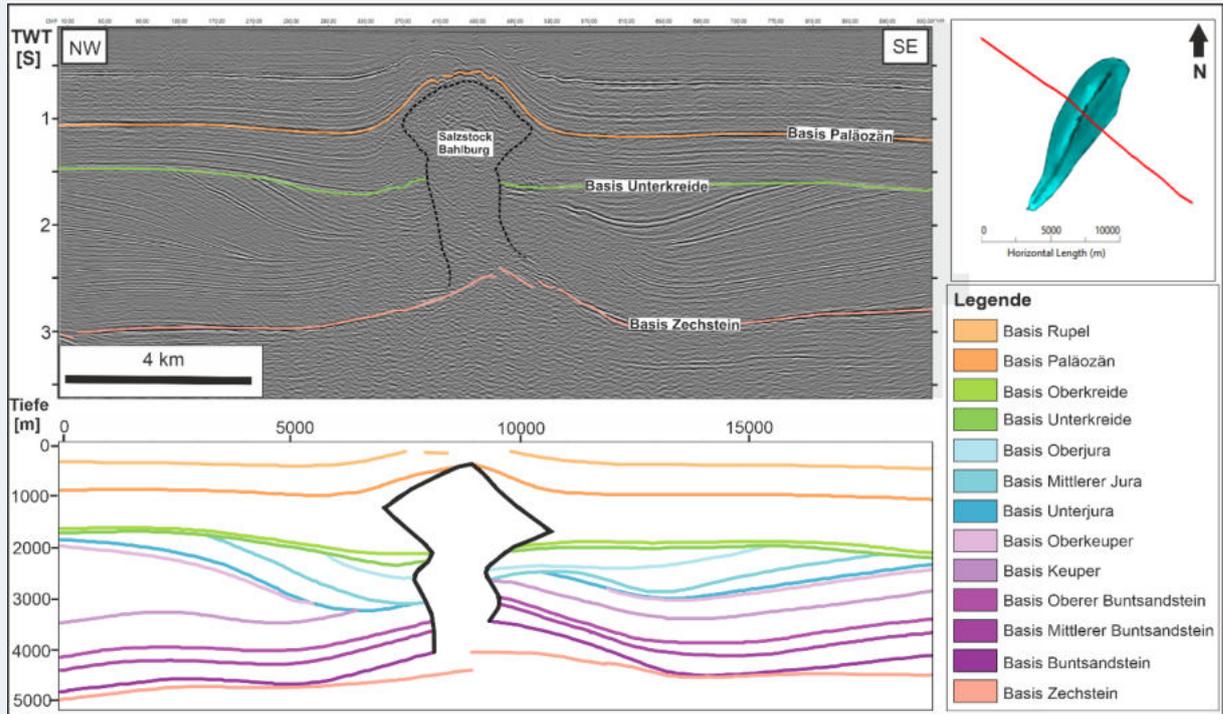


Abbildung 97: NW-SE gerichtetes seismisches Profil in Zeit [Zwei-Wege Laufzeit, TWT] (oben) und ein lagegleicher Profilschnitt (unten) aus dem geologischen 3D-Modell (BGR et al. 2021) über dem GzME „Salzstock Bahlburg“. Die Lage der Profile ist durch die rote Linie oben rechts gekennzeichnet.

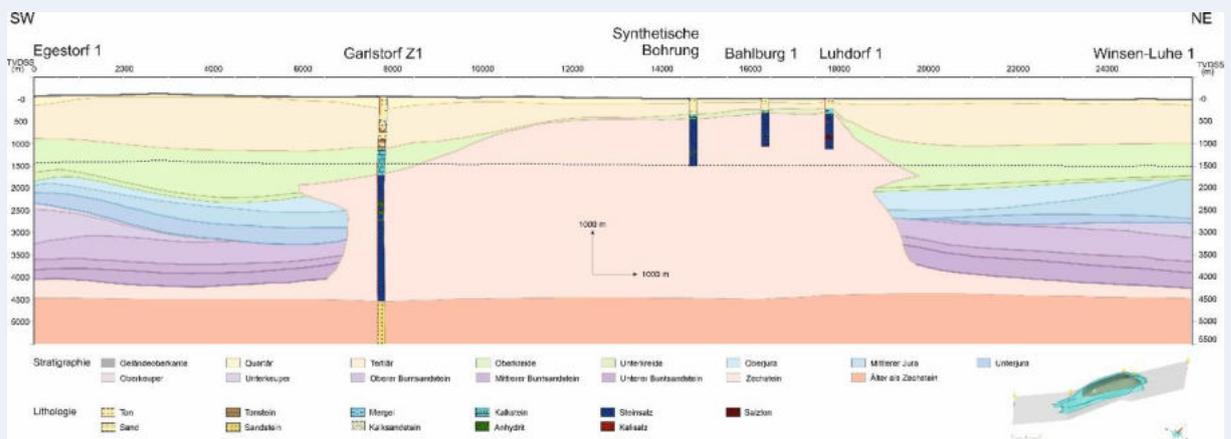


Abbildung 98: Profilschnitt (SW-NE) entlang von fünf Bohrungen aus dem geologischen 3D-Modell der Salzstruktur Bahlburg, ergänzt durch eine synthetische Bohrung im Zentralbereich der Salzstruktur

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 320

*Beispiel 49: Räumliche Konfiguration der Gesteinskörper im Untergrund – Anwendungsbeispiel Teiluntersuchungsraum 04\_11UR im GzME „Saxothuringikum“ (009\_00TG)*

### **Räumliche Konfiguration der Gesteinskörper im Untergrund – Beispiel Teiluntersuchungsraum 04\_11UR im GzME „Saxothuringikum“ (009\_00TG)**

Der Teiluntersuchungsraum 04\_11UR\_009\_00TG\_194\_00IG\_K\_g\_SO GzME „Saxothuringikum“ (009\_00TG) kann durch insgesamt 46 Bohrungen beschrieben werden, die direkt kristalline Wirtsgesteine erbohrt haben oder in unmittelbarer Nähe liegen. Variszischen Plutonite (Granite, Granodiorite und Monzonite) des Meißener Plutons dominieren in diesem Teiluntersuchungsraum; es treten jedoch vereinzelt tektonisch beanspruchte hochgradig regionalmetamorphe Gesteine (Amphibolitfazies) auf (Abbildung 99). Die verschiedenen kristallinen Wirtsgesteinsformationen wurden in der Geosynthese anhand von Schichtenverzeichnissen aus Bohrungen, 3D-Modellen und geowissenschaftlicher Literatur charakterisiert. Zur Illustration dieser Auswertung des Wirtsgesteinsbereichs mit Barrierefunktion werden zwei repräsentative Bohrprofile, ein lithostratigraphisches Profil und ein Profilschnitt eines 3D-Modells gezeigt. Im zentralen nördlichen Teil des Teiluntersuchungsraums 04\_11UR stellt Bohrung B...99....1972 (320,4 m u. GOK MD) und im zentralen südlichen Teil die Bohrung B.1811....1986 (695,0 m u. GOK MD) ein repräsentatives Profil dar. Die Schichtenverzeichnisse der beiden Bohrungen liefern den größten Informationsgehalt, wobei Bohrung B.1811....1986 die größte Teufe im Teiluntersuchungsraum 04\_11UR erreicht. Für ein lithostratigraphisches Profil der hochgradig regionalmetamorphen Gesteine im Teiluntersuchungsraum 04\_11UR wurden die Beschreibungen aus Frischbutter (1979) herangezogen. Diese repräsentativen Profile liefern eine detaillierte Beschreibung von Lithologie, Strukturen, und Alterationen von kristallinen Wirtsgesteinseinheiten (Abbildung 100). Der Profilschnitt aus einem vorläufigen strukturgeologischen 3D-Modell des Meißener Plutons und der Nebengesteine verdeutlicht die räumliche Verteilung der unterschiedlichen kristallinen Wirtsgesteine im Teiluntersuchungsraum 04\_11UR (Abbildung 101).

Als Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion werden im Teiluntersuchungsraum 04\_11UR die kristallinen Wirtsgesteine entsprechend der Wirtsgesteinsdefinition (s. Anhang 6) angesehen. Alle kristallinen Wirtsgesteinseinheiten im Teiluntersuchungsraum 04\_11UR stehen entweder direkt an der Oberfläche an oder liegen unter einer geringmächtigen känozoischen bzw. mächtigeren kretazischen Sedimentbedeckung. Lediglich im Bereich des Briesnitzer Beckens erreichen permische Konglomerate Mächtigkeiten von ca. 650 m und überdecken kristalline Wirtsgesteine. Die Mächtigkeit des Wirtsgesteinsbereiches mit Barrierefunktion im Teiluntersuchungsraum 04\_11UR beträgt 850 m bis 1 500 m zwischen 0 m und 1 500 m u. GOK.

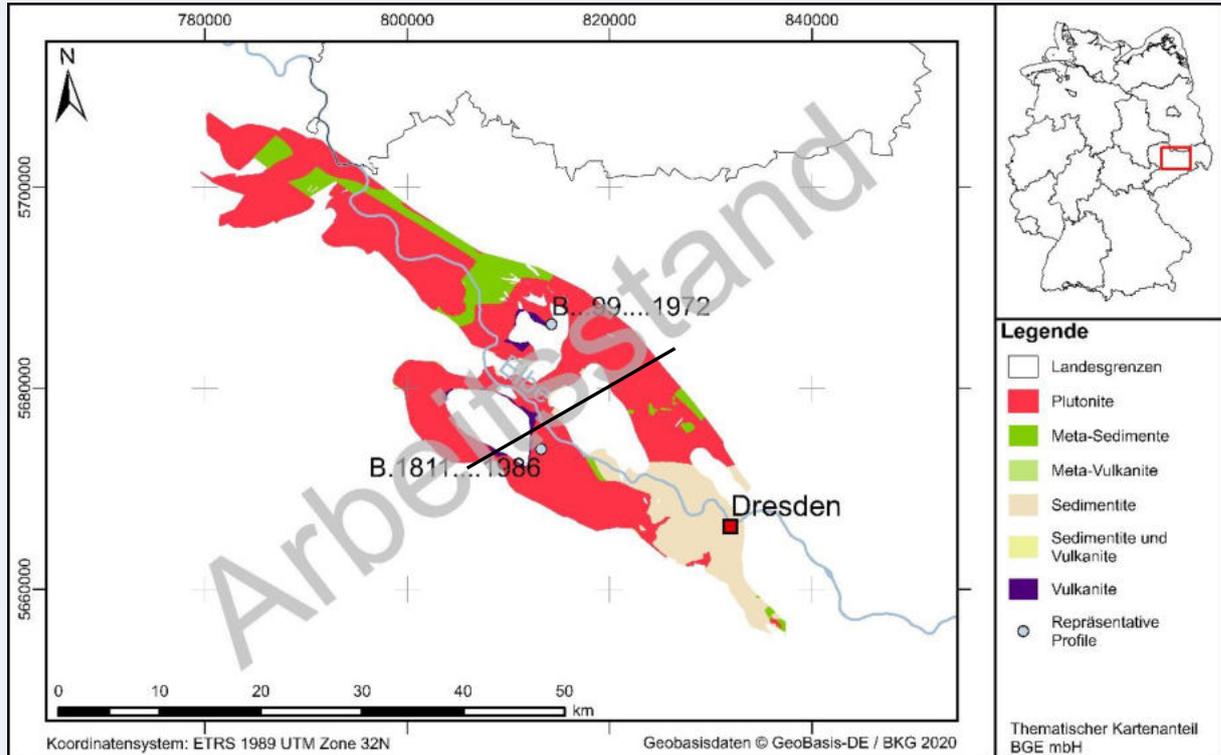
# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 321

## Räumliche Konfiguration der Gesteinskörper im Untergrund – Beispiel Teiluntersuchungsraum 04\_11UR im GzME „Saxothuringikum“ (009\_00TG)



**Abbildung 99:** Variszische und cadomische kristalline Wirtsgesteine und Nebengesteine sowie Lage der repräsentativen Profile im Teiluntersuchungsraum 04\_11UR (nach GK100 LJK, LfULG). Die Lage des repräsentativen synthetischen Profils der Regionalmetamorphite (Frischbutter 1979) wird durch die Flächen der Meta-Sedimentite wiedergegeben, die schwarze Linie markiert die Lage des Profilschnitts (Abbildung 101).

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 322

## Räumliche Konfiguration der Gesteinskörper im Untergrund – Beispiel Teiluntersuchungsraum 04\_11UR im GzME „Saxothuringikum“ (009\_00TG)

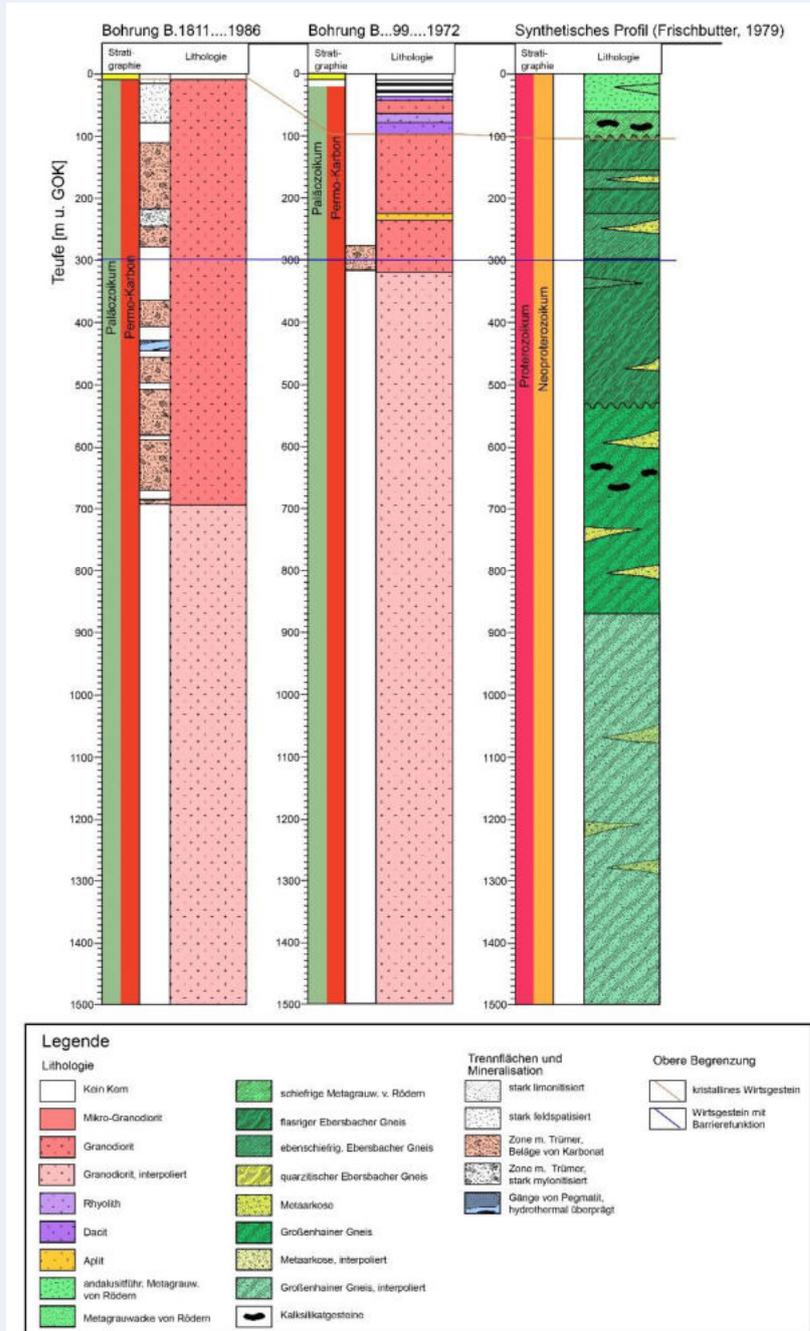


Abbildung 100: Repräsentative Profile im Teiluntersuchungsraum 04\_11UR. Für das synthetische Profil im nordöstlichen Bereich des Teiluntersuchungsraums 04\_11UR (Paragneise/Meta-Sedimente) wurden die Erläuterungen aus Frischbutter (1979) verwendet; die obere Begrenzung des Wirtsgesteinsbereichs mit Barrierefunktion liegt bei 300 m u. GOK.



<b>Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung</b>								 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>	
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 324
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				EA	TF	0002	00	

### 5.7.2 Kriterium zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper (Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG)

Die Bearbeitung des „Kriteriums zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper“ gemäß Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG dient der qualitativen Analyse des sicheren Einschlusses (Kapitel 6). Die Bewertung des Kriteriums geht zu großen Teilen aus den Arbeiten, die in der Teiluntersuchungsraum-spezifischen Ausarbeitung der Geosynthese stattfinden, hervor. Deshalb wird zur besseren Nachvollziehbarkeit das Vorgehen genauer erläutert, ohne formell zwischen der Geosynthese und der Bewertung, die im Rahmen der Analyse des Endlagersystems stattfindet, zu unterscheiden. Im Kapitel 5.7.2.1 folgen Anwendungsbeispiele aus den GzME.

Das „Kriterium zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper“ umfasst die bewertungsrelevante Eigenschaft „Barrierewirksamkeit“ mit zwei Indikatoren und die bewertungsrelevanten Eigenschaften „Robustheit und Sicherheitsreserven“ sowie „Volumen des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ mit jeweils einem Indikator. Im Fall des Wirtsgesteins Tongestein wird zusätzlich noch der „Indikator „Potenzialbringer“ berücksichtigt (siehe Tabelle 35). Sofern die räumliche Ausdehnung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs undefiniert ist, bezieht sich die Anwendung der Indikatoren zunächst auf den Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion.

Tabelle 35: Auszug aus Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße beziehungsweise Indikator des Kriteriums	Wertungsgruppe		
		günstig	bedingt günstig	weniger günstig
Barrierewirksamkeit	Barrierenmächtigkeit [m]	> 150	100 – 150	50 – 100
	Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich	vollständig	unvollständig, kleinere Fehlstellen in unkritischer Position	unvollständig, größere Fehlstellen in kritischer Position
Robustheit und Sicherheitsreserven	Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs [m unter Geländeoberfläche]	> 500	300 – 500	
Volumen des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs	flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit (Vielfaches des Mindestflächenbedarfs)	>> 2-fach	etwa 2-fach	<< 2-fach

2020-10-26\_PM\_QMV02\_Textblatt A4 Hochformat\_REV02

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 325
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				EA	TF	0002	00	

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße beziehungsweise Indikator des Kriteriums	Wertungsgruppe		
		günstig	bedingt günstig	weniger günstig
Indikator „Potenzialbringer“ bei Tonstein Anschluss von wasserleitenden Schichten in unmittelbarer Nähe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs / Wirtsgesteinkörpers an ein hohes hydraulisches Potenzial verursachendes Gebiet	Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischem Potenzial, die die Induzierung beziehungsweise Verstärkung der Grundwasserbewegung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich ermöglichen können	Keine Grundwasserleiter als mögliche Potenzialbringer in unmittelbarer Nachbarschaft zum Wirtsgestein / einschlusswirksamen Gebirgsbereich vorhanden		Grundwasserleiter in Nachbarschaft zum Wirtsgestein / einschlusswirksamen Gebirgsbereich vorhanden

Die bewertungsrelevante Eigenschaft „Barrierewirksamkeit“ wird durch die Indikatoren „Barrierenmächtigkeit [m]“ und „Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich“ beschrieben. Nach Alfara et al. (2020b, S. 143) wird unter der Barrierenmächtigkeit in den Fällen, in denen der Einlagerungsbereich innerhalb des Barrieregesteins liegt (Konfigurationstyp A nach AkEnd 2002), der kleinste Abstand zwischen der mittleren Teufenlage des Einlagerungsbereiches und dem Rand des Barrieregesteins verstanden. Dabei wird diejenige Positionierung des Einlagerungsbereichs im Barrieregestein unterstellt, die diese Barrierenmächtigkeit maximiert (Alfara et al. 2020b, S. 143). Dementsprechend beträgt die Gesamtmächtigkeit eines Barrieregesteins (in diesem Fall die Mächtigkeit des Wirtsgesteinsbereiches mit Barrierefunktion) das Doppelte von dessen so definierter Barrierenmächtigkeit. Der Indikator „Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch den einschlusswirksamen Gebirgsbereich“ wurde im Schritt 1 der Phase I in jedem Teilgebiet als günstig bewertet. Dieser Annahme liegt ein vollständig vom einschlusswirksamen Gebirgsbereich umschlossener Einlagerungsbereich zugrunde (Endlagersystem Typ 1). Alternative Konfigurationstypen (z. B. Typ Bb bzw. „überlagernder einschlusswirksamer Gebirgsbereich“ gemäß AkEnd 2002) erfüllen nicht die Anforderungen an den sicheren Einschluss gemäß § 4 Abs. 4 EndlSiAnV (Details hierzu siehe Kapitel 4.1.3.2). Mit zunehmendem Detailgrad der Standortsuche ist gegebenenfalls die Identifizierung von „Fehlstellen“, d. h. lokale abweichende hydraulische Eigenschaften der Gesteinstypen im einschlusswirksamen Gebirgsbereich, möglich, welche in unkritischer Position zu einer bedingt günstigen und in kritischer Position zu einer weniger günstigen Bewertung führen (Mönig et al. 2020b).

Die bewertungsrelevante Eigenschaft „Robustheit und Sicherheitsreserven“ wird durch den Indikator „Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs [m unter Geländeoberfläche]“ beschrieben (Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG). Durch die Erfüllung der Mindestanforderung „minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ von 300 m u. GOK

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 326

nach § 23 Abs. 5 Nr. 3 StandAG ist für jedes Gebiet die Wertungsgruppe „bedingt günstig“ erfüllt. Die Bewertung des Indikators erfolgt dementsprechend mit „günstig“ oder „bedingt günstig“.

Die bewertungsrelevante Eigenschaft „Volumen des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ wird durch den Indikator „flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit (Vielfaches des Mindestflächenbedarfs)“ beschrieben. Die Bewertung der flächenhaften Ausdehnung ergibt sich aus dem Verhältnis von horizontaler Querschnittsfläche des Barrieregesteins zu der Fläche des Endlagers (Alfarra et al. 2020b, S. 144). Als Mindestflächenbedarf wird dabei in erster Näherung der zur Mindestanforderung „Fläche des Endlagers“ zu § 23 Abs. 5 Nr. 4 StandAG in der Begründung des Gesetzentwurfes aus dem Jahr 2017 (BT-Drs. 18/11398, Seite 71) angegebener Flächenbedarf verstanden. Im Verlaufe der rvSU erfolgen Teiluntersuchungsraum-spezifische Prognosen bzw. Berechnungen des Mindestflächenbedarfs gemäß § 6 Abs. 4 EndlSiUntV und § 7 Abs. 6 Nr. 3 Buchst. d) EndlSiUntV (siehe Kapitel 4.2.8), welche eine detailliertere Anwendung des Indikators möglich machen.

Die bewertungsrelevante Eigenschaft „Indikator „Potenzialbringer“ bei Tonstein – Anschluss von wasserleitenden Schichten in unmittelbarer Nähe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs/Wirtsgesteinskörpers an ein hohes hydraulisches Potenzial verursachendes Gebiet“ wird durch den Indikator „Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischem Potenzial, die die Induzierung beziehungsweise Verstärkung der Grundwasserbewegung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich ermöglichen können“ beschrieben. Nach Alfarra et al. (2020b, S. 144) ist dieser Indikator eine qualitative Bewertung für Tongestein, ob wasserleitende Schichten in unmittelbarer Nähe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs bzw. des Wirtsgesteinskörpers existieren, die zum einschlusswirksamen Gebirgsbereich eine hohe Potenzialdifferenz aufweisen oder aufbauen können. Für die Beschreibung der räumlichen Verteilung von Potenzialbringern im Verhältnis zum Wirtsgesteinskörper werden in Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG drei verschiedene Begriffe verwendet: „in unmittelbarer Nähe“, „in unmittelbarer Nachbarschaft“ und „in Nachbarschaft“. Die verwendeten Begriffe sind identisch zu verstehen. Für eine Bewertung sind überschlägige Abschätzungen (z. B. anhand generischer Modellrechnungen) erforderlich, um die Relevanz von Potenzialbringern in der vorliegenden Konfiguration für das Endlagersystem bewerten zu können. Das Vorgehen wird aktuell entwickelt weshalb eine detaillierte methodische Beschreibung zur Bewertung des Indikators „Potenzialbringer bei Tonstein“ des Kriteriums zur „Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper (Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG)“ zurzeit noch nicht vorliegt.

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 327

**5.7.2.1 Beispiele zur Ausarbeitung und Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper  
(Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG)**

Die Konfiguration der Gesteinskörper wird über die räumlichen Charakteristika (Mächtigkeit, Umschließung, Tiefenlage und Ausdehnung) des Wirtsgesteinsbereichs mit Barrierefunktion sowie im Falle des Wirtsgesteins Tongestein über das hydraulische Potenzial der barrierewirksamen Gesteine bewertet.

Als Anwendungsbeispiele werden im Folgenden das GzME „Opalinuston“ (Beispiel 50) für das Wirtsgestein Tongestein, das GzME „Salzstock Bahlburg“ (Beispiel 51) für das Wirtsgestein „Steinsalz in steiler Lagerung“, das GzME „Thüringer Becken“ (Beispiel 52) für das Wirtsgestein „Steinsalz in stratiformer Lagerung“ sowie das GzME „Saxothuringikum“ (Beispiel 53) für das kristalline Wirtsgestein vorgestellt.

*Beispiel 50: Anwendungsbeispiel im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)*

**Anwendungsbeispiel Teiluntersuchungsraum 01\_07UR im GzME „Opalinuston“**

Die geowissenschaftlichen Arbeiten als Grundlage für die Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG werden für das GzME 01\_00UR am Beispiel des Teiluntersuchungsraums 01\_07UR gezeigt (vgl. Kapitel 5.6.1). Dieser Teiluntersuchungsraum hat eine flächenhafte Ausdehnung von 3 078 km<sup>2</sup> und befindet sich auf der Schwäbischen Alb und in Teilen des Molassebeckens in den Bundesländern Baden-Württemberg und Bayern. Der Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion wird durch die Opalinuston-Formation (bestehend aus Teufelsloch-Subformation und Zillhausen-Subformation) der stratigraphischen Einheit Mittlerer Jura gebildet. Die jurassischen Ablagerungen fallen flach nach Südosten ein und werden im Süden durch mächtige Abfolgen des Molassebeckens überlagert.

Die Bewertung der Einzelindikatoren des Kriteriums zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper (Anlage 2 (zu § 24 Abs 3) StandAG) ist in Tabelle 36 zusammengefasst. Die Ausarbeitung, die zu Bewertungen der Einzelindikatoren führt, wird im Folgenden gezeigt.

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 328

**Anwendungsbeispiel Teiluntersuchungsraum 01\_07UR im GzME „Opalinuston“**

*Tabelle 36: Übersicht über die Bewertung der Eigenschaften bzw. Indikatoren der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG für 01\_07UR im GzME „Opalinuston“*

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße beziehungsweise Indikator des Kriteriums	Bewertung 01_07UR
Barrierewirksamkeit	Barrierenmächtigkeit [m]	Weniger günstig
	Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich	günstig
Robustheit und Sicherheitsreserven	Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs [m unter Geländeoberfläche]	Flächendifferenziert Im Norden „bedingt günstig“, im Süden „günstig“
Volumen des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs	flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit (Vielfaches des Mindestflächenbedarfs)	günstig
Indikator „Potenzialbringer“ bei Tonstein Anschluss von wasserleitenden Schichten in unmittelbarer Nähe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs/ Wirtsgesteinkörpers an ein hohes hydraulisches Potenzial verursachendes Gebiet	Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischem Potenzial, die die Induzierung beziehungsweise Verstärkung der Grundwasserbewegung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich ermöglichen können	Bewertung liegt noch nicht vor

**Indikator 2.1a Barrierenmächtigkeit**

Die Mächtigkeiten der Abfolgen der Opalinuston-Formation im Teiluntersuchungsraum 01\_07UR betragen zwischen 100 m und 159 m. Die Mächtigkeit nimmt von Nordwesten nach Südosten hin ab. Die 100 m Isolinie bildet dabei auch die östliche Begrenzung des Teiluntersuchungsraums. Am höchsten ist die Mächtigkeit mit 159 m im nordwestlichen Bereich des Teiluntersuchungsraums 01\_07UR (Abbildung 102). Die 120-m- und 140-m-Isolinien ziehen

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 329

## Anwendungsbeispiel Teiluntersuchungsraum 01\_07UR im GzME „Opalinuston“

sich weitestgehend in einer NNE-SSW-Richtung durch den Teiluntersuchungsraum (Abbildung 102). Insgesamt hat die Opalinuston-Formation im gesamten Teiluntersuchungsraum 01\_07UR eine „weniger günstige“ Barrieremächtigkeit.

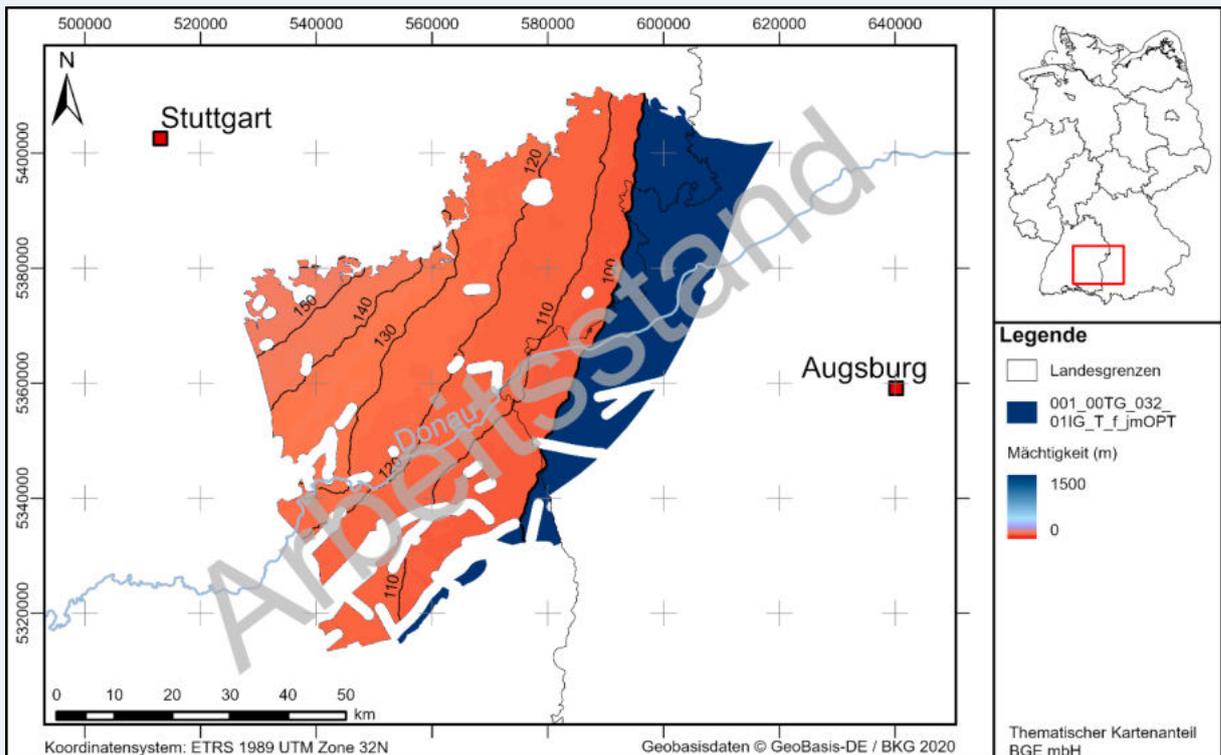


Abbildung 102: Mächtigkeit der Opalinuston-Formation im Teiluntersuchungsraum 01\_07UR.  
Die Mächtigkeiten variieren zwischen 100 m und 159 m.

### Indikator 2.1b Grad der Umschließung

Wie in Kapitel 5.7.2 beschrieben wird ein vollständig durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich umschlossener Einlagerungsbereich mit „günstig“ bewertet. Derzeit sind keine diskreten Fehlstellen im Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion bekannt. Die Bewertung für den Teiluntersuchungsraum 01\_07UR ist damit „günstig“.

### Indikator 2.2 Tiefenlage der oberen Begrenzung

Die Abfolgen der Teufelsloch-Subformation und Zillhausen-Subformation sind im Teiluntersuchungsraum 01\_07UR in Richtung Südosten geneigt, sodass die Tiefenlage von Nordwest nach Südost kontinuierlich zunimmt (Abbildung 103). Die Tiefenlage des Tops der Teufelsloch-Subformation variiert zwischen 100 m und 1 463 m u. GOK (Abbildung 103). Die Bewertung dieses Indikators für den Teiluntersuchungsraum 01\_07UR erfolgt daher flächendifferen-

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung

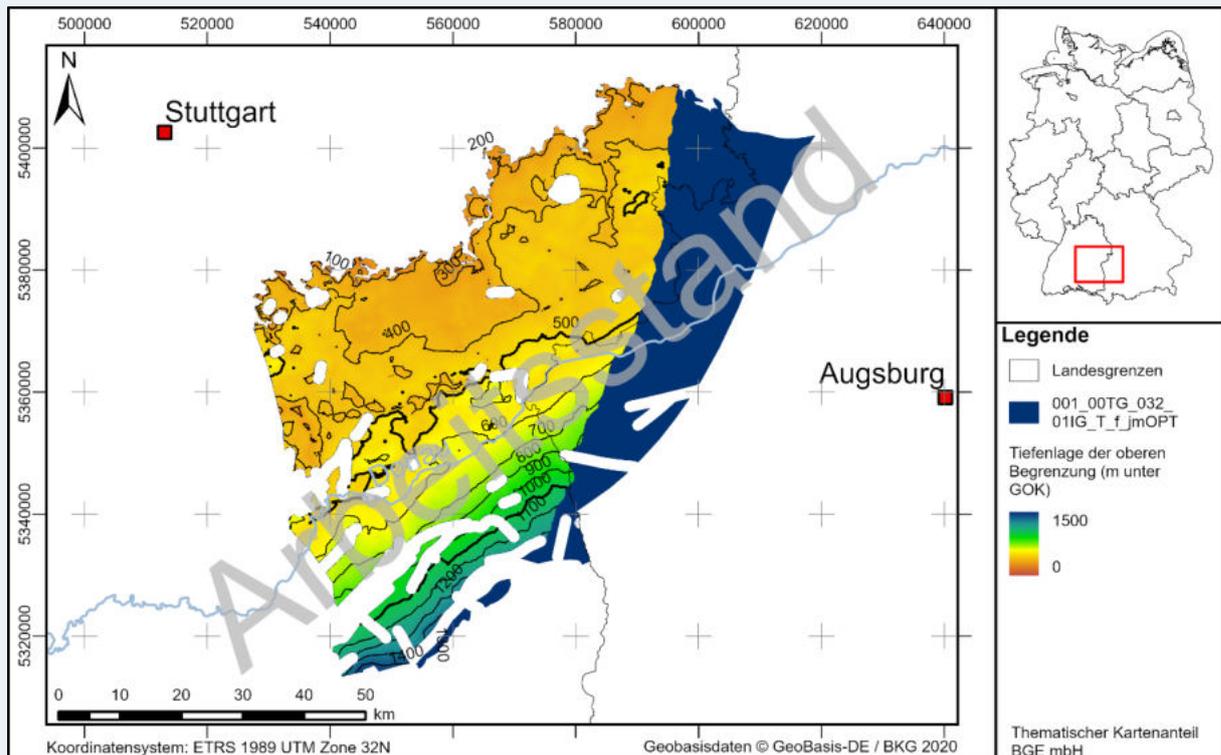


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 330

### Anwendungsbeispiel Teiluntersuchungsraum 01\_07UR im GzME „Opalinuston“

ziert. Im Norden des Teiluntersuchungsraums ist die Bewertung aufgrund der Tiefenlage zwischen 300 m und 500 m u. GOK „bedingt günstig“. Im südlichen Bereich ist die Bewertung aufgrund der Tiefenlage zwischen 500 m und 1 463 m u. GOK „günstig“.



**Abbildung 103:** Tiefenlage der oberen Begrenzung der Opalinuston-Formation im Teiluntersuchungsraum 01\_07UR.  
Die Tiefenlage der oberen Begrenzung der Opalinuston-Formation variiert zwischen 100 m und 1 463 m u. GOK.

### Indikator 2.3 Flächenhafte Ausdehnung

Die Bewertung der flächenhaften Ausdehnung ergibt sich aus dem Verhältnis von horizontaler Querschnittsfläche des Barrieregesteins zu der Fläche des Endlagers (Alfarra et al. 2020b, S. 144). Der „etwa 2-fache Flächenbedarf“ wird als Spannbreite des doppelten bis dreifachen Flächenbedarfes interpretiert. Als Mindestflächenbedarf wird dabei der zur Mindestanforderung „Fläche des Endlagers“ zu § 23 Abs. 5 Nr. 4 StandAG in der Begründung des Gesetzentwurfes aus dem Jahr 2017 (BT-Drs. 18/11398, S. 71) angegebene Flächenbedarf für Tongestein von 10 km<sup>2</sup> verstanden. Mit einer Gesamtgröße von 3 078 km<sup>2</sup> ist die Bewertung für den Teiluntersuchungsraum 01\_07UR daher „günstig“.

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 331

**Anwendungsbeispiel Teiluntersuchungsraum 01\_07UR im GzME „Opalinuston“**

**Indikator 2.4 Potenzialbringer bei Tonstein**

Der Teiluntersuchungsraum 01\_07UR ist hauptsächlich zwei hydrogeologischen Räumen zuzuordnen: der Schwäbischen/Fränkischen Alb und dem Süddeutschen Molassebecken. Wichtigster Unterschied zwischen den beiden Räumen ist, dass die mesozoischen Gesteine im Bereich des Molassebeckens von tertiären Molassesedimenten bedeckt sind, während der Opalinuston auf der Schwäbischen Alb und der Fränkischen Alb nur noch von jüngeren jurassischen Gesteinen überlagert wird. Folgende hydrogeologische Einheiten wurden im Teiluntersuchungsraum 01\_07UR ausgewiesen (Plum et al. 2008):

- Quartäre und jungtertiäre Deckschichten (Hy 1)
- Quartäre Beckensedimente, Moränensedimente und tiefgründig verwitterte Deckenschotter (Hy 2)
- Fluvioglaziale Kiese und Sande im Alpenvorland (Hy 4)
- Obere Meeresmolasse (Hy 8)
- Übrige Molasse (Hy 9)
- Oberjura, schwäbische Fazies (Hy 10)
- Oberjura, helvetische Fazies (Hy 12)
- Unter- und Mitteljura (Hy 13)
- Oberer Mittelkeuper und Oberkeuper (Hy 14)
- Unterkeuper und unterer Mittelkeuper (Gips- und Unterkeuper, Hy 15)
- Oberer Muschelkalk (Hy 16)
- Mittlerer Muschelkalk (Hy 17)
- Unterer Muschelkalk (Hy 18)
- Oberer Buntsandstein (Hy 19)
- Mittlerer und Unterer Buntsandstein (Hy 20)
- Paläozoikum und Kristallin (Hy 21)

In der Abfolge der Einheit Mitteljura nimmt die Opalinuston-Formation eine besondere Stellung als Grundwasseringeleiter ein und bildet außerdem die Sohlschicht für die überlagernden Grundwasservorkommen des Mitteljura (vgl. Abbildung 104). Ihre hydrogeologischen Eigenschaften sind bereits vor längerem umfassend untersucht worden (vgl. Wallrauch 1969; Hekel 1994). Jedoch werden regional die Wasserfallschichten im oberen Teil der Opalinuston-Formation als Grundwasserleiter verzeichnet (UM BW 2018, Anlage 2.4). Eine lokale Bewertung

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 332

**Anwendungsbeispiel Teiluntersuchungsraum 01\_07UR im GzME „Opalinuston“**

über ihre Funktion als Potenzialbringer in unmittelbarer Nähe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs kann derzeit nicht vorgenommen werden.

Klettgau	Wutachgebiet	Westalb	Mittlere Alb	Ostalb
Wutach-Fm. (jmWU)		Ornatenton-Fm. (jmOR)		
Variansmergel-Fm. (jmV)		Dentalienton-Fm. (jmDT)		Sengenthal-Fm. (jmS)
(jmV)	Dentalienton-Fm. (jmDT)			
Hamitenton-Fm. (jmHT)				
Gosheim-Fm. (jmGOS)			Ostreenkalk-Fm. (jmOK)	
Wedelsandstein-Fm. (jmWS)				
Achdorf-Fm. (jmAC)			Eisensandstein-Fm. (jmES)	
Opalinuston-Fm. (jmOPT)				
Legende:		Festgesteinsgrundwasserleiter		
		Grundwassergeringleiter		

*Abbildung 104: Hydrogeologische Gliederung des Mitteljura in Baden-Württemberg (LGRBwissen 2022b)*

Die Eisensandstein-Formation ist im Vorland der Ostalb ein mäßig ergiebiger Kluft- und Porengrundwasserleiter (Plum et al. 2008), welche die Opalinuston-Formation direkt überlagert (Abbildung 91, Abbildung 104, Abbildung 105). Für die Eisensandstein-Formation liegt die Transmissivität bei  $2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$  bis  $2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  und maximal bei  $6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  (Plum et al. 2008). Im Raum Bad Überkingen beträgt die Transmissivität des Unteren Donzdorf-Sandsteins der Eisensandstein-Formation  $2,4 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$  (Carlé et al. 1982). Die mithilfe von Bohrungsdaten interpolierte Mächtigkeitkarte der Eisensandstein-Formation zeigt, dass diese im gesamten Teiluntersuchungsraum 01\_07UR verbreitet ist und Mächtigkeiten von etwa 10 m bis 50 m aufweist (Abbildung 106).

Bei Weilheim/Teck und Wiesensteig verzahnt sich die Eisensandstein-Formation mit der westlich anschließenden Achdorf-Formation (Franz & Nitsch 2009) (Abbildung 105). Die Achdorf-Formation ist ein Grundwassergeringleiter und besteht hauptsächlich aus Tonmergelsteinen mit Kalksteinbänken und wenigen geringmächtigen Sandsteinlagen (LRGBwissen 2021).

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 333

### Anwendungsbeispiel Teiluntersuchungsraum 01\_07UR im GzME „Opalinuston“

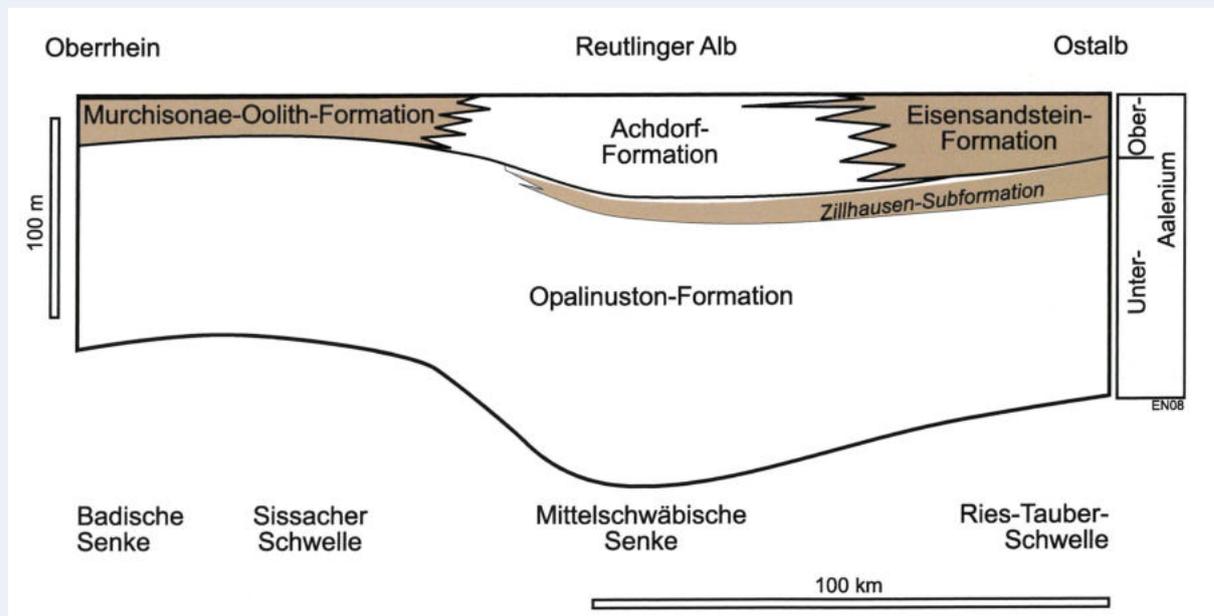


Abbildung 105: Übersicht zu den lithostratigraphischen Einheiten des Aalenium (Mittlerer Jura) in Südwestdeutschland (aus Franz & Nitsch 2009)

Die Eisensandstein-Formation kann informell in mehrere Abschnitte gegliedert werden (Franz & Nitsch 2009): Die Basis bildet der bis 8 m mächtige Untere Donzdorf-Sandstein, über dem der Untere Flözhorizont aus sandigen Eisenoolithen entwickelt ist. Darüber folgen die Personatensandsteine als lateral uneinheitliche Wechselfolge aus Tonmergelsteinen mit Sandsteinen, in die lokal weitere sandige Eisenoolithe eingeschaltet sind. Der obere Teil der Formation besteht aus dem Oberen Flözhorizont und dem Oberen Donzdorf-Sandstein. Der Obere Flözhorizont enthält die wichtigsten Erzkörper mit Mächtigkeiten von bis zu 2,2 m und einem Durchmesser von mehreren Kilometern, welche als linsenartige Körper in Tonsteine eingelagert sind (Wild 1951; Frank et al. 1975). Der Obere Donzdorf-Sandstein kann lateral wechselnd als massiver, mehrere Meter mächtiger Sandstein oder als schwach sandige Tonsteinabfolge ausgebildet sein.

Die Hangend- und Liegendgrenzen der Eisensandstein-Formation sind die Basis des Sowerby-Ooliths der Wedelsandstein-Formation sowie die Basis des Unteren Donzdorf-Sandsteins (Franz & Nitsch 2009).

Der Großteil des Teiluntersuchungsraums 01\_07UR wird von der Eisensandstein-Formation., einem mäßig ergiebigen Kluft- und Porengrundwasserleiter, überlagert. Lediglich im WNW im Raum Urach befindet sich die Opalinuston-Formation lokal in direktem Kontakt mit den tonigen Abfolgen der Achdorf-Formation. Dort sind die Mächtigkeiten der Eisensandstein-Formation gering (kleiner als 10 m, Abbildung 106).

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 334

**Anwendungsbeispiel Teiluntersuchungsraum 01\_07UR im GzME „Opalinuston“**

Für das Gebiet im Südwestdeutschen Alpenvorland und der Schwäbischen Alb, in dem sich der Teiluntersuchungsraum 01\_07UR befindet, ist ein teilweise hohes hydraulisches Potenzial für die Karbonataquifere Oberjura und Muschelkalk (Stober 2013) beschrieben und kann für die sandigen Abfolgen der Eisensandstein-Formation ebenfalls angenommen werden.

Für eine Bewertung sind überschlägige Abschätzungen (z. B. anhand generischer Modellrechnungen) erforderlich, um die Relevanz von Potenzialbringern in der vorliegenden Konfiguration für das Endlagersystem bewerten zu können. Daher liegt eine Bewertung des Indikators „Potenzialbringer bei Tonstein“ des Kriteriums zur „Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper (Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG)“ zurzeit noch nicht vor.

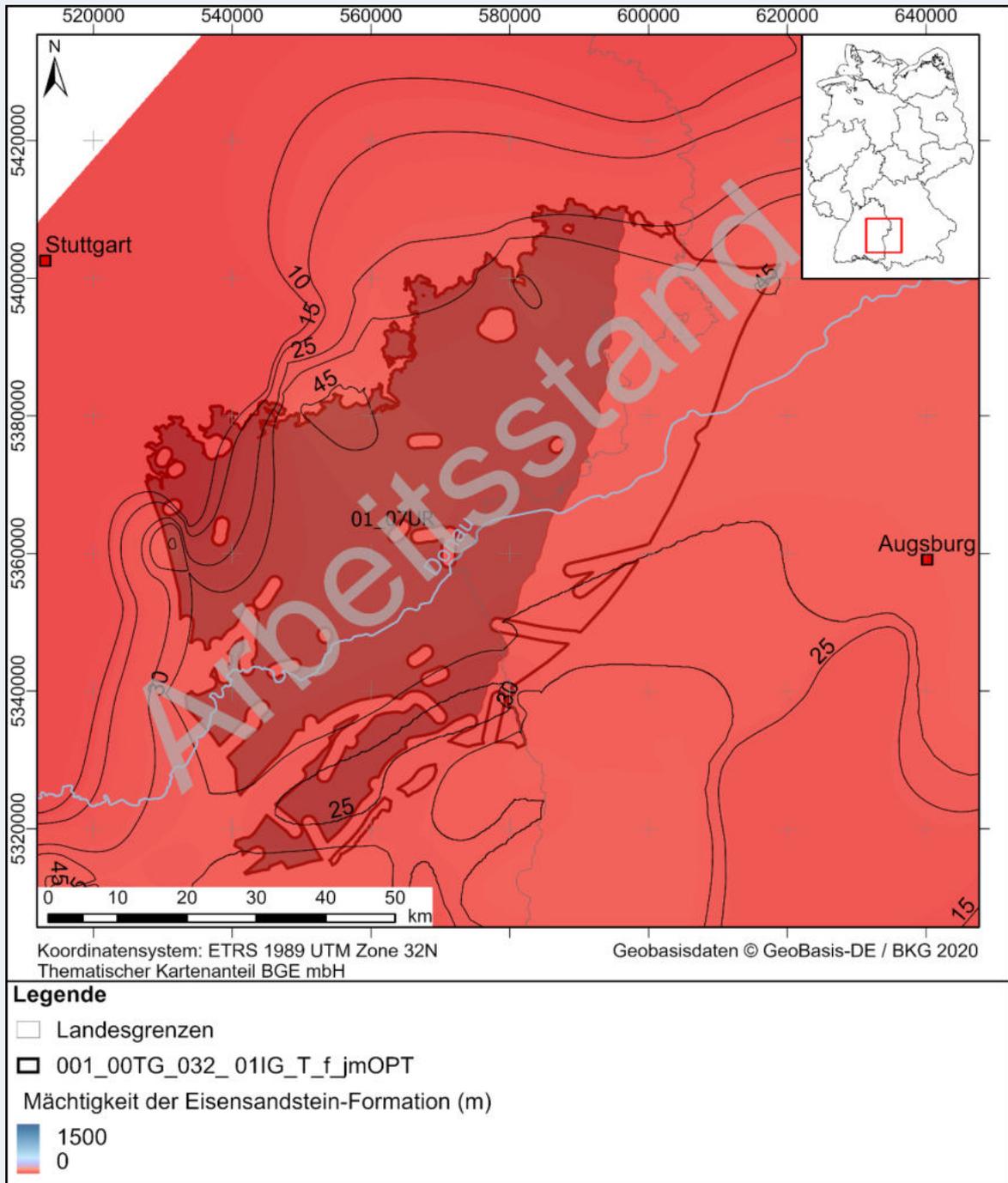
# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 335

## Anwendungsbeispiel Teiluntersuchungsraum 01\_07UR im GzME „Opalinuston“



**Abbildung 106:** Mächtigkeit der Eisensandstein-Formation mit Lage des GzME „Opalinuston“ und Teiluntersuchungsraum 01\_07UR.  
Die Mächtigkeit wurde mit Hilfe von Bohrungsdaten und Isopachen aus dem Speicherkataster (Fehn et al. 2010) und dem Geothermieatlas (Suchi et al. 2014) interpoliert (Natürlicher Nachbar).

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 336

Beispiel 51: Anwendungsbeispiel GzME „Bahlburg“ (02\_00UR)

### Anwendungsbeispiel im GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)

Für das GzME „Salzstock Bahlburg“ werden die ausgewiesenen Flächen des Teilgebiets 035\_00TG verwendet. Im Folgenden wird die Situation im GzME „Salzstock Bahlburg“ bezüglich der jeweiligen Indikatoren dargestellt. Es gilt zu beachten, dass die Bewertung überprüft werden muss, sobald nähere Erkenntnisse zum Internbau der Salzstruktur ermittelt werden konnten. Für das aktuelle Beispiel gilt für die Bewertung vereinfacht die Annahme, dass die Salzstruktur vollständig aus dem Wirtsgestein Steinsalz aufgebaut ist.

Die Bewertung der Einzelindikatoren des Kriteriums zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper (Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) ist in Tabelle 37 zusammengefasst. Die Ausarbeitung der Einzelindikatorenbewertung wird im Folgenden gezeigt.

*Tabelle 37: Übersicht über die Bewertung der einzelnen Indikatoren der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG des GzME „Salzstock Bahlburg“*

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße beziehungsweise Indikator des Kriteriums	Bewertung 02_00UR
Barrierewirksamkeit	Barrierenmächtigkeit [m]	Flächendifferenziert: günstig, bedingt günstig oder weniger günstig
	Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich	günstig
Robustheit und Sicherheitsreserven	Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs [m unter Geländeoberfläche]	günstig
Volumen des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs	flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit (Vielfaches des Mindestflächenbedarfs)	günstig

#### Indikator 2.1a Barrierenmächtigkeit

Das GzME „Salzstock Bahlburg“ hat eine maximale Mächtigkeit von 860 m im Zentralbereich der Salzstruktur. Zu den Rändern der Salzstruktur sinkt die Barrieremächtigkeit bis auf 100 m radial ab. Die Verteilung wird in Abbildung 107 dargestellt. Für alle Mächtigkeitsangaben gilt, dass hier bereits die geforderten 300 m Salzscheibe eingehalten sind. Der Bereich mit mehr als 300 m Mächtigkeit (entspricht der Wertungsgruppe „günstig“; mit einer Barrieremächtigkeit

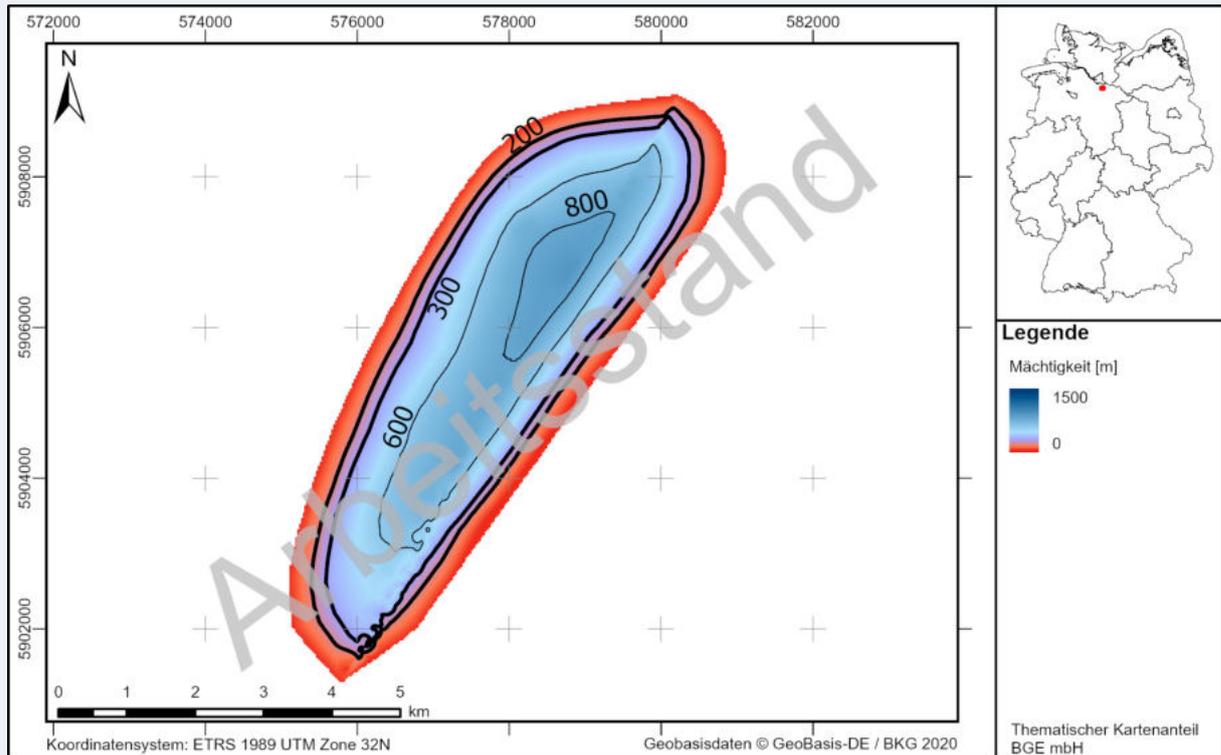
# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 337

## Anwendungsbeispiel im GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)

von 150 m nach oben wie nach unten) ist mit 13 km<sup>2</sup> deutlich größer als der geforderte Mindestflächenbedarf von 3 km<sup>2</sup> und damit liegt eine günstige Bewertung vor.



**Abbildung 107:** Darstellung der Mächtigkeit des GzME „Salzstock Bahlburg“. Die in § 23 StandAG geforderte Salzscheibe von 300 m ist berücksichtigt. Dicke Isolinien zeigen Schwellenwerte der Wertungsgruppen des Indikators 1.

### Indikator 2.1b Grad der Umschließung

Wie in Kapitel 5.7.2 beschrieben wird ein vollständig durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich umschlossener Einlagerungsbereich mit „günstig“ bewertet. Derzeit sind keine diskreten Fehlstellen im Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion bekannt. Die Bewertung für das GzME „Salzstock Bahlburg“ ist damit „günstig“.

### Indikator 2.2 Teufe der oberen Begrenzung

Für das Wirtsgestein Steinsalz „in steiler Lagerung“ wird als obere Begrenzung die Trennfläche zwischen der gesetzlich festgelegten 300 m Salzscheibe und dem Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion, der den einschlusswirksamen Gebirgsbereich aufnehmen kann, verstanden. Die Tiefenlage der oberen Begrenzung liegt zwischen 640 m und 1500 m u. GOK, siehe Abbildung 108. Alle Bereiche liegen tiefer als 500 m u. GOK und damit in der Wertungsgruppe „günstig“.

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 338

## Anwendungsbeispiel im GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)

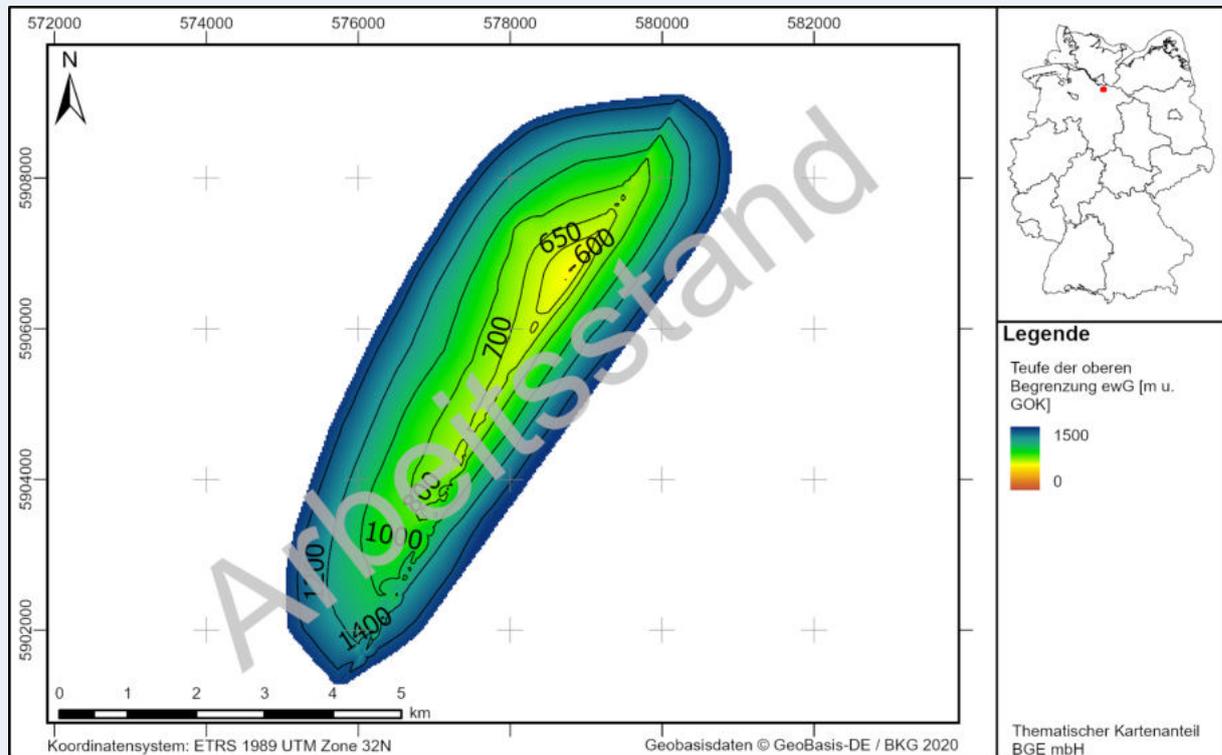


Abbildung 108: *Teufenlage der oberen Begrenzung des Wirtsgesteinsbereiches mit Barrierefunktion des GzME „Salzstock Bahlburg“.*  
*Alle Werte liegen innerhalb der günstigen Wertungsgruppe.*

### Indikator 2.3 Flächenhafte Ausdehnung

Das GzME „Salzstock Bahlburg“ hat eine flächenhafte Ausdehnung von 19 km<sup>2</sup> und ist damit deutlich größer als der angelegte Mindestflächenbedarf von 3 km<sup>2</sup>. Die Größe des GzME ist den vorausgegangenen Abbildung 107 und Abbildung 108 zu entnehmen. Abbildung 109 zeigt die Fläche des Wirtsgesteinsbereiches mit Barrierefunktion in verschiedenen Teufen. Der Indikator wird mit „günstig“ bewertet.

Sobald detaillierte Kenntnisse zum Internbau der Salzstruktur und damit zu den Mengenanteilen von Steinsalz, Kalisalzen, Anhydriten etc. vorliegen, wird die Bewertung des Indikators überprüft und gegebenenfalls angepasst.

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 339

## Anwendungsbeispiel im GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)



**Abbildung 109:** Schematische Darstellung der tiefenabhängigen Flächenausdehnung des Teilgebietes in der Salzstruktur Bahlburg. Die Modellflächen entstammen dem TUNB-Modell (BGR et al. 2021), Basis Quartär sowie Salzstruktur aus GTA3D (Bombien et al. 2012).

Im Zuge der Datenauswertung konnten Abweichungen zwischen Informationen aus den zur Verfügung stehenden geologischen 3D-Modellen und den Bohrungsdaten festgestellt werden. Dieser Umstand führt nicht automatisch zu einer z. T. aufwändigen Anpassung des 3D-Modells. Es wird geprüft, ob die Abweichungen so signifikant sind, dass sie zu einer Änderung der Wertungsgruppen führen würden. In jedem Fall werden die Abweichungen systematisch aufgeführt (vgl. Tabelle 38) und die Lokationen dargestellt (Abbildung 110). Jedoch wurden die hier aufgeführten Änderungen in den in Abbildung 98 gezeigten Profilschnitt eingearbeitet.

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



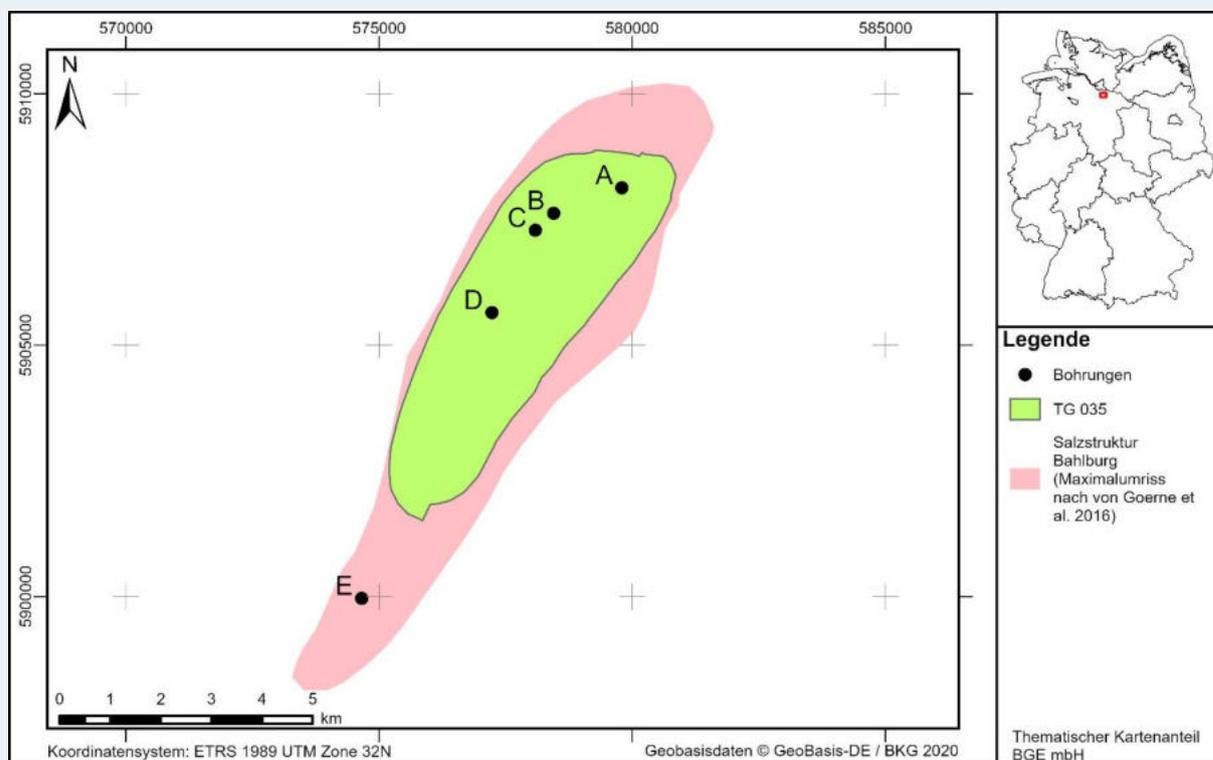
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 340

### Anwendungsbeispiel im GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)

**Tabelle 38:** Übersicht zu festgestellten Abweichungen der Salzstrukturumhüllenden Fläche zwischen Bohrungsdaten und den vorhandenen 3D-Modellen, durch Ungewissheiten in der Hutgesteinsmächtigkeit oder Ungenauigkeiten in den verwendeten Modelle.  
Keine Abweichung führt zur Änderung der Wertungsgruppe. Positive Abweichungen zwischen Bohrung und Modell bedeuten, dass die Bohrung die Fläche tiefer erfasst als im Modell dargestellt.

Kürzel	Bohrungsname	Hutgesteinsmächtigkeit [m]	Abweichung zwischen Bohrung und Modell [m]	
			TUNB	GTA3D
A	Luhdorf 1	33	-164	-173
B	Bahlburg 1	16,5	-237	-200
C	Roydorf 2	25	-9	-122
D	Bahlburg BAH 1	/	54	111
E	Garlstorf Z1	0	16	37



**Abbildung 110:** Bohrlokationen des GzME „Salzstock Bahlburg“, an denen Abweichungen zwischen Bohrungsdaten und Modelldaten festgestellt wurden

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 341

*Beispiel 52: Anwendungsbeispiel GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR)*

**Anwendungsbeispiel Teiluntersuchungsraum 03\_21UR im GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR)**

Die geowissenschaftlichen Arbeiten, als Grundlage für die Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG, werden für das GzME „Thüringer Becken“ am Beispiel des Teiluntersuchungsraums 03\_21UR gezeigt (vgl. Kapitel 5.6.1). Dieser Teiluntersuchungsraum hat eine flächenhafte Ausdehnung von 705 km<sup>2</sup> und befindet sich im nordöstlichen bis zentralen Teil des Thüringer Beckens im Bereich der Thüringischen Senke in den Bundesländern Thüringen und Sachsen-Anhalt. Das Staßfurt-Steinsalz aus der stratigraphischen Einheit Zechstein stellt im Teiluntersuchungsraum 03\_21UR den Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion dar, der den einschlusswirksamen Gebirgsbereich aufnehmen kann. Die Bewertung der Einzelindikatoren des Kriteriums zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper (Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) ist in Tabelle 39 zusammengefasst. Die Ausarbeitung, die zu Bewertungen der Einzelindikatoren führt, wird im Folgenden gezeigt.

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 342

**Anwendungsbeispiel Teiluntersuchungsraum 03\_21UR im GzME „Thüringer Becken“  
(03\_00UR)**

*Tabelle 39: Übersicht über die Bewertung der einzelnen Indikatoren der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG des Teiluntersuchungsraums 03\_21UR im GzME „Thüringer Becken“*

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße beziehungsweise Indikator des Kriteriums	Bewertung 03_21UR
Barrierewirksamkeit	Barrierenmächtigkeit [m]	Flächendifferenziert: günstig, bedingt günstig oder weniger günstig
	Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich	günstig
Robustheit und Sicherheitsreserven	Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs [m unter Geländeoberfläche]	günstig
Volumen des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs	flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit (Vielfaches des Mindestflächenbedarfs)	günstig
Indikator „Potenzialbringer“ bei Tonstein Anschluss von wasserleitenden Schichten in unmittelbarer Nähe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs / Wirtsgesteinkörpers an ein hohes hydraulisches Potenzial verursachendes Gebiet	Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischem Potenzial, die die Induzierung beziehungsweise Verstärkung der Grundwasserbewegung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich ermöglichen können	Keine Anwendung

**Indikator 2.1a Barrierenmächtigkeit**

Die Mächtigkeit des Staßfurt-Steinsalzes im Teiluntersuchungsraum 03\_21UR 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 des Teiluntersuchungsraums 03\_21UR (Abbildung 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“ Barrierenmächtigkeit auf. Ab der 300-m-Isolinie liegt eine

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 343

## Anwendungsbeispiel Teiluntersuchungsraum 03\_21UR im GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR)

„günstige“ Barrierenmächtigkeit vor. Beim Teiluntersuchungsraum 03\_21UR findet somit eine flächendifferenzierte Bewertung des Indikators statt.

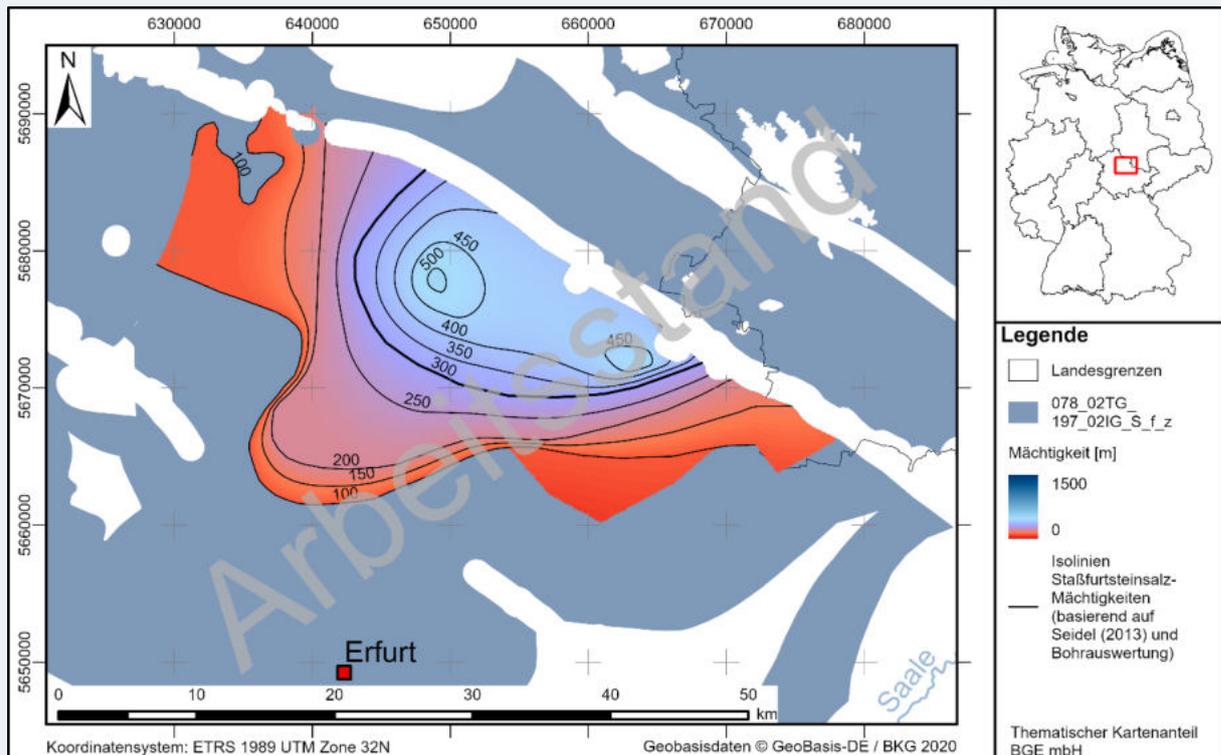


Abbildung 111: Mächtigkeit des Staßfurt-Steinsalzes im Teiluntersuchungsraum 03\_21UR. Die Isolinien basieren auf der Mächtigkeitskarte des Staßfurt-Steinsalzes von Seidel (2013) und der Auswertung von einigen Bohrungen.

### Indikator 2.1b Grad der Umschließung

Wie in Kapitel 5.7.2 beschrieben wird ein vollständig durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich umschlossener Einlagerungsbereich mit „günstig“ bewertet. Derzeit sind keine diskreten Fehlstellen im Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion bekannt. Die Bewertung für den Teiluntersuchungsraum 03\_21UR ist damit „günstig“.

### Indikator 2.2 Tiefenlage der oberen Begrenzung

Die Tiefen des Tops des Staßfurt-Steinsalzes variieren, bezogen auf die Größe des Teiluntersuchungsraums, nur in geringem Maße. Diese liegen zumeist im Bereich zwischen 1 000 m und 1 250 m. Die geringsten Tiefen befinden sich im Nordwesten des Teiluntersuchungsraums, wo die Bohrung Kal Hachelbich 3/1989 die Tiefe des Tops des Staßfurt-Steinsalzes mit rund 870 m angibt. Im zentralen Bereich des Teiluntersuchungsraums weist die Bohrung E Weißensee 1/1969 eine Tiefenlage des Steinsalzes von 1 205 m auf, während im südöstlichen

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 344

## Anwendungsbeispiel Teiluntersuchungsraum 03\_21UR im GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR)

Bereich die Bohrung Kal Spröttau 6/1974 rund 1 230 m zeigt (Abbildung 112). Der gesamte Teiluntersuchungsraum 03\_21UR weist eine „günstige“ Tiefenlage auf.

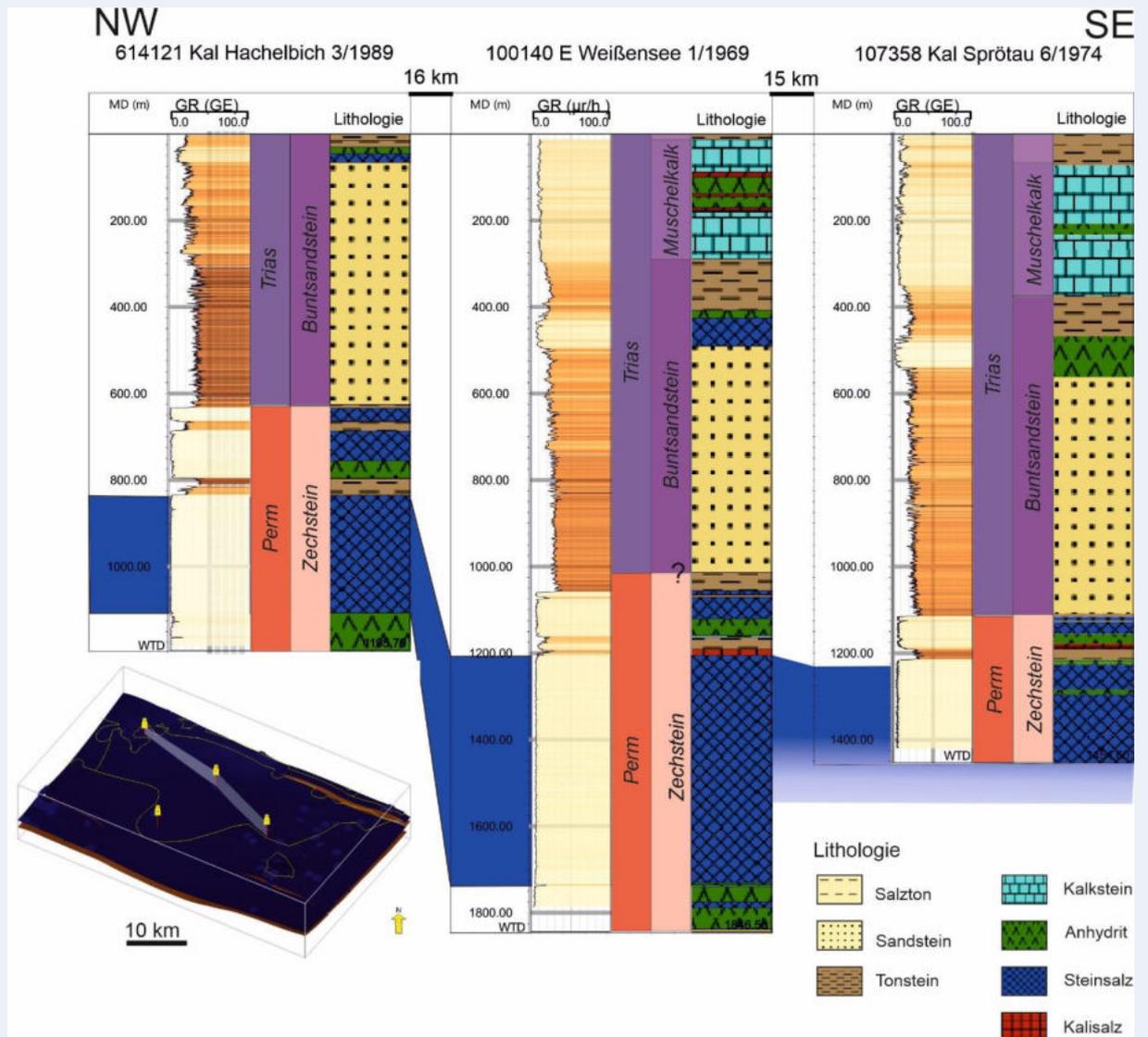


Abbildung 112: Darstellung der Tiefenlage des Staßfurt-Steinsalzes im Teiluntersuchungsraum 03\_21UR in Form repräsentativer Profile auf einem NW-SE-Schnitt. Der blau markierte Bereich stellt das Wirtsgestein mit Barrierefunktion dar (Staßfurt-Steinsalz).

### Indikator 2.3 Flächenhafte Ausdehnung

Der Teiluntersuchungsraum 03\_21UR hat eine flächenhafte Ausdehnung von 705 km<sup>2</sup> mit einer Mindestmächtigkeit von 100 m Steinsalz aus der Staßfurt-Formation und ist somit deutlich

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 345

**Anwendungsbeispiel Teiluntersuchungsraum 03\_21UR im GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR)**

größer als der Mindestflächenbedarf von 3 km<sup>2</sup> im Steinsalz in flacher Lagerung. Damit weist der Teiluntersuchungsraum 03\_21UR eine „günstige“ flächenhafte Ausdehnung auf.

**Indikator 2.4 Potenzialbringer bei Tonstein**

Dieser Indikator wird beim Wirtsgestein Steinsalz in stratiformer Lagerung nicht angewendet.

*Beispiel 53: Anwendungsbeispiel Teiluntersuchungsraum 04\_11UR im GzME „Saxothuringikum“ (009\_00TG)*

**Anwendungsbeispiel Teiluntersuchungsraum 04\_11UR im GzME „Saxothuringikum“ (009\_00TG)**

Der Teiluntersuchungsraum 04\_11UR umfasst eine Fläche von 806 km<sup>2</sup> und liegt im östlichen Bereich des Gebiets zur Methodenentwicklung. Als kristalline Wirtsgesteine treten Plutonite und hochgradig regionalmetamorphe Gesteine auf. Diese kristallinen Wirtsgesteine erreichen Mächtigkeiten von mehreren Kilometern oder werden ihrerseits von kristallinen Wirtsgesteinen großer Mächtigkeit unterlagert (Behr et al. 1994). Diese kristallinen Wirtsgesteine stehen im Teiluntersuchungsraum meist direkt an der Geländeoberfläche an oder werden im südlichen Bereich von bis zu 650 m mächtigen Sedimentgesteinen überdeckt. Der Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion wird durch kristalline Wirtsgesteine gebildet.

*Tabelle 40: Übersicht der Bewertungen der einzelnen Indikatoren der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG des Teiluntersuchungsraums 04\_11UR im GzME „Saxothuringikum“*

Indikator Nr.	Indikator	Bewertung TUR 04_11UR
2.1a	Barrierenmächtigkeit	günstig
2.1b	Grad der Umschließung	noch nicht bewertet
2.2	Teufe der oberen Begrenzung	günstig
2.3	Flächenhafte Ausdehnung	günstig
2.4	Potenzialbringer bei Tonstein	keine Anwendung

**Indikator 2.1a Barrierenmächtigkeit**

In weiten Bereichen der Teiluntersuchungsraum 04\_11UR stehen kristalline Wirtsgesteine direkt an der Geländeoberfläche oder unter geringmächtiger känozoischer Bedeckung an. Der südliche Teil des Teiluntersuchungsraums wird durch eine 300 m bis 650 m mächtigen Überdeckung durch permische bis kreidezeitliche Sedimentgesteine bestimmt. Somit ergeben sich

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 346

## Anwendungsbeispiel Teiluntersuchungsraum 04\_11UR im GzME „Saxothuringikum“ (009\_00TG)

für den Teiluntersuchungsraum 04\_11UR Barrierenmächtigkeiten zwischen 1 200 m und 850 m für einen Tiefenbereich zwischen 300 m und 1 500 m u. GOK. Die Bewertung des Indikators „Barrierenmächtigkeit“ der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG fällt für den Teiluntersuchungsraum 04\_11UR „günstig“ aus.

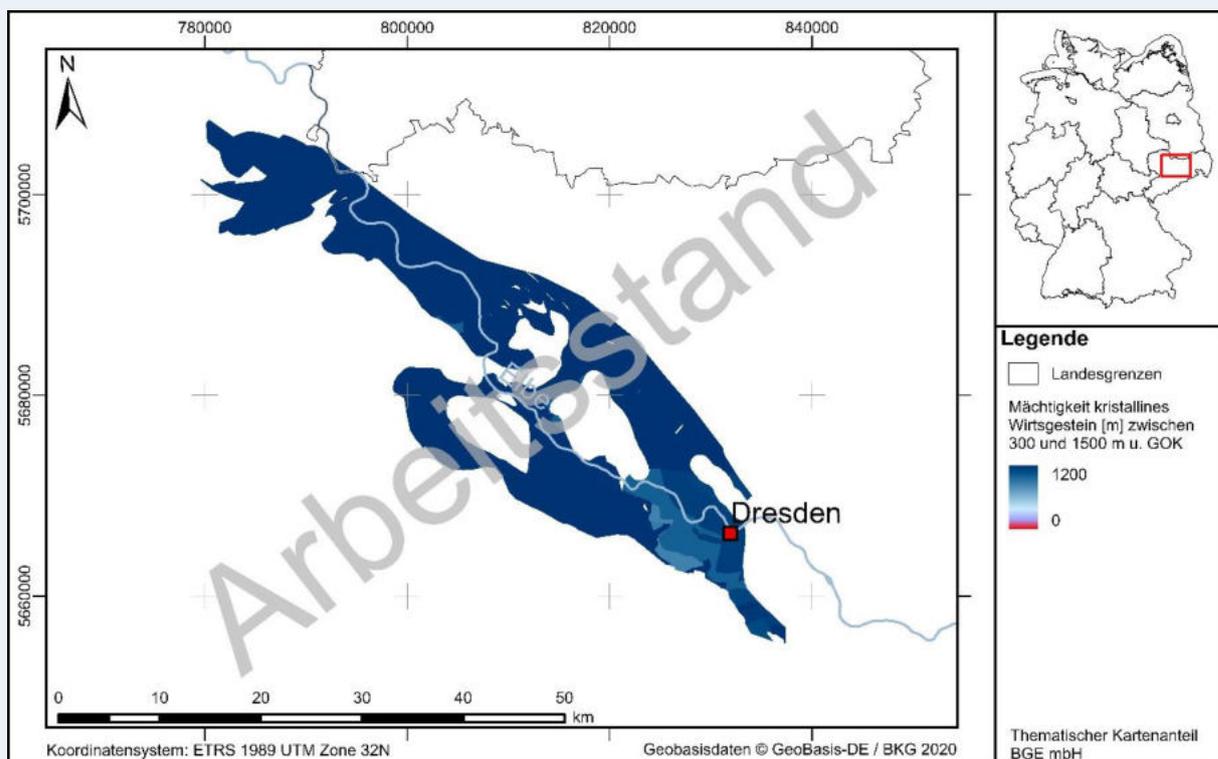


Abbildung 113: Schematische Darstellung der Mächtigkeiten kristalliner Wirtsgesteinseinheiten im Teiluntersuchungsraum 04\_11UR des GzME „Saxothuringikum“

### Indikator 2.1b Grad der Umschließung

Der Indikator 2.1b „Grad der Umschließung“ ist noch nicht final bewertet.

### Indikator 2.2 Teufenlage der oberen Begrenzung

In weiten Teilen des Teiluntersuchungsraums 04\_11UR steht kristallines Wirtsgestein oberflächlich an oder wird von geringmächtigen känozoischen Sedimentabfolgen überdeckt. Südlich der Dresdner Elbtalweitung überlagern mächtige kreidezeitliche Sedimentgesteine (z. B. B..218....1966), sowie örtlich permische sedimentäre und vulkanische Abfolgen (z. B. Bohrung B..270....1966) die kristallinen Gesteinsformationen. Im Zentrum des Teiluntersuchungsraums 04\_11UR bildeten sich spätmagmatische Bereiche mit Vulkaniten. Im südlichen Bereich der Vulkanite ist die obere Begrenzung der kristallinen Wirtsgesteine im Liegenden durch 10 Bohrungen gut definiert (maximal ca. 280 m mächtige Vulkanite, belegt durch Bohrung B...51....1972). Die Vulkanite im nördlichen Bereich erreichen rund 100 m Mächtigkeit (belegt durch Bohrung B...99....1972). Eine schematische Tiefenverteilung der Oberfläche der

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 347

## Anwendungsbeispiel Teiluntersuchungsraum 04\_11UR im GzME „Saxothuringikum“ (009\_00TG)

kristallinen Wirtsgesteine ist in Abbildung 114 dargestellt. Der gesamte Teiluntersuchungsraum 04\_11UR weist eine „günstige“ Teufenlage der oberen Begrenzung auf.

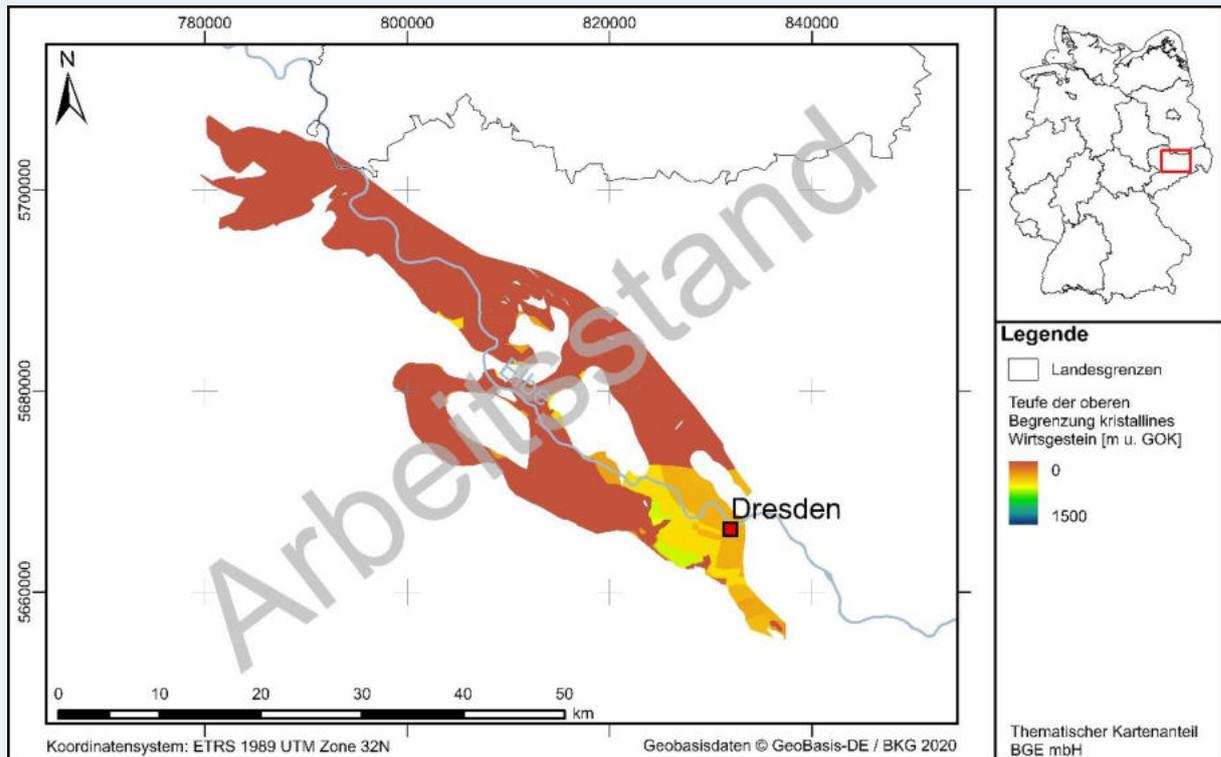


Abbildung 114: Schematische Darstellung der Teufenlage der oberen Begrenzung der kristallinen Wirtsgesteine im Teiluntersuchungsraum 04\_11UR

### Indikator 2.3 Flächenhafte Ausdehnung

Der Teiluntersuchungsraum 04\_11UR erfüllt mit einer zusammenhängenden Fläche von 806 km<sup>2</sup> den zweifachen Mindestflächenbedarf der geologischen Barriere gemäß Anlage 2, Indikator 4 (zu § 24 Abs. 3) StandAG und kann daher als „günstig“ bewertet werden. Als Mindestflächenbedarf wird dabei der zur Mindestanforderung „Fläche des Endlagers“ zu § 23 Abs. 5 Nr. 4 StandAG (BT-Drs. 18/11398, S. 71) angegebene Flächenbedarf für kristallines Wirtsgestein von 6 km<sup>2</sup> verstanden.

### Indikator 2.4 Potenzialbringer bei Tonstein

Dieser Indikator wird bei kristallinem Wirtsgestein nicht angewendet.

<b>Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung</b>									 <b>BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Blatt: 348
SG	0330				EA	TF	0002	00	

### 5.7.3 Charakterisierung des Internbaus des Wirtsgesteinsbereiches mit Barrierefunktion

Das Ziel der Charakterisierung ist es, den Internbau (die Homogenität oder Heterogenität) des Wirtsgesteinsbereiches mit Barrierefunktion zu bewerten. Zu dessen Charakterisierung werden hauptsächlich Bohrungsinformationen, Informationen aus Aufschlussbeschreibungen, wissenschaftliche Literatur und geologische Karten verwendet.

Die Charakterisierung des Wirtsgesteinsbereiches mit Barrierefunktion ist die Grundlage für die Bearbeitung der räumlichen Charakterisierbarkeit des Endlagersystems (§ 7 Abs. 6 Nr. 3 Buchst. a) EndlSiUntV). Dieser wird in Anlehnung an die beinahe wortgleiche Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG in der qualitativen Analyse des sicheren Einschlusses bewertet (siehe Kapitel 6). Das Kriterium zur Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG stellt somit die Bewertungsgrundlage dar (siehe Kapitel 6). Die Analyse der räumlichen Charakterisierbarkeit soll, wenn nötig, flächendifferenziert erfolgen. Dies bedeutet, dass, sofern es die Sachlage zulässt, die Bewertung innerhalb eines Teiluntersuchungsraum differenziert im Raum erfolgt.

### 5.7.4 Kriterium zur Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG

Die Bewertung des Kriteriums geht zu großen Teilen aus den Arbeiten hervor, die in der Teiluntersuchungsraum-spezifischen Ausarbeitung der Geosynthese stattfinden. Deshalb wird zur besseren Nachvollziehbarkeit das Vorgehen im Folgenden ganzheitlich erläutert, ohne formell zwischen der Geosynthese und der Bewertung, die im Rahmen der Analyse des Endlagersystems stattfindet, zu unterscheiden. Dadurch ist es möglich, das Vorgehen allumfassend von der allgemeinen Theorie, den wirtsgesteinsspezifischen Besonderheiten, der praktischen Ausarbeitung in den GzME und der Bewertung nachvollziehen zu können.

Mit der Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG wird die Ermittlung der relevanten Gesteinstypen und ihrer Eigenschaften sowie die Übertragbarkeit dieser Eigenschaften in Bezug auf die geologischen Barrieren, die direkt oder indirekt den sicheren Einschluss der hochradioaktiven Abfälle gewährleisten sollen, bewertet. Hierzu werden die bewertungsrelevanten Eigenschaften „Ermittelbarkeit der Gesteinstypen und ihrer charakteristischen Eigenschaften im vorgesehenen Endlagerbereich, insbesondere im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich“ mit drei Indikatoren und „Übertragbarkeit der Eigenschaften im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich“ mit einem Indikator herangezogen (Tabelle 41). Die Ermittlung ist unabhängig vom aktuellen Erkundungsgrad und der Datenlage in einem Gebiet. Sie basiert auf der geologischen Komplexität des betrachteten Gebietes (Kapitel 5.1.2.1).

Die Indikatoren „Variationsbreite der Eigenschaften“, „Räumliche Verteilung der Gesteinstypen“ und „Ausmaß der tektonischen Überprägung“ sind insbesondere auf den einschlusswirksamen Gebirgsbereich und darüber hinaus auf den Endlagerbereich anzuwenden. Der Indikator „Gesteinsausbildung“ gilt nur für den einschlusswirksamen Gebirgsbereich. Die Bewertung der Indikatoren „Variationsbreite der Eigenschaften“, „Räumliche Verteilung der Gesteinstypen“ bezieht sich im Schritt 2 der Phase I auf den Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion und nicht auf weitere Barrieren im Deckgebirge, da sich die Bewertung „insbesondere auf den vorgesehenen

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 349

einschlusswirksamen Gebirgsbereich“ bezieht (Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG, vgl. BGE 2020a). Die Möglichkeit zur Ausweisung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs wird in der quantitativen Analyse des Endlagersystems bearbeitet (siehe Kapitel6), wodurch in der qualitativen Analyse des sicheren Einschlusses die Indikatoren zunächst auf den Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion angewendet wird.

Die Indikatoren zur „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“, „Räumliche Verteilung der Gesteinstypen“ und „Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen“ stellen hierarchische Einheiten dreier unterschiedlicher Maßstäbe dar (vom kleinen zum großen Maßstab).

Bewertungsgrundlagen sind im wesentlichen lithologische Beschreibungen des Wirtsgesteins anhand von Schichtenverzeichnissen aus Bohrungen in und um die Teiluntersuchungsräume, die Erstellung und laterale Korrelation von repräsentativen Profilen, welche die räumliche Heterogenität im Teiluntersuchungsraum widerspiegeln, sowie die Auswertung bohrlochgeophysikalischer Messungen und anderer geophysikalischer Daten.

Die Prognose der Gesteinsfazies kann, im Falle der sedimentären Wirtsgesteine, über paläogeographische Rekonstruktionen (z. B. Karten, die den Ablagerungsraum darstellen) und über die Rekonstruktion und Definition generischer Einheiten, im Falle der kristallinen Wirtsgesteine, erfolgen.

Die Bewertung des Ausmaßes der tektonischen Überprägung wird in Schritten unterschiedlicher Maßstäbe durchgeführt. Hierfür werden tektonische Großräume mit einer gemeinsamen tektonischen Entwicklungsgeschichte, überregionale und regionale Störungszonen sowie die diffuse tektonische Überprägung betrachtet, die eine tektonischen Zergliederung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs erwarten lässt. Im Folgenden wird die aktualisierte Methode zu den vier Indikatoren beschrieben und anhand von wirtsgesteinsspezifischen Beispielen illustriert.

<b>Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung</b>									 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Blatt: 350
SG	0330				EA	TF	0002	00	

Tabelle 41: Auszug aus Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße beziehungsweise Indikator des Kriteriums	Wertungsgruppe		
		günstig	bedingt günstig	ungünstig
Ermittelbarkeit der Gesteinstypen und ihrer charakteristischen Eigenschaften im vorgesehenen Endlagerbereich, insbesondere im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich	Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich	gering	deutlich, aber bekannt bzw. zuverlässig erhebbar	erheblich und/oder nicht zuverlässig erhebbar
	Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften	gleichmäßig	kontinuierliche, bekannte räumliche Veränderungen	diskontinuierliche, nicht ausreichend genau vorhersagbare räumliche Veränderungen
	Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit	weitgehend ungestört (Störungen im Abstand > 3 km vom Rand des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs), flache Lagerung	wenig gestört (weitständige Störungen, Abstand 100 m bis 3 km vom Rand des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs), Flexuren	Gestört (engständig zerblockt, Abstand < 100 m), gefaltet
Übertragbarkeit der Eigenschaften im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich	Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)	Fazies regional einheitlich	Fazies nach bekanntem Muster wechselnd	Fazies nach nicht bekanntem Muster wechselnd

#### 5.7.4.1 Indikator 3.1a „Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich“

Der Indikator „Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich“ bewertet die Ermittlung der Spannbreite der für die Abwägung relevanten Eigenschaften im vorgesehenen Endlagerbereich“ (Alfarra et al. 2020b, S. 146). Nach AkEnd (2002) sind Gebiete, in denen die Gesteine und deren Eigenschaften großräumig einheitlich oder sehr ähnlich ausgebildet sind, positiv

<b>Methodenbeschreibung zur Durchführung  der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung</b>									 <b>BUNDESGESELLSCHAFT  FÜR ENDLAGERUNG</b>
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Blatt: 351
SG	0330				EA	TF	0002	00	

einzuordnen. Für den Indikator erfolgt die Bewertung der Gebiete anhand der in Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG angegebenen Wertungsgruppen, wie in Tabelle 41 aufgeführt.

Die Eigenschaften der Gesteinstypen – wie Wärmeleitfähigkeit, Gesteinsdurchlässigkeit sowie elastische Eigenschaften und die Festigkeit – werden maßgeblich von der mineralogischen Zusammensetzung und der Textur des Gesteins bestimmt. Zementation und Kompaktion wirken sich ebenfalls auf die Eigenschaften der Gesteine aus. Zu den spezifischen Eigenschaften liegen derzeit meist keine ortsspezifischen, detaillierten Daten für die endlagerrelevanten Gesteinsabfolgen aus den Teiluntersuchungsräumen vor. Daher wird für die Bewertung der Variationsbreite der Eigenschaften in diesem Schritt des Verfahrens meist auf petrographische Beschreibungen der vorhandenen Gesteinstypen in den Schichtenverzeichnissen der Bohrungen zurückgegriffen. Kommt innerhalb der geologischen Barriere eine große Anzahl an Gesteinstypen vor, wird dies mit einer großen Variationsbreite der Eigenschaften gleichgesetzt. Bei der Bewertung des Indikators wird demnach das Vorhandensein verschiedener Gesteinstypen/Lithologien sowie die dadurch vorhandenen Grenzflächen als Proxy für die Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen genutzt. Abfolgen, die weitestgehend aus einem Gesteinstyp bestehen sind mit „günstig“ zu bewerten. Bestehen Abfolgen aus mehreren Gesteinstypen bzw. Wechsellagerung, kann man davon ausgehen, dass sie eine erhebliche Variationsbreite der Eigenschaften aufweisen. Diese Abfolgen sind „bedingt günstig“ zu bewerten, wenn die Variationsbreite der Eigenschaften deutlich ist, aber bekannt bzw. zuverlässig erhebbar und „ungünstig, wenn sich deren Eigenschaften nicht zuverlässig erheben lassen und die Variationsbreite erheblich ist. Beispielanwendungen zu dieser Bewertung sind in Kapitel 5.7.4.2 dargestellt.

Die Bewertung erfolgt anhand der Auswertung von Bohrungsdaten (Schichtenverzeichnisse, Bohrlochgeophysikalische Daten), die anhand von repräsentativen Profilen für jeden Teiluntersuchungsraum visualisiert werden (siehe Kapitel 5.7.1). Für die objektive Bewertung der Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen ist die Festlegung eines Betrachtungsmaßstabes (Skala) notwendig. Die Bewertung des Indikators bezieht sich insbesondere auf den vorhergesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich. Gemäß § 23 Abs. 5 Nr. 2 StandAG muss der Gebirgsbereich, der den einschlusswirksamen Gebirgsbereich aufnehmen soll, mindestens 100 m mächtig sein. Als Betrachtungsmaßstab für die Bewertung (Skala) wird demnach ein Gebirgsbereich von mindestens 100 m Mächtigkeit festgelegt. Zusätzlich über den vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich hinaus kann auch eine Bewertung des Endlagerbereichs stattfinden. In diesen Fällen erstreckt sich der Betrachtungsmaßstab über den Wirtsgesteinsbereich mit Barriereigenschaften hinaus und kann weitere überlagernde geologische Schichten im Deckgebirge beinhalten, soweit sie zur Sicherheit des Endlagers beitragen.

In erster Näherung erfolgt die Bewertung der Variationsbreite der Eigenschaften anhand der vorgefundenen Gesteinstypen im Betrachtungsmaßstab (siehe Beispielanwendungen in Tabelle 42). Eine qualitative Bewertung der Abfolgen mit geringer Variationsbreite der Gesteinstypen kann gegebenenfalls anhand von vorhandenen bohrlochgeophysikalischen Datensätzen erfolgen. Der Wechsel von Lithologien bzw. Gesteinstypen und die dadurch vorhandenen Grenzflächen stellen tendenziell eine stärkere Heterogenität sowie Variationsbreite der Eigenschaften dar und werden im Rahmen

Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung									 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Blatt: 352
SG	0330				EA	TF	0002	00	

der Indikatorbewertung berücksichtigt. Zur Eingrenzung eines Teiluntersuchungsraums können mehrere Referenzprofile mit jeweils eigenständiger Bewertung des Indikators verwendet werden.

*Tabelle 42: Wertungsgruppen des Indikators Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich und Beispielanwendungen der drei Wirtsgesteine*

	Wertungsgruppe		
	günstig	bedingt günstig	ungünstig
Allgemeine Beispielanwendung	Ein Gesteinstyp im Betrachtungsmaßstab und dessen Eigenschaften sind bekannt bzw. zuverlässig erhebbar	Mehrere Gesteinstypen bzw. Wechsellagerung im Betrachtungsmaßstab (deutliche Variationsbreite der Eigenschaften) und die Eigenschaften der Gesteinstypen sind bekannt bzw. zuverlässig erhebbar	Mehrere Gesteinstypen bzw. Wechsellagerung im Betrachtungsmaßstab (erhebliche Variationsbreite der Eigenschaften) und/oder die Eigenschaften der Gesteinstypen sind nicht zuverlässig erhebbar
Beispielanwendung Tongestein	Ein Gesteinstyp (max. mit geringen Einschaltungen)	Zwei Gesteinstypen mit deutlicher Variationsbreite der Eigenschaften	Drei oder mehr Gesteinstypen mit erheblicher Variationsbreite der Eigenschaften
Beispielanwendung Steinsalz in stratiformer und steiler Lagerung (Anhang 6)	Gesteinstyp Steinsalz (max. 5 % Verunreinigungen in Form anderer Petrographien, z. B. Anhydrit) ohne Nebenkomponenten	Gesteinstyp Steinsalz mit weiteren Nebenkomponenten und deutlicher Variationsbreite der Eigenschaften	Gesteinstyp Steinsalz mit weiteren Nebenkomponenten und erheblicher Variationsbreite der Eigenschaften
Kristallin	Kristalline Wirtsgesteinstypen mit geringer Variationsbreite der Eigenschaften; keine signifikanten Änderungen durch spät- oder postmagmatische Prozesse oder retrograde Metamorphoseprozesse zu erwarten	Erhöhung der Variationsbreite der Eigenschaften in einem potenziellen Endlagerbereich durch spätmagmatische Prozesse bei Plutoniten; oder retrograde Mineralumbildungen bei hochgradig regionalmetamorphen Gesteinen Variationsbreite deutlich, aber beziehungsweise zuverlässig erhebbar	Erhöhung der Variationsbreite der Eigenschaften in einem potenziellen Endlagerbereich durch postmagmatische oder vulkanische Prozesse bei Plutoniten; oder deutliche retrograde Mineralumbildungen und Deformation bei hochgradig regionalmetamorphen Gesteinen; Variationsbreite der Eigenschaften erheblich, und/oder nicht zuverlässig erhebbar

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 353

**5.7.4.2 Beispiele zu Indikator 3.1a „Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich“**

Die Vorgehensweise bei der Bewertung des Indikators „Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich“ hinsichtlich der Spannbreite bzw. Ermittelbarkeit der für die Abwägung relevanten Eigenschaften im vorgesehenen Endlagerbereich wird im Folgenden anhand der Anwendungsbeispiele GzME „Opalinuston“ (Beispiel 54) für das Wirtsgestein Tongestein, GzME „Thüringer Becken“ (Beispiel 55) für das Wirtsgestein Steinsalz flach und das GzME „Saxothuringikum“ (Beispiel 56) für das kristalline Wirtsgestein illustriert.

*Beispiel 54: Bearbeitung des Indikators 3.1a „Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich“ im GzME „Opalinuston“ (01\_07UR)*

**Anwendungsbeispiel im Teiluntersuchungsraum 01\_07UR im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR) - Bearbeitung des Indikators 3.1a**

Die geowissenschaftlichen Arbeiten als Grundlage für die Bewertung des Indikators 3.1a der Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG werden für das GzME „Opalinuston“ am Beispiel des Teiluntersuchungsraums 01\_07UR gezeigt. Dieser Teiluntersuchungsraum wird in den Kapiteln 5.6.1 und 5.7.2, ausführlich beschrieben.

Die Bewertung des Indikators 3.1a „**Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich**“ des Kriteriums zur Bewertung der „Ermittelbarkeit der relevanten Gesteinstypen und ihrer Eigenschaften im vorgesehenen Endlagerbereich, insbesondere im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich“ (Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG), ist in Tabelle 43 zusammengefasst. Die Ausarbeitung, die zur Bewertung des Indikators führt, wird im Folgenden gezeigt.

*Tabelle 43: Übersicht über die Bewertung des Indikators 3.1a „Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich“ der Eigenschaft „Ermittelbarkeit der relevanten Gesteinstypen und ihrer Eigenschaften im vorgesehenen Endlagerbereich, insbesondere im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich“ der Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG für 01\_07UR im GzME „Opalinuston“*

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße beziehungsweise Indikator des Kriteriums	Bewertung
Ermittelbarkeit der relevanten Gesteinstypen und ihrer Eigenschaften im vorgesehenen Endlagerbereich, insbesondere im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich	Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich	Flächendifferenziert: günstig oder bedingt günstig

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 354

**Anwendungsbeispiel im Teiluntersuchungsraum 01\_07UR im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR) - Bearbeitung des Indikators 3.1a**

Die Klassifikation von klastischen Sedimentgesteinen und die entsprechende Benennung von Gesteinstypen spiegelt grundlegende Unterschiede der Korngröße (Sand-Silt-Ton), aber auch der mineralogischen Zusammensetzung, wider. Gesteinstypen sind die in den Schichtenverzeichnissen dokumentierten lithologischen Einheiten, z. B. Tonstein, Tonmergelstein, Kalkstein. Diese charakteristischen Gesteinstypen weisen sehr unterschiedliche petrophysikalische Eigenschaften auf (Čermák et al. 1982; Schön 1983; Schön 2015), wobei die Hauptgesteinstypen in ihren Eigenschaften wesentliche, z. T. extreme Unterschiede zeigen (vgl. auch die Supplements zu Bär et al. 2020). Daher kann eine große Anzahl an Gesteinstypen in der Abfolge mit einer großen Variationsbreite der Eigenschaften gleichgesetzt werden und bei der Bewertung des Indikators das Vorhandensein verschiedener Gesteinstypen/Lithologien sowie die dadurch vorhandenen Grenzflächen als Proxy für Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen genutzt werden. Mittels der Auswertungen von Bohrlochmessungen ist es möglich, Tongehalte der Gesteinstypen sowie andere Gesteinseigenschaften zu ermitteln.

Da derzeit keine ortsspezifischen, detaillierten Daten zur Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen aus den Teiluntersuchungsräumen vorliegen, werden für die Bewertung der Variationsbreite der Eigenschaften in diesem Schritt des Verfahrens auf petrographische Beschreibungen der vorhandenen Gesteinstypen in den Schichtenverzeichnissen der Bohrungen zurückgegriffen, die die Abfolge der Teufelsloch-Subformation und Zillhausen-Subformation lithologisch charakterisieren (Abbildung 115). Dabei wird die Anzahl und die Art der Gesteinstypen in einem Bereich einer Wertungsgruppe zugeordnet (Tabelle 44). Das Vorkommen lediglich eines Gesteinstyps in einer Abfolge wird dabei mit „günstig“ bewertet. Die Bewertung orientiert sich primär an der lithologischen Beschreibung im Schichtenverzeichnis. Der Tonanteil kommt zum Tragen, wenn es sich lediglich um Gesteinstypen handelt, die der Wirtsgestein-Definition für Tongestein (BGE 2020j) und Anhang 6 entsprechen. Die Bewertung der Variationsbreite der Gesteinstypen und deren Eigenschaften wird auf die günstigste Abfolge mit einer Mächtigkeit von mindestens 100 m angewendet.

*Tabelle 44: Darstellung der Wertungsgruppen mit zugehörigen lithologischen Beschreibungen im Schichtenverzeichnis, Tonanteilen in Prozent nach Hoth et al. (2007) und Beispielanwendungen*

Lithologische Beschreibung im SV	Tonanteil (nach Hoth et al. 2007)	Wertung	Beispielanwendung
Ein Gesteinstyp	80 % oder mehr	Günstig	Tonstein (schluffig, feinsandig)
Zwei Gesteinstypen	60 % bis 79 %	Bedingt günstig	Tonstein und Siltstein
Mindestens drei Gesteinstypen oder Wechsellagerung	0 % bis 59 %	Ungünstig	Tonmergelstein, Kalkstein, Mergelstein

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung

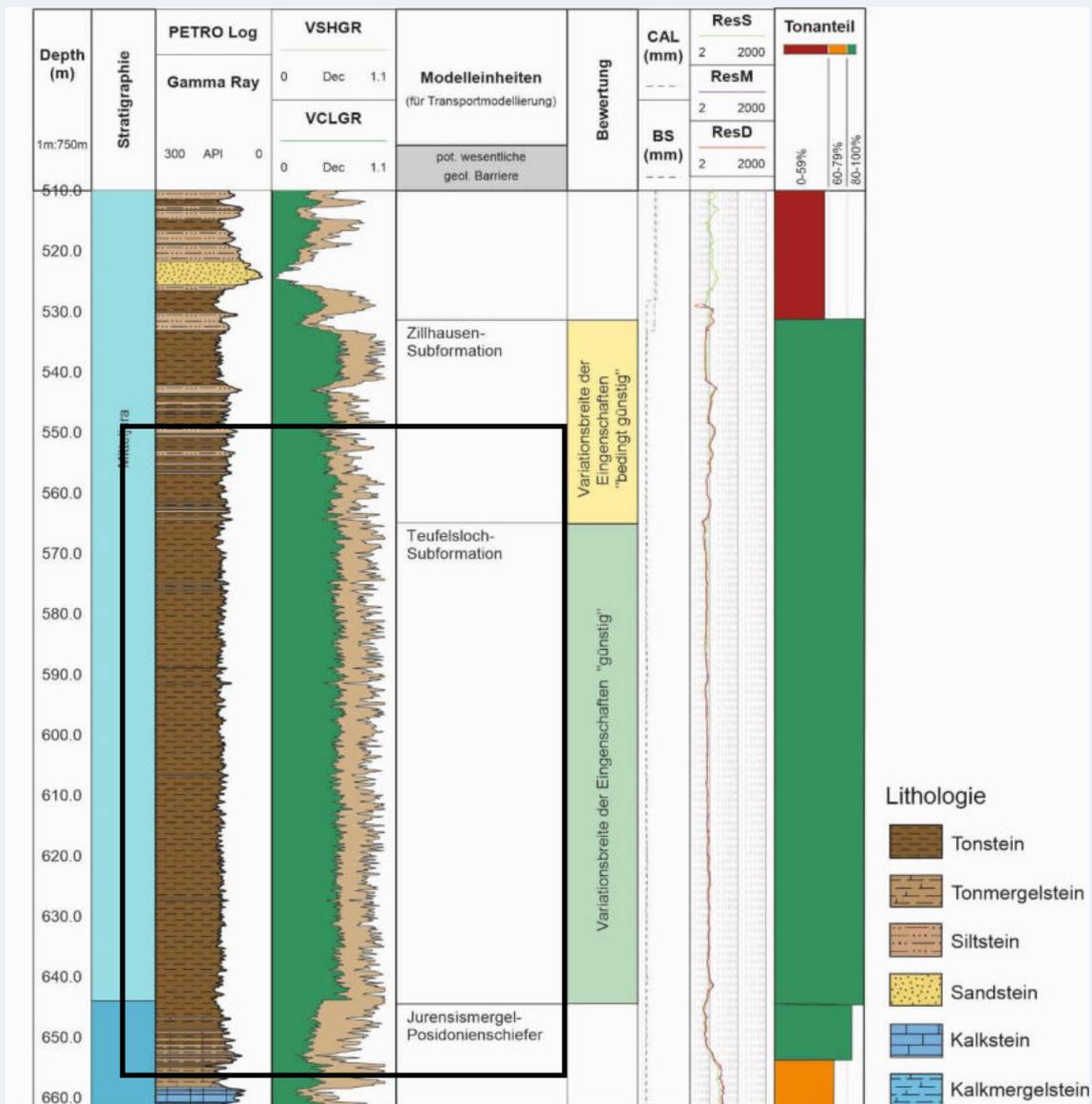


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 355

## Anwendungsbeispiel im Teiluntersuchungsraum 01\_07UR im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR) - Bearbeitung des Indikators 3.1a

Für die Bewertung des Indikators 3.1a „Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich“ wird die Opalinuston-Formation in zwei wesentliche Abfolgen untergliedert, die Teufelsloch- und die Zillhausen-Subformation. Die Teufelsloch-Subformation ist durch eine sehr homogene Abfolge von dunkelgrauem bis schwarzgrauem, teilweise schwach feinsandigem Tonstein charakterisiert. Für die Teufelsloch-Subformation kann nach den lithologischen Beschreibungen und den verfügbaren geophysikalischen Bohrlochmessungen eine sehr geringe Variationsbreite der Eigenschaften angenommen werden. Diese geringe Variationsbreite der Gesteinseigenschaften spiegelt sich auch in der Zusammenstellung der Parameter (Kapitel 5.7.6) wider.



2020-10-26\_PM\_QM/V02\_Textblatt A4 Hochformat\_REV02

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 356

**Anwendungsbeispiel im Teiluntersuchungsraum 01\_07UR im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR) - Bearbeitung des Indikators 3.1a**

*Abbildung 115: Beispielhafte Darstellung eines Auszugs aus dem repräsentativen Profil der TB Donautherme Neu-Ulm im Opalinuston.*

*Die Teufelsloch-Subformation markiert eine Abfolge mit einem Gesteinstyp und nur sehr geringen Variationen im Gamma-Ray-Log. In der Zillhausen-Subformation können deutliche Variationen der Gesteinstypen mit Hilfe der vorhandenen geophysikalischen Bohrlochmessungen identifiziert werden. Für die einzelnen Subformationen ergibt sich daher eine unterschiedliche Bewertung der Variationsbreite der Eigenschaften. Da insgesamt keine 100 m mit günstiger Bewertung vorliegen (siehe schwarzer Umriss), ist die Bewertung der Variationsbreite der Eigenschaften für die TB Donautherme Neu-Ulm als „bedingt günstig“ einzuordnen.*

Die Zillhausen-Subformation besteht aus feinsandigen Tonsteinen bis Tonmergelsteinen mit Kalksandstein- und sandigen Kalksteinbänken im oberen Teil (Franz & Nitsch 2009). Die Zillhausen-Subformation ist im gesamten Teiluntersuchungsraum durch Wechsel von Tonsteinen und siltigen Ablagerungen gekennzeichnet.

In Bereichen des Teiluntersuchungsraums 01\_07UR, in denen die Teufelsloch-Subformation eine Mächtigkeit von 100 m aufweist, kann somit im Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion die Variationsbreite der auftretenden Gesteinstypen mit „gering“ beschrieben werden. Dort jedoch, wo die Teufelsloch-Subformation keine Mächtigkeit von 100 m erreicht und die Zillhausen-Subformation mit einer siltigen Abfolge an der Basis beginnt, wird die Variationsbreite der Eigenschaften als „deutlich“ angenommen und es erfolgt für diese Bereiche eine „bedingt günstige“ Bewertung. Insgesamt kann der nordwestliche, westliche und südliche Teil des Teiluntersuchungsraums 01\_07UR mit „günstig“ bewertet werden (Abbildung 116). Der nordöstliche und östliche Teil des Teiluntersuchungsraums 01\_07UR muss mit „bedingt günstig“ bewertet werden.

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 357

## Anwendungsbeispiel im Teiluntersuchungsraum 01\_07UR im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR) - Bearbeitung des Indikators 3.1a

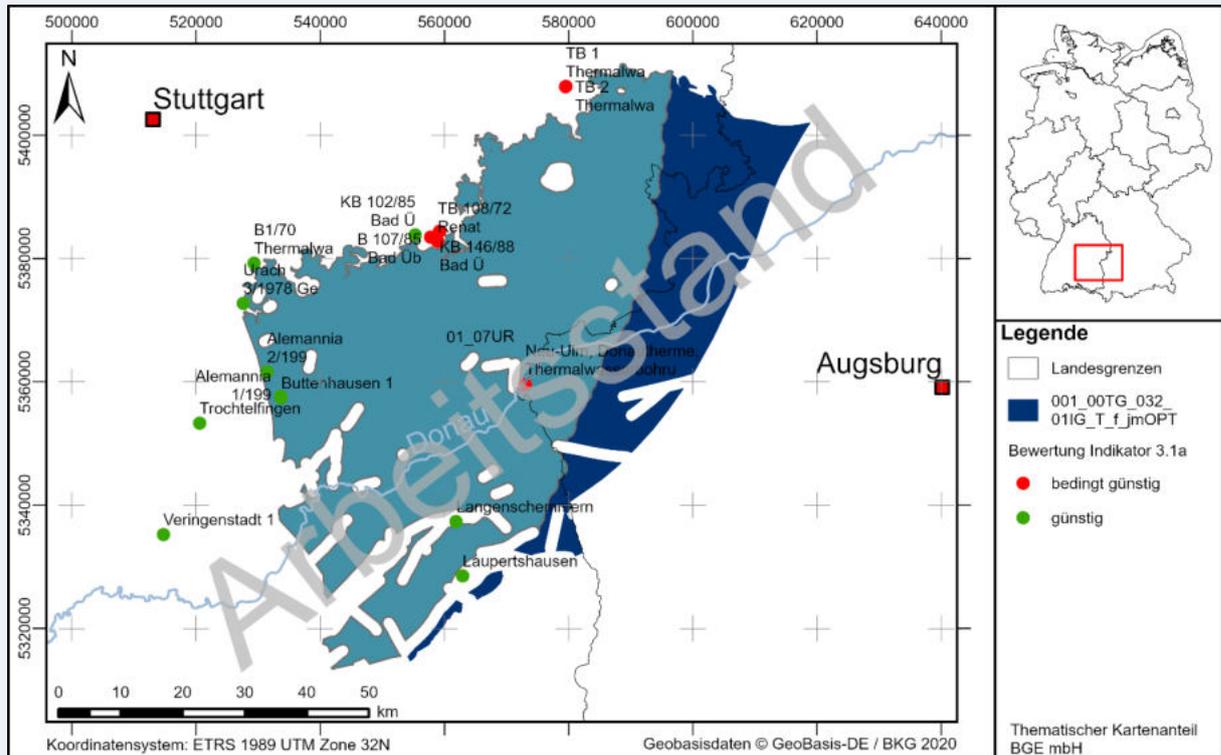


Abbildung 116: Bewertung des Indikators 3.1a „Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich“ im Teiluntersuchungsraum 01\_07UR anhand relevanter Bohrungen.  
Die türkisfarbene Fläche kennzeichnet den Teiluntersuchungsraum 01\_07UR.

Beispiel 55: Bearbeitung des Indikators 3.1a „Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich im GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR)

## Anwendungsbeispiel im GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR) – Bearbeitung des Indikators 3.1a

Die geowissenschaftlichen Arbeiten als Grundlage für die Bewertung des Indikators 3.1a „Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich“ des Kriteriums zur Bewertung der „Ermittelbarkeit der relevanten Gesteinstypen und ihrer Eigenschaften im vorgesehenen Endlagerbereich, insbesondere im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich“ (Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) werden für das GzME „Thüringer Becken“ am Beispiel des Teiluntersuchungsraums 03\_21UR gezeigt. Dieser Teiluntersuchungsraum wird in den Kapiteln 5.6.1 und 5.7.2 ausführlich beschrieben.

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 358

**Anwendungsbeispiel im GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR) – Bearbeitung des Indikators 3.1a**

Die Bewertung des Indikators 3.1a ist in Tabelle 45 zusammengefasst. Die Ausarbeitung, die zur Bewertung des Indikators führt, wird im Folgenden gezeigt.

*Tabelle 45: Übersicht über die Bewertung des Indikators 3.1a „Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich“ für den Teiluntersuchungsraum 03\_21UR im GzME „Thüringer Becken“*

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße beziehungsweise Indikator des Kriteriums	Bewertung
Ermittelbarkeit der relevanten Gesteinstypen und ihrer Eigenschaften im vorgesehenen Endlagerbereich, insbesondere im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich	Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich	Flächendifferenziert: überwiegend günstig, untergeordnet bedingt günstig, ungünstig

Die Ablagerungen des Zechstein sowie der lithologische Aufbau der Steinsalz-Formationen sind abhängig von der Ausprägung der Eindampfungszyklen. So kann es im Wirtsgestein „Steinsalz in flacher Lagerung“ sowohl zu großräumigen als auch zu kleinräumigen Wechseln in der Lithologie kommen. Die dadurch vorhandenen Grenzflächen stellen eine Heterogenität bzw. Ungewissheit bezüglich der Eigenschaften der Gesteinstypen dar. Ortsspezifische Daten aus den Teiluntersuchungsräumen, beispielsweise bezüglich mineralogischer Zusammensetzungen, Gefügeausbildungen, Texturen, Permeabilitäten oder Kriechvermögen, liegen in dieser Phase des Verfahrens nicht vor. Aufgrund dessen basiert eine Bewertung der Indikatoren 1a und 1b der Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG in diesem Schritt des Verfahrens auf lithologischen Beschreibungen der vorhandenen Gesteinstypen in den Schichtenverzeichnissen der Bohrungen sowie der Auswertung bohrlochgeophysikalischer Daten. Gesteinstypen beschreiben dabei die in den Schichtenverzeichnissen dokumentierten lithologischen Einheiten, z. B. Steinsalz, Anhydritstein, Kalisalz, Karbonat.

Die Bewertung der lithologischen Beschreibungen wird auf die Mindestmächtigkeit von 100 m angewendet, um so die jeweils günstigste Abfolge mit einer Mächtigkeit von mindestens 100 m zu identifizieren. Dabei findet eine qualitative Bewertung anhand der lithologischen Beschreibungen in den Schichtenverzeichnissen der repräsentativen Profile statt (vgl. Anhang 6). Das Vorkommen von geringmächtigen Zwischenschichten anderer Gesteinsart (z. B. Anhydrit) in einer Steinsalzschiefer wird betrachtet und einer Wertungsgruppe zugeordnet (Tabelle 46). Das Vorkommen von Nebenkomponenten, z. B. Anhydrit in Steinsalz (Hauptkomponente), wird nur

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 359

### Anwendungsbeispiel im GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR) – Bearbeitung des Indikators 3.1a

dann berücksichtigt, sofern sie eine starke Heterogenität verursachen, die beispielsweise in bohrlochgeophysikalischen Daten erkennbar ist.

*Tabelle 46: Darstellung der Wertungsgruppen mit zugehörigen lithologischen Beschreibungen im Schichtenverzeichnis (obere Zeile) und mit Bewertung von Nebenkomponenten anhand von bohrlochgeophysikalischen Daten (untere Zeile)*

<u>Günstig</u> : Variationsbreite gering	<u>Bedingt günstig</u> : Variationsbreite deutlich, aber bekannt beziehungsweise zuverlässig erhebbar	<u>Ungünstig</u> : Variationsbreite erheblich und/oder nicht zuverlässig erhebbar
95 % – 100 % Steinsalz als Hauptkomponente (max. 5 % Zwischenschichten)	95 % – 100 % Steinsalz als Hauptkomponente (max. 5 % Zwischenschichten)	< 95 % Steinsalz als Hauptkomponente (> 5 % Zwischenschichten)
Keine weiteren Nebenkomponenten	Weitere <b>Nebenkomponenten</b> mit deutlicher Variationsbreite der Eigenschaften vorhanden (bezogen auf 100 m)	Weitere <b>Nebenkomponenten</b> mit erheblicher Variationsbreite der Eigenschaften vorhanden (bezogen auf 100 m)

Besteht das Steinsalz in dem betrachteten 100 m mächtigen Bereich aus reinem Steinsalz ohne weitere Nebenkomponenten und liegen maximal 5 % an Zwischenschichten vor, wird mit „günstig“ bewertet (Abbildung 117). Liegen vertikal differenziert unterschiedliche Bewertungen für die betrachteten 100 m der Steinsalzsicht innerhalb eines repräsentativen Profils vor, wird die ungünstigere Wertungsgruppe gewählt.

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 360

## Anwendungsbeispiel im GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR) – Bearbeitung des Indikators 3.1a

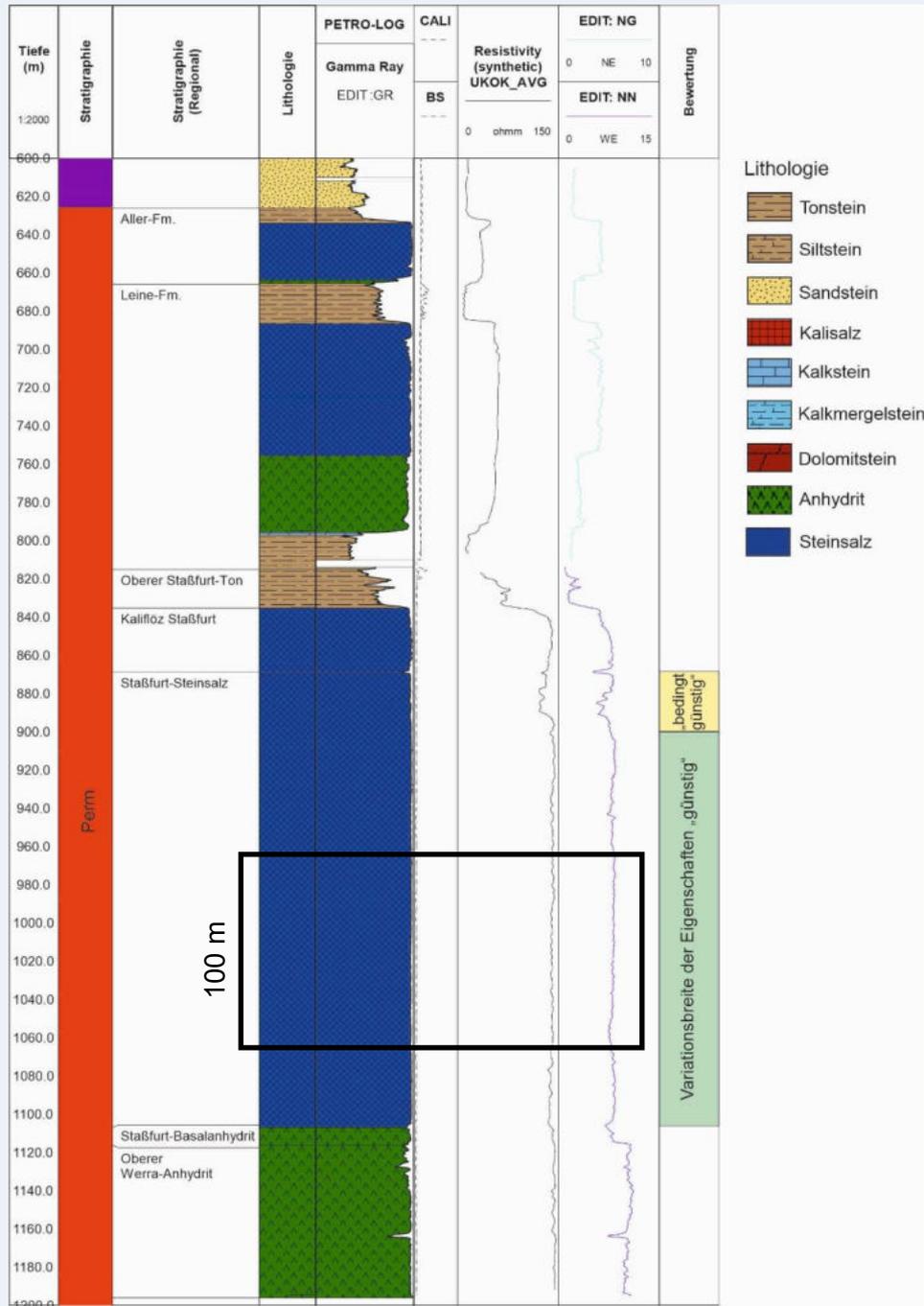


Abbildung 117: Beispielhafte Darstellung eines Auszugs aus dem repräsentativen Profil im Staßfurt-Steinsalz im Teiluntersuchungsraum 03\_21UR im Thüringer Becken.

Der grün markierte Bereich definiert eine Abfolge mit reinem Steinsalz ohne weitere Nebenkomponten und mit max. 5 % Zwischenschichten anderer

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



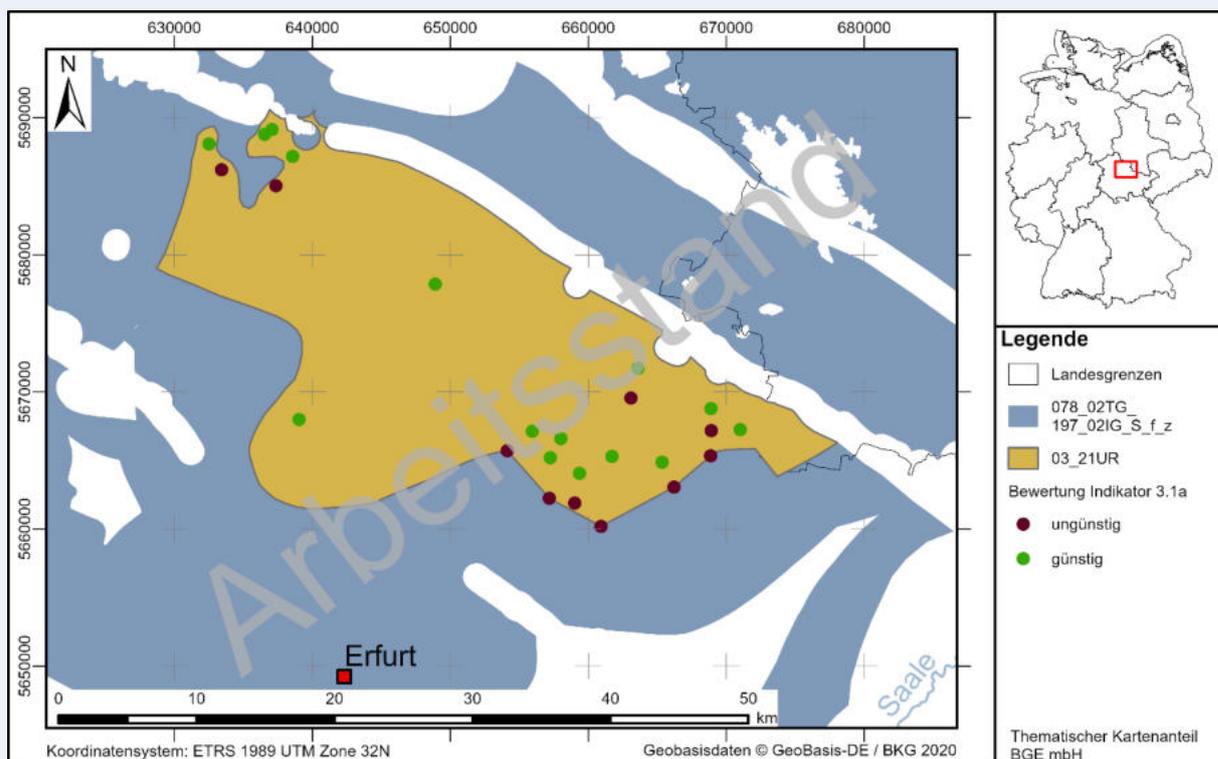
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 361

### Anwendungsbeispiel im GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR) – Bearbeitung des Indikators 3.1a

*Lithologie, die mehr als 100 m (vgl. schwarzer Umriss) mächtig ist: Wertungsgruppe „günstig“.*

Mithilfe von lithologischen Beschreibungen aus Schichtenverzeichnissen sowie bohrlochgeophysikalischen Datensätzen können Abfolgen innerhalb des Wirtsgesteinsbereichs mit Barrierefunktion identifiziert werden, die größere Variationen aufweisen und denen daher die Wertungsgruppe „bedingt günstig“ zugeordnet werden kann. So kann anhand der bohrlochgeophysikalischen Datensätze im Teiluntersuchungsraum 03\_21UR eine geringmächtige heterogene Abfolge im oberen Bereich des Staßfurt-Steinsalzes identifiziert werden, deren Bewertung „bedingt günstig“ wäre (Abbildung 117). Da sich unterhalb dieser mit „bedingt günstig“ bewerteten Gesteinsabfolge jedoch noch über 100 m mächtige Steinsalzabfolgen mit einer „günstigen“ Bewertung befinden, ist die Lokation insgesamt mit „günstig“ zu bewerten.



**Abbildung 118:** Bewertung des Indikators 3.1a „Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich“ im Teiluntersuchungsraum 03\_21UR

Die meisten Profile innerhalb des Teiluntersuchungsraums 03\_21UR zeigen mindestens 100 m mächtige Abfolgen mit geringer Variationsbreite und damit günstiger Bewertung (Abbildung 118). Ungünstige Wertungen gibt es v. a. bei Bohrungen, die an den Teiluntersuchungsraum-Grenzen (Eingrenzung durch die Mindestanforderung „Mächtigkeit“) liegen. Damit schließt der Bewertungsmaßstab von 100 m auch die heterogene Hangendpartie des Staßfurt-

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 362

**Anwendungsbeispiel im GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR) – Bearbeitung des Indikators 3.1a**

Steinsalz oder sogar weitere Einheiten mit ein. Weiterhin gibt es im Südosten des Teiluntersuchungsraums 03\_21UR Zwischenschichten, die weitere Gesteinstypen enthalten, und über 5 % der 100 m mächtigen bewertungsrelevanten Gesteinsabfolge ausmachen können (vgl. Abbildung 125 (Kal Sprötau 6/1974) und Anhang 6). In diesen Bereichen erfolgt lokal eine „ungünstige“ Bewertung. Die lokalen Informationen werden im weiteren Verlauf der Bearbeitung zur weiteren Eingrenzung des Teiluntersuchungsraums herangezogen.

*Beispiel 56: Bearbeitung des Indikators 3.1a „Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen“ im Endlagerbereich im Teiluntersuchungsraum 04\_11UR des GzME „Saxothuringikum“*

**Anwendungsbeispiel im GzME „Saxothuringikum“ (04\_00UR)**

Die geowissenschaftlichen Arbeiten als Grundlage für die Bewertung des Indikators 3.1a der Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG werden für das GzME 009\_00TG am Beispiel des Teiluntersuchungsraums 04\_11UR gezeigt. Die Bewertung des Indikators 3.1a **„Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich“** des Kriteriums zur Bewertung der „Ermittelbarkeit der relevanten Gesteinstypen und ihrer Eigenschaften im vorgesehenen Endlagerbereich (Anlage 3 zu § 24 Abs. 3 StandAG) ist in Tabelle 47 zusammengefasst. Der Teiluntersuchungsraum 04\_11UR wird im Beispiel 49 (Kapitel 5.7.1) beschrieben.

*Tabelle 47: Übersicht über die Bewertung des Indikators 3.1a „Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich“ der Anlage (zu § 24 Abs. 3) StandAG des Teiluntersuchungsraums 04\_11UR*

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße beziehungsweise Indikator des Kriteriums	Bewertung
Ermittelbarkeit der relevanten Gesteinstypen und ihrer Eigenschaften im vorgesehenen Endlagerbereich, insbesondere im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich	Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich	Flächendifferenziert: günstig oder ungünstig

Da derzeit keine ortsspezifischen, detaillierten Eigenschaften und Gesteinsparameter für den Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion aus in den Teiluntersuchungsräumen vorliegen, wird

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 363

**Anwendungsbeispiel im GzME „Saxothuringikum“ (04\_00UR)**

für die Bewertung der Variationsbreite der Eigenschaften im Schritt 2 der Phase I des Standortauswahlverfahrens auf petrographische Beschreibungen der vorhandenen Gesteinstypen in den Schichtenverzeichnissen der Bohrungen und aus der geowissenschaftlichen Literatur zurückgegriffen, die kristallinen Wirtsgesteinsformationen lithologisch charakterisieren. Die Variationsbreite der Eigenschaften wird bei kristallinen Wirtsgesteinen über geologische Proxies abgeleitet (siehe Tabelle 42). Das Verständnis der spätmagmatischen und/oder postmagmatischen Prozesse bei Plutoniten und der retrograden Metamorphose- und/oder Deformationsprozesse bei hochgradig regionalmetamorphen Gesteinen erlauben eine qualitative Bewertung von Indikator 3.1a der Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG.

Im Bereich des Teiluntersuchungsraums 04\_11UR sind nach GK100 des LfULG vulkanische Gänge und Porphyrstöcke in der Spätphase der magmatischen Aktivität, v. a. im Zentrum, weit verbreitet, die die kristallinen Wirtsgesteine des Meißener Plutons durchschlagen. Das petrographische Schichtenverzeichnis der Bohrung B...95....1972 (Abbildung 121) stammt aus dem zentralen nördlichen Teil des Teiluntersuchungsraums 04\_11UR und verdeutlicht diese räumliche Konfiguration der Gesteinskörper (jüngere vulkanische Gänge z. B. aus Dacit und Rhyolith in faziell homogenem Granodiorit) gut. Die vulkanischen Gänge intrudierten in strukturelle Schwächezonen (tiefeichende Störungssysteme) im kristallinen Wirtsgestein in der Elbezone. Dieser intensive spätmagmatische Vulkanismus im Saxothuringikum bildet nicht nur vulkanische Zufuhrkanäle, sondern auch Vorkommen von Ignimbriten (Porphyre), z. B. im Meißener Eruptivkomplex, aus. Die kristallinen Wirtsgesteine im Meißener Pluton stellen dabei die Nebengesteine dieser intensiven vulkanischen Aktivität dar und Bereiche um diese vulkanischen Zentren sind als Gebiete mit einer erheblichen Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen anzusehen. Im Zuge der Entwicklung eines vulkanisch angetriebenen hydrothermalen Systems um vulkanische Zentren alterieren die erhitzten hydrothermalen Fluide in Zonen mit höherer Gebirgsdurchlässigkeit auch die kristallinen Wirtsgesteine im Grundgebirge und verändern ihre mineralogische und geochemische Zusammensetzung und damit auch ihre Gesteinsparameter. Die Eigenschaften der Gesteinstypen in unmittelbarer Nähe um vulkanische Einheiten sind dadurch nicht mehr zuverlässig erhebbbar.

Die vulkanischen Gänge im Teiluntersuchungsraum 04\_11UR wurden auf Grundlage der GK 25 Rasterkarten des LfULG (Ausschnitt siehe Abbildung 120) vektorisiert und bilden die großmaßstäbliche Kartengrundlage für die Ausweisung der Gebiete mit einer erheblichen Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen um vulkanische Einheiten (Abbildung 119).

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 364

## Anwendungsbeispiel im GzME „Saxothuringikum“ (04\_00UR)

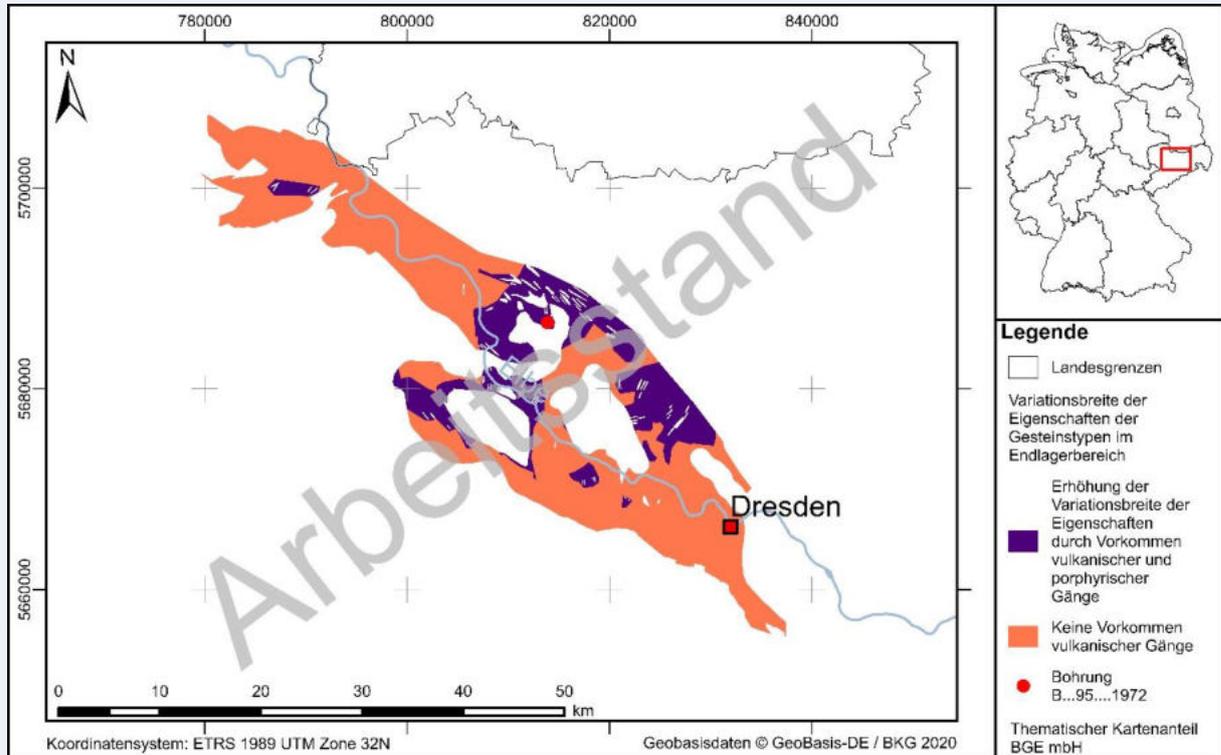


Abbildung 119: Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich durch das Vorkommen von vulkanischen Gängen im Teiluntersuchungsraum 04\_11UR.  
Datengrundlage für die Kartierung der vulkanischen Gänge im Teiluntersuchungsraum 04\_11UR sind GK25-Rasterkarten des LfULG.

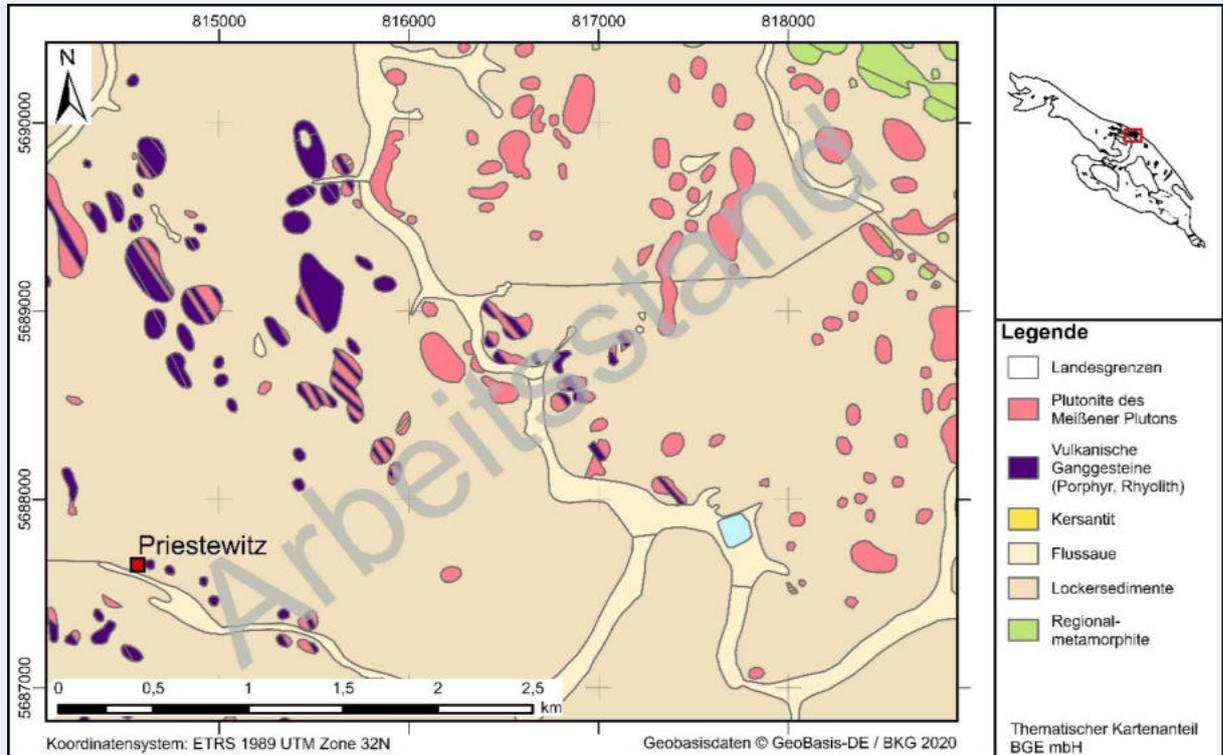
# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 365

## Anwendungsbeispiel im GzME „Saxothuringikum“ (04\_00UR)



**Abbildung 120:** Vektorisierter Ausschnitt der GK25 des LfULG (Blatt 4747) im Raum nördlich von Priestewitz mit erkennbaren vulkanischen Ganggesteinen in kristallinen Wirtsgesteinen des Meißener Plutons

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 366

## Anwendungsbeispiel im GzME „Saxothuringikum“ (04\_00UR)

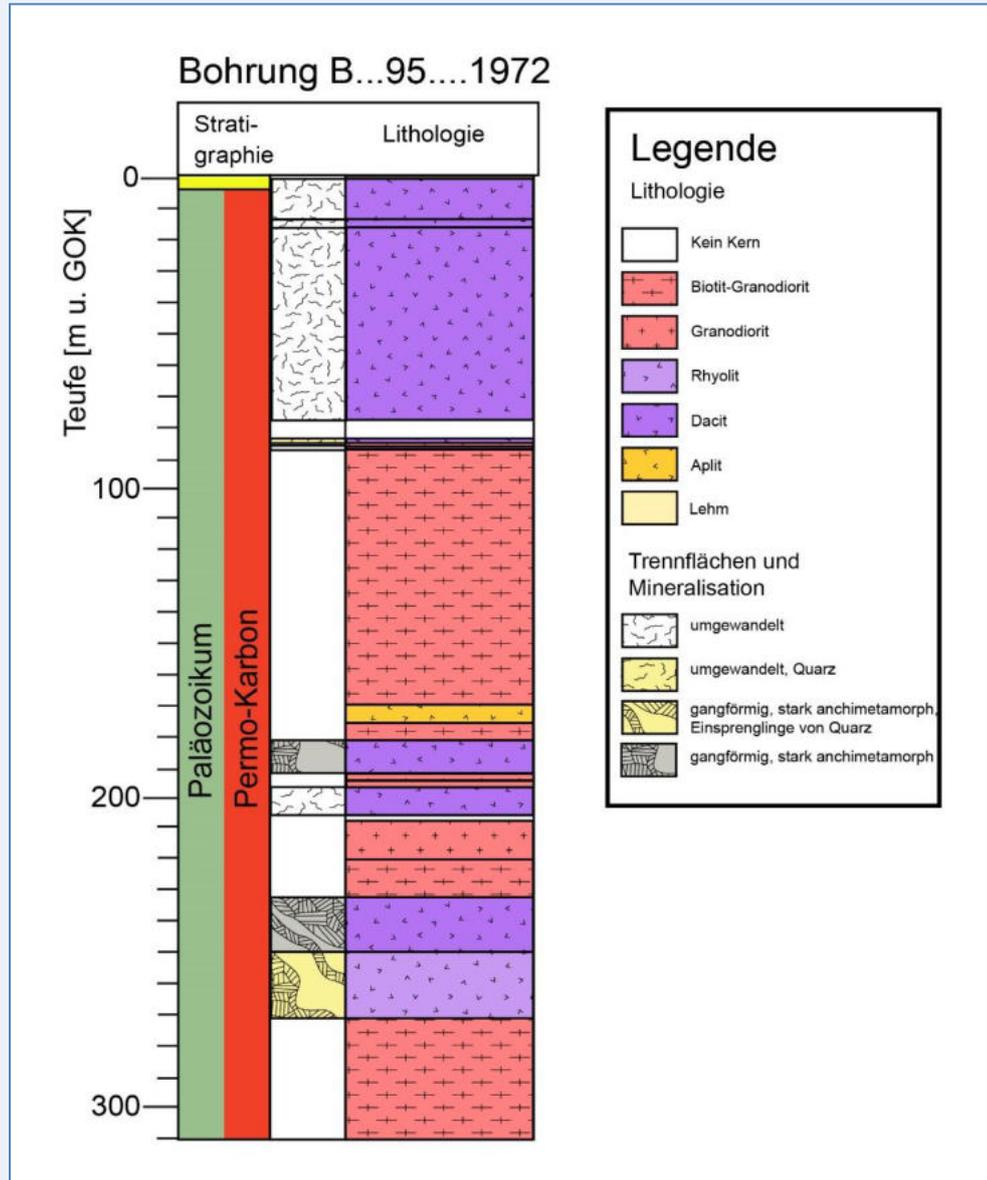


Abbildung 121: Darstellung des petrographischen Schichtenverzeichnisses von Bohrung B...95....1972; vulkanische Einheiten (Rhyolith, gangförmig und Dacit, gangförmig) durchschlagen kristallines Wirtsgestein (Biotit-Granodiorit)

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 367

*Beispiel 57: Bearbeitung des Indikators 3.1a „Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen“ im Endlagerbereich im GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)*

**Anwendungsbeispiel im GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)**

Die Bewertung des Indikators 3.1a „**Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich**“ des Kriteriums zur Bewertung der „Ermittelbarkeit der relevanten Gesteinstypen und ihrer Eigenschaften im vorgesehenen Endlagerbereich, insbesondere im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich“ (Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG), ist in Tabelle 48 zusammengefasst. Die Ausarbeitung, die zur Bewertung des Indikators führt, wird im Folgenden gezeigt.

*Tabelle 48: Übersicht über die Bewertung des Indikators 3.1a „Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich“ der Anlage (zu § 24 Abs. 3) StandAG des GzME „Salzstock Bahlburg“*

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße beziehungsweise Indikator des Kriteriums	Bewertung
Ermittelbarkeit der relevanten Gesteinstypen und ihrer Eigenschaften im vorgesehenen Endlagerbereich, insbesondere im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich	Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich	Günstig

Im Zuge der Genese der Salzstrukturen werden die Steinsalzschieben mobilisiert, zunächst in Salzkissen akkumuliert und durchbrechen, ermöglicht durch tektonische Impulse und/oder Schwächung des Deckgebirges, die auflagernden Gesteinsschichten und steigen Richtung Oberfläche auf. Die Prozesse werden als Halokinese bzw. Halotektonik bezeichnet. Beim Aufstieg werden die Gesteinsabfolgen aus ihrer ursprünglichen Schichtverband gelöst und miteinander verfaltet, teilweise zerblockt und größtenteils steilgestellt. Je nach Komplexität des Internbaus ist der Gesteintyp Steinsalz mehr oder weniger intensiv mit den weiteren Gesteinstypen (Kalisalz, Anhydrit, Tonstein) im Wirtsgesteinsbereich verfaltet. Positiver Effekt der Prozesse kann die Bildung mächtiger Gesteinspakete (Steinsalz) mit weitgehend einheitlichen Gesteinseigenschaften sein. Diese Homogenbereiche sind in Abhängigkeit von der Komplexität der internen Lagerungsverhältnisse überwiegend im Zentralbereich der Salzstöcke zu finden.

Indikator 3.1a wird im Wirtsgestein Steinsalz „in steiler Lagerung“ in der Regel günstig ausfallen. Eine Bewertung erfolgt, wenn möglich, auf Basis vorhandener Daten (Gesteinsbeschrei-

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



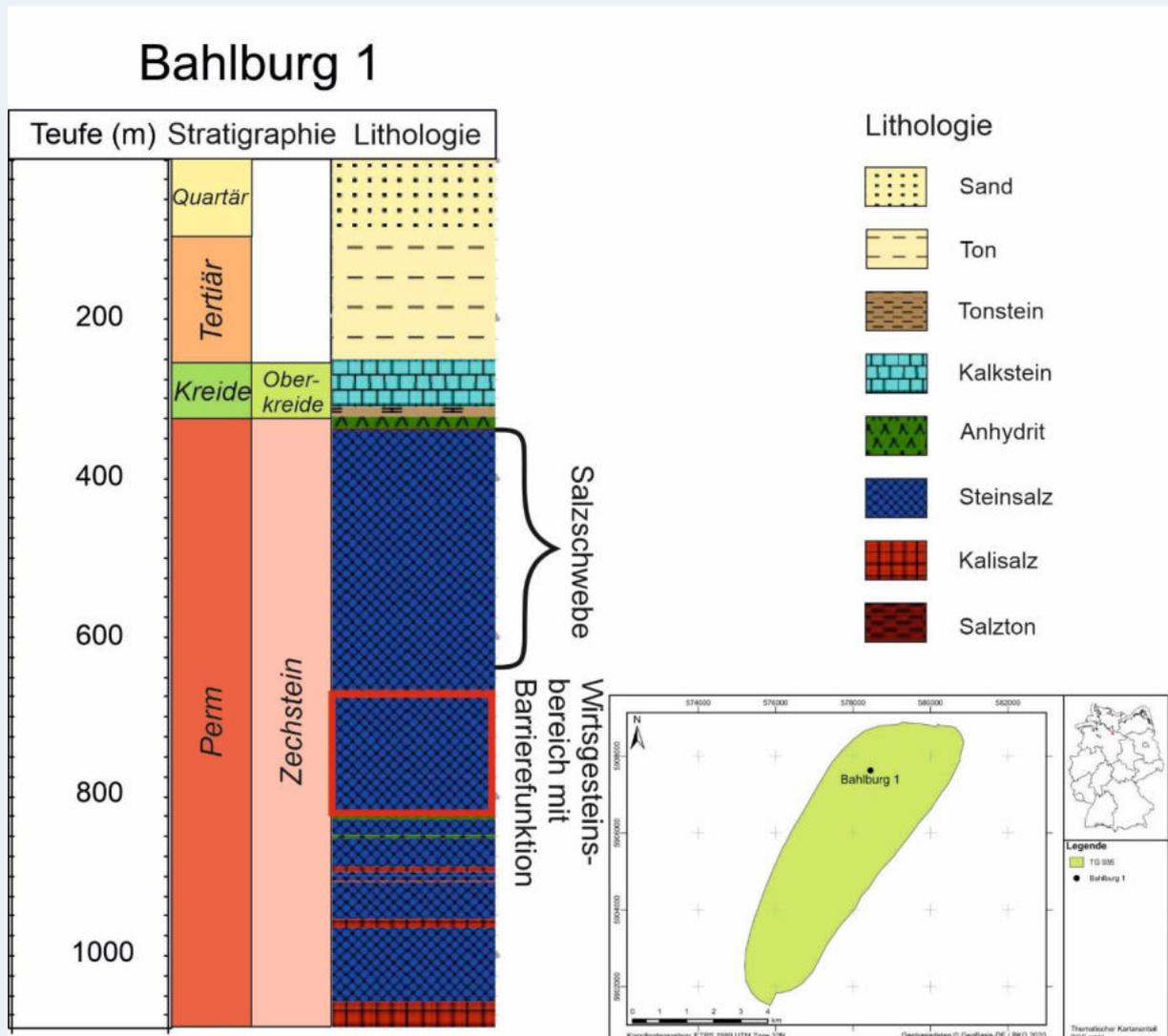
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 368

## Anwendungsbeispiel im GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)

bungen in Schichtenverzeichnissen oder geophysikalische Bohrlochmessungen). Informationen aus Bohrungen dienen als Positivbeleg. Sollten 100 m Wirtsgestein nicht erbohrt worden sein, bedeutete dies nicht, dass keine entsprechenden Bereiche an anderer Stelle im Teilgebiet vorhanden sind. Das Prozessverständnis des Salzaufstiegs spricht dafür, dass diese Intervalle häufig vorhanden sein werden, auch wenn diese nicht erbohrt wurden.

Die Bohrung Bahlburg 1 (Abbildung 122) zeigt Steinsalzschichten ohne nennenswerte Nebenbestandteile von mehr als 100 m Mächtigkeit. Die randliche Lage der Bohrung Bahlburg 1 in der Salzstruktur wird durch die erbohrten Gesteinsabfolgen bestätigt (Wechselagerung zwischen Steinsalz, Kalisalz, Anhydrit). Für die zentrale Aufstiegszone der Salzstruktur liegen keine Bohrungsinformationen vor. Es ist realistisch davon auszugehen, dass dort höhere Steinsalzmächtigkeiten erwartet werden können, weshalb der Indikator 3.1a mit „günstig“ bewertet wird.



2020-10-26\_PM\_QMV02\_Textblatt A4 Hochformat\_REV02

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 369

### Anwendungsbeispiel im GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)

*Abbildung 122: Bohrung Bahlburg 1 im nördlichen Randbereich des GzME „Salzstock Bahlburg“ mit Informationen zu Stratigraphie und Lithologie.  
Nach Abzug der 300 m gesetzlich geforderter Salzscheibe verbleiben mehr als 100 m Steinsalzintervall.*

#### 5.7.4.3 Indikator 3.1b „Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften“

Der Indikator „Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften“ bewertet die räumliche Verteilung der Gesteinstypen und ihrer für die Abwägung relevanten Eigenschaften im Endlagerbereich, insbesondere dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich. Die Gesteinstypen und ihre charakteristischen Eigenschaften sollten räumlich möglichst gleichmäßig verteilt sein (AkEnd 2002). Für den Indikator erfolgt die Bewertung der Gebiete anhand der in Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG angegebenen Wertungsgruppen, wie in Tabelle 41 aufgeführt.

Bewertungsgrundlage für den Indikator sind die repräsentativen Profile (siehe Kapitel 5.7.1) und die darin ausgewiesenen Gesteinstypen. Ein Gesteinstyp ist ein in sich überwiegend ähnlich zusammengesetztes Gestein, das durch charakteristische, lithologisch bedingte Eigenschaften definiert ist (BGE 2018a). Zur Abgrenzung der Gesteinstypen einer Abfolge werden in erster Näherung die Angaben aus den Schichtenverzeichnissen herangezogen, gegebenenfalls mit einer Präzisierung durch bohrlochgeophysikalische Messungen (Logs). Ziel ist eine Aussage zur räumlichen Verteilung der Gesteinstypen und ihrer Eigenschaften sowie der Korrelierbarkeit und deren Ungewissheiten zu treffen. Die Bewertung der räumlichen Verteilung macht eine dreidimensionale Betrachtung notwendig. Der Betrachtungsmaßstab umfasst mindestens 100 m in vertikaler Richtung und den Mindestflächenbedarf gemäß BT-Drs. 18/11398 in lateraler Richtung (für Steinsalz 3 km<sup>2</sup>, für Kristallin 6 km<sup>2</sup> und für Tongestein 10 km<sup>2</sup>). Bewertungsrelevante Eigenschaften des Indikators sind u. a. lithologische Änderungen innerhalb der Wirtsgesteinsformation sowie Ausbildung und Verlauf der Trennflächen zwischen den einzelnen Gesteinstypen.

Um eine auf alle geologischen Räume übertragbare Methodik zur Bewertung der räumlichen Verteilung von Gesteinstypen und ihrer Eigenschaften im Endlagerbereich entwickeln zu können, muss zunächst die vorliegende Datenlage betrachtet werden. Zum jetzigen Zeitpunkt des Verfahrens zur Ermittlung von Standortregionen stehen nicht immer ortsbezogenen Daten zur Verfügung, dementsprechend basiert eine Bewertung auch auf Literaturangaben in Verbindung mit georeferenzierten geologischen Karten und verfügbaren Bohrdaten. Hierdurch werden mit Hilfe fachlicher Beschreibungen Wirtsgesteinsformationen aufgrund ihrer Ausprägung hinsichtlich ihrer Eigenschaften vergleichbar bewertet.

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 370
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				EA	TF	0002	00	

**5.7.4.4 Beispiele zur Bearbeitung des Indikators 3.1b „Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften“**

Die Vorgehensweise bei der Bewertung des Indikators „Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften“ wird im Folgenden anhand der Anwendungsbeispiele GzME „Opalinuston“ (Beispiel 58) für das Wirtsgestein Tongestein, GzME „Thüringer Becken“ (Beispiel 59) für das Wirtsgestein Steinsalz flach und GzME „Saxothuringikum“ (Beispiel 60) für das kristalline Wirtsgestein näher erläutert.

*Beispiel 58: Bearbeitung des Indikators 3.1b „Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften“ im Teiluntersuchungsraum 01\_07UR im GzME „Opalinuston“*

**Anwendungsbeispiel im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)**

Die geowissenschaftlichen Arbeiten als Grundlage für die Bewertung des Indikators 3.1b „Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften“ des Kriteriums zur Bewertung der „Ermittelbarkeit der relevanten Gesteinstypen und ihrer Eigenschaften im vorgesehenen Endlagerbereich, insbesondere im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich“ (Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) werden für das GzME „Opalinuston“ am Beispiel des Teiluntersuchungsraums 01\_07UR gezeigt. Dieser Teiluntersuchungsraum wird in den Kapiteln 5.6.1 und 5.7.2 ausführlich beschrieben.

Die Bewertung des Indikators 3.1b „Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften“ ist in Tabelle 49 zusammengefasst. Die Ausarbeitung, die zur Bewertung des Indikators führt, wird im Folgenden gezeigt.

*Tabelle 49: Übersicht über die Bewertung des Indikators 3.1b „Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften“ der Anlage 3 zu § 24 StandAG für 01\_07UR im GzME „Opalinuston“*

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße beziehungsweise Indikator des Kriteriums	Bewertung
Ermittelbarkeit der Gesteinstypen und ihre charakteristischen Eigenschaften im vorgesehenen Endlagerbereich, insbesondere im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich	Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften	Flächendifferenziert: Im Bereich der Uracher Tuffschlote „ungünstig“, sonst „günstig“

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 371

**Anwendungsbeispiel im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)**

Die räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Teiluntersuchungsraum soll mithilfe von Korrelationen erfolgen, um lithologische Veränderungen innerhalb der Abfolge im Raum zu bewerten. In der Abfolge der Opalinuston-Formation ist im Teiluntersuchungsraum 01\_07UR zu beobachten, dass zum Hangenden, d. h. zur Zillhausen-Subformation, der Anteil an gröberklassischen Lithologien zunimmt. Die räumliche Bewertung berücksichtigt den wirtsgesteinsspezifischen Flächenbedarf für das Endlagerbergwerk (Mindestanforderung Flächenbedarf; für Tongestein 10 km<sup>2</sup>).

In Abbildung 123 ist beispielhaft eine räumliche Korrelation von Bohrungen im GzME „Opalinuston“ dargestellt. Die Teufelsloch-Subformation zeichnet sich durch eine sehr geringe lithologische räumliche Variabilität aus, was durch die vorhandenen bohrlochgeophysikalischen Daten bestätigt wird. Die Korrelation zeigt, dass in allen Profilen der Tongehalt zur Zillhausen-Subformation abnimmt, entsprechend die Lithologien grobklastischer werden. Die Zillhausen-Subformation ist im Teiluntersuchungsraum 01\_07UR etwa 30 m bis 50 m mächtig und besteht aus feinsandigen Tonsteinen bis Tonmergelsteinen mit Kalksandstein- und sandigen Kalksteinbänken im oberen Teil. Das Einsetzen der Zillhausen-Subformation lässt sich an der Basis durch den Übergang zu den sehr sandarmen Schichten der Teufelsloch-Subformation abgrenzen (Abbildung 123; Franz & Nitsch 2009). Die Abfolgen der Zillhausen-Subformation werden nach Osten hin gröber und es lassen sich diskrete Lagen gröberer Materials identifizieren (Abbildung 123). Diese werden in Franz & Nitsch (2009) in vier Leithorizonte aus Sandstein- oder Kalksteinbänken unterschieden, zwischen denen schluffige bis teilweise sandige Tonsteine bis Tonmergelsteine liegen. Diese Leithorizonte werden als Wasserfallschichten, Belemnitenbrekzie, Costosumbank und Zopfplatten bezeichnet (Franz & Nitsch 2009).

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 372

## Anwendungsbeispiel im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)

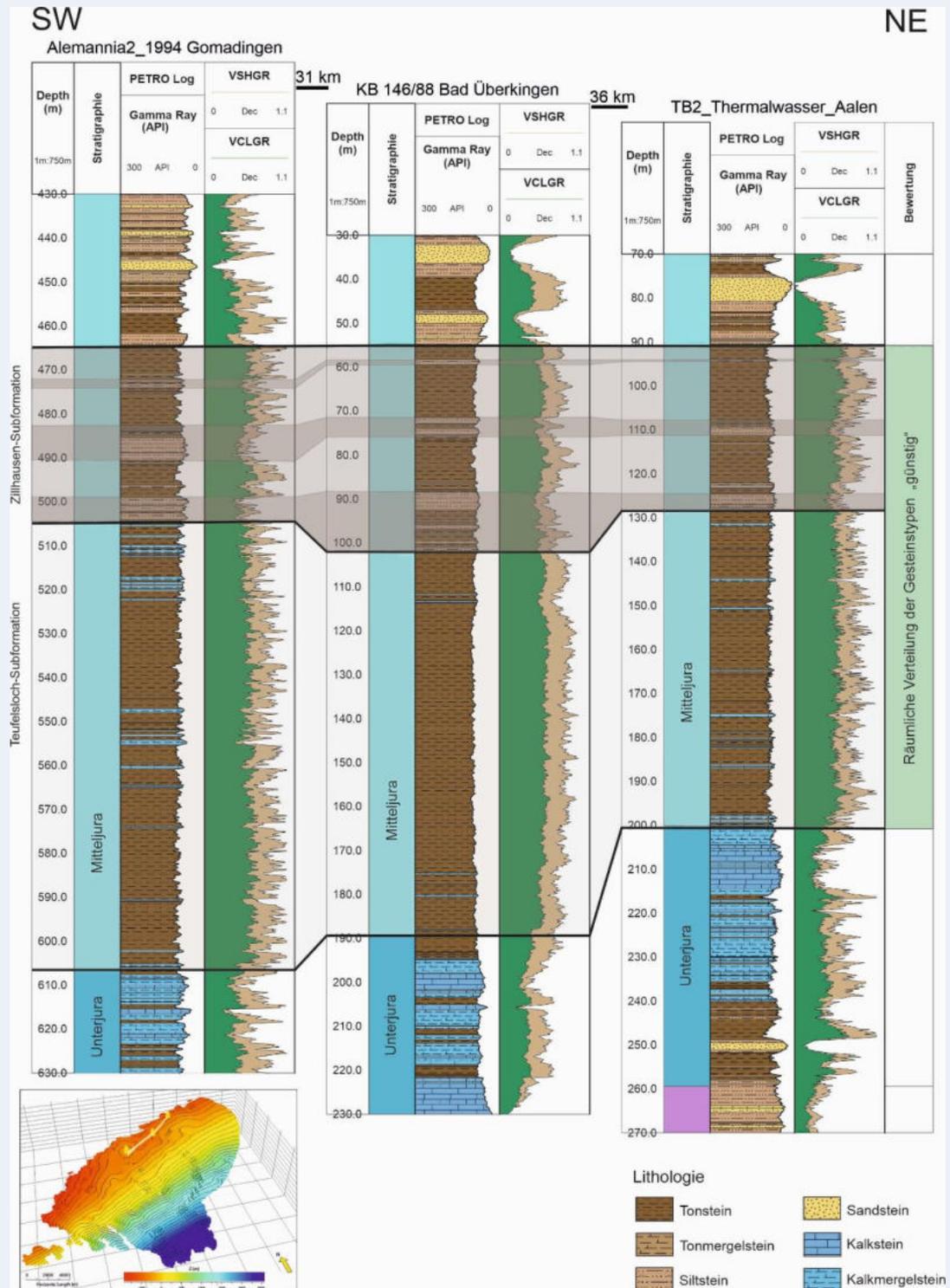


Abbildung 123: Räumliche Korrelation von Bohrungen im GzME „Opalinuston“

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 373

**Anwendungsbeispiel im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)**

Zusätzlich zu den oben beschriebenen ablagerungsbedingten lithologische Änderungen, treten im Bereich des Urach Tuffschlote auf, die unter anderem in (Schreiber & Jentzsch 2021) beschrieben sind. Das miozäne Vulkanfeld des Urach befindet sich im nordwestlichen Bereich des Teiluntersuchungsraums 01\_07UR (Abbildung 124). Es nimmt eine Fläche von ca. 1.600 km<sup>2</sup> ein, auf der mehr als 350 Maar-Diatrem-Vulkane kartiert wurden (Mäussnest 1974a, 1974b). Sie haben im Miozän (17 – 11 Ma vor heute, Lippolt et al. 1973; Kröcher et al. 2009) die mesozoische Schichtenfolge der Schwäbischen Alb durchschlagen. Im Bereich dieses Vorkommens kann nicht von einer günstigen räumlichen Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften ausgegangen werden, da das Auftreten dieser Schlote im Untergrund keinem regelmäßigen Muster folgt und damit als diskontinuierliche, nicht ausreichend genau vorhersagbare räumliche Veränderung im gesamten Endlagerbereich gelten muss.

Aufgrund der Vorkommen der Urach-Vulkanite im Teiluntersuchungsraum 01\_07UR ist für den Indikator 3.1b eine flächendifferenzierte Bewertung vorzunehmen. Während im Bereich der Urach-Vulkanite (Abbildung 124) eine ungünstige Bewertung vorliegt, da das Vorkommen der Vulkanite keinem vorhersagbarem Muster folgt, ist der lithologische Trend in der Abfolgen innerhalb der Opalinuston-Formation im übrigen Teil des Teiluntersuchungsraums 01\_07UR gleichmäßig und damit als „günstig“ zu bewerten.

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 374

### Anwendungsbeispiel im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)

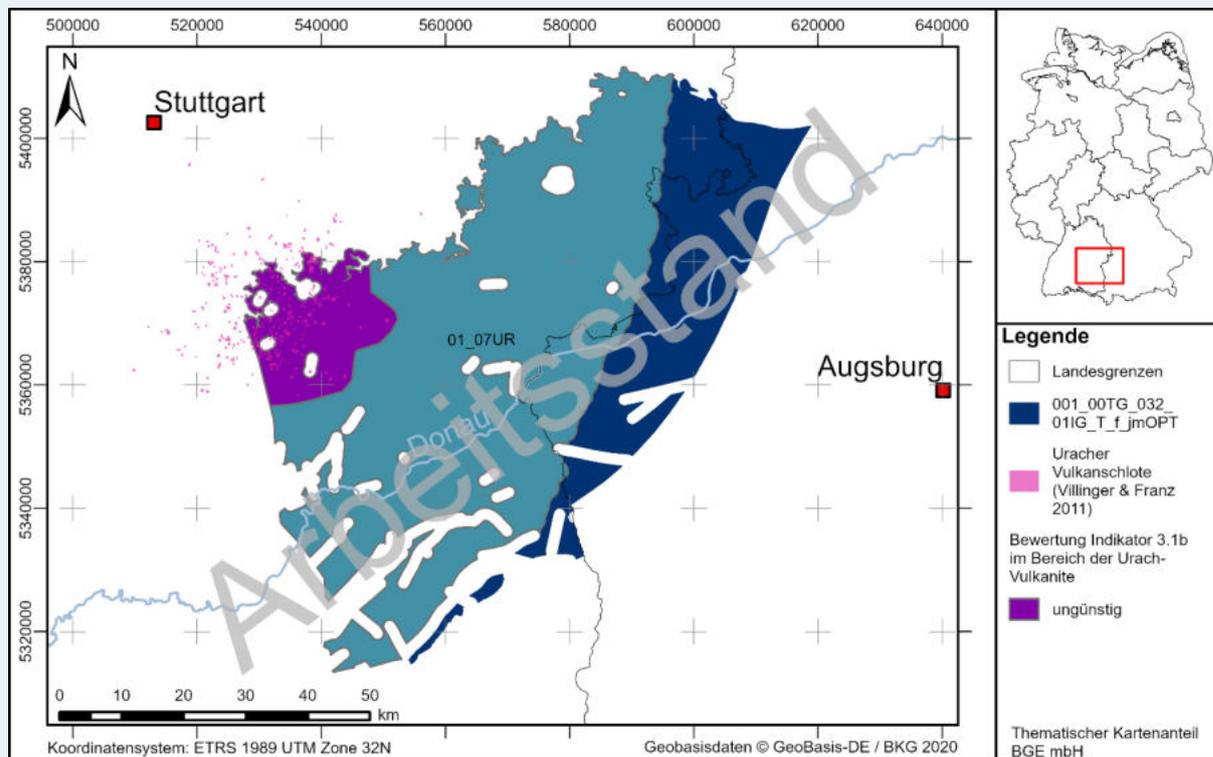


Abbildung 124: Bewertung des Indikators 3.1b „Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften“ im Teiluntersuchungsraum 01\_07UR (Lage der Vulkanschote aus Villinger & Franz 2011)

Beispiel 59: Bearbeitung des Indikators 3.1b „Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften“ im Teiluntersuchungsraum 03\_21UR im GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR)

### Anwendungsbeispiel im GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR)

Die geowissenschaftlichen Arbeiten als Grundlage für die Bewertung des Indikators 3.1b der Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG werden für das GzME „Thüringer Becken“ am Beispiel des Teiluntersuchungsraums 03\_21UR gezeigt. Dieser Teiluntersuchungsraum wird in den Kapiteln 5.6.1 und 5.7.2 ausführlich beschrieben.

Die Bewertung des Indikators 3.1b „Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften“ des Kriteriums zur Bewertung der „Ermittelbarkeit der relevanten Gesteinstypen und ihrer Eigenschaften im vorgesehenen Endlagerbereich, insbesondere im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich“ (Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG)

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 375

**Anwendungsbeispiel im GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR)**

ist in Tabelle 50 zusammengefasst. Die Ausarbeitung, die zur Bewertung des Indikators führt, wird im Folgenden gezeigt.

*Tabelle 50: Übersicht über die Bewertung des Indikators 3.1b „Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften“ der Anlage 3 (zu § 24) StandAG für 03\_21UR im GzME „Thüringer Becken“*

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße beziehungsweise Indikator des Kriteriums	Bewertung
Ermittelbarkeit der Gesteinstypen und ihre charakteristischen Eigenschaften im vorgesehenen Endlagerbereich, insbesondere im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich	Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften	günstig

Steinsalz in stratiformer Lagerung im Zechstein im Thüringer Becken zeichnet sich dadurch aus, dass laterale lithologische Änderungen nicht oder nur in sehr geringem Maße auftreten. Hier kann überwiegend von einer lateralen Gleichförmigkeit im gesamten Thüringer Becken ausgegangen werden, was eine starke positive Eigenschaft des Steinsalzes in stratiformer Lagerung darstellt.

Die räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Teiluntersuchungsraum soll mithilfe von Korrelationen dargestellt werden, um lithologische Veränderungen innerhalb der Abfolge im Raum zu bewerten. In der Abfolge des Staßfurt-Steinsalzes ist im Teiluntersuchungsraum 03\_21UR zu beobachten, dass eine Unterteilung des Staßfurt-Steinsalzes in eine heterogene hangende Abfolge und eine homogene liegende Abfolge des Staßfurt-Steinsalz erfolgen kann, wobei sich letztere als potenzieller einschlusswirksamer Gebirgsbereich eignet (Abbildung 125). Dies ist in allen Profilen zu beobachten, womit es keine auffälligen lithologischen Veränderungen innerhalb der Wirtsgesteinsformation im Raum gibt. Die räumliche Bewertung berücksichtigt den wirtsgesteinsspezifischen Flächenbedarf für das Endlagerbergwerk (Mindestanforderung Flächenbedarf; für Steinsalz 3 km<sup>2</sup>). Die Bewertung des Indikators 3.1b „Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften“ (Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) ist damit für den Teiluntersuchungsraum 03\_21UR mit „günstig“ zu bewerten.

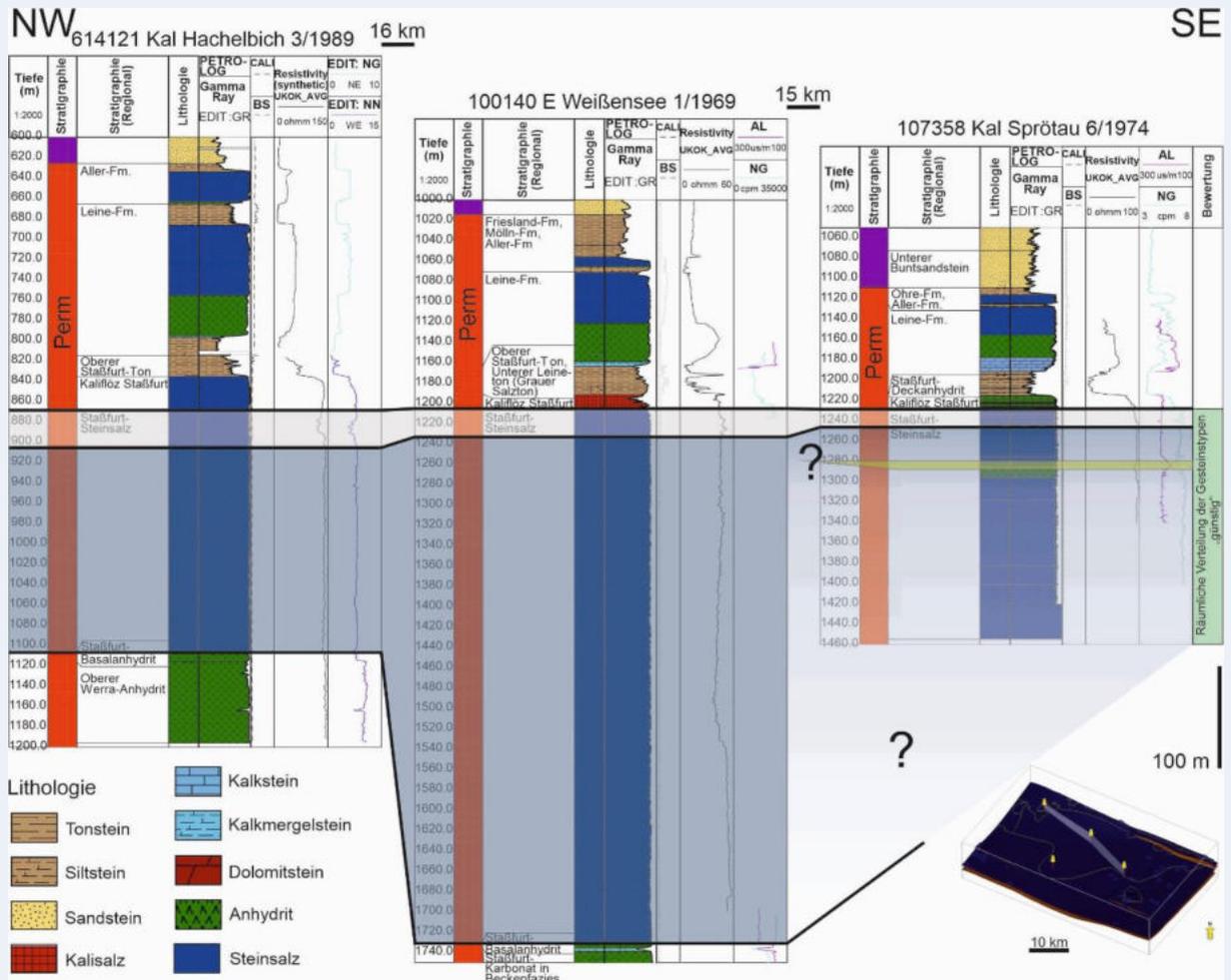
# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 376

## Anwendungsbeispiel im GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR)



**Abbildung 125:** Räumliche Korrelation der repräsentativen Profile im Teiluntersuchungsraum 03\_21UR im GzME „Thüringer Becken“. Der untere blau hinterlegte Bereich im Staßfurt-Steinsalz definiert eine homogene Steinsalz-Abfolge, im oberen grau markierten Bereich weisen die bohrlochgeophysikalischen Daten auf eine Verunreinigung der Abfolge hin.

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 377
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				EA	TF	0002	00	

*Beispiel 60:* Bearbeitung des Indikators 3.1b „Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften“ im Teiluntersuchungsraum 04\_11UR des GzME „Saxothuringikum“ (04\_00UR)

**Anwendungsbeispiel im GzME „Saxothuringikum“ (04\_00UR)**

Die zusammenfassende Bewertung des Indikators 3.1b „**Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften**“ nach Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG für den Teiluntersuchungsraum 04\_11UR im GzME „Saxothuringikum“ ist in Tabelle 51 dargestellt.

Im großflächigen Teiluntersuchungsraum 04\_11UR kommen viele kristalline Wirtsgesteinstypen vor: Granodiorit, Granit, Monzodiorit, Monzonit, Quarzmonzonit, Amphibol-Quarz-Monzonit, Diorit, Amphibolit, Quarzit, Augengneis und Zweiglimmer-Gneis (Abbildung 126).

*Tabelle 51:* Übersicht über die Bewertung des Indikators 3.1b „Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften“ der Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG für den Teiluntersuchungsraum 04\_11UR

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße beziehungsweise Indikator des Kriteriums	Bewertung
Ermittelbarkeit der Gesteinstypen und ihre charakteristischen Eigenschaften im vorgesehenen Endlagerbereich, insbesondere im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich	Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften	Flächendifferenziert: günstig oder bedingt günstig und ungünstig

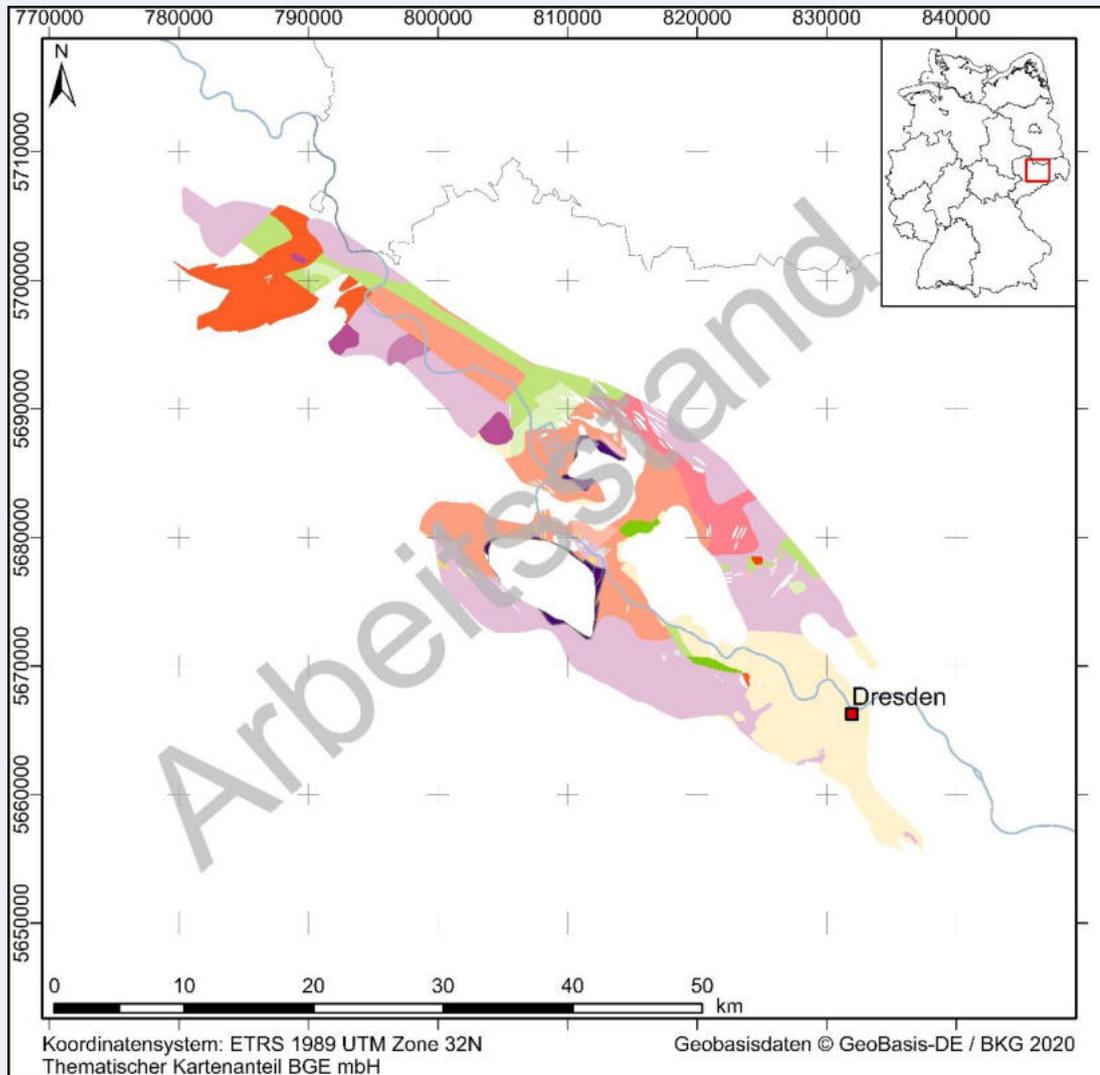
# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 378

## Anwendungsbeispiel im GzME „Saxothuringikum“ (04\_00UR)



### Legende

- |  |  |
|--|--|
| □ Landesgrenzen  | ■ Riesensteingranit                    |
| <b>Gesteinstypen</b>   | ■ Granitgänge                          |
| ■ Biotit-Granodiorit, Typ Dohna                              | ■ Lamprophyre, allgemein               |
| ■ Biotit-Granodiorit, Typen: Laas, Dahlen, Strehla, Schildau | ■ Orthogneise, Typ Coswig              |
| ■ Diorite  | ■ Vulkanite                            |
| ■ Biotit-Pyroxen-Monzodiorit, Typ Gröba                      | ■ Sedimentite                          |
| ■ Hornblende-Monzonite                                       | ■ Zweiglimmergneise, Ebersbach-Gruppe  |
| ■ Hornblende-Biotit-Granodiorit                              | ■ Zweiglimmergneise, Großenhain-Gruppe |
| ■ Granodiorit, Typ Hauptgranit                               |  |

Abbildung 126: Vereinfachte geologische Karte mit verschiedenen Gesteinstypen im Teiluntersuchungsraum 04\_11UR

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 379

**Anwendungsbeispiel im GzME „Saxothuringikum“ (04\_00UR)**

Die Plutonite des Meißener Plutons (Hornblende-Monzonite, Hornblende-Biotit-Granodiorite, Granodiorite Typ Hauptgranit und Riesenteingranit, siehe Abbildung 126) sind aushaltend großflächige (größer als 6 km<sup>2</sup>) homogene intrusive Gesteinstypen deren Vorkommen gleichmäßig und bekannt sind; Bereiche mit diesen variszischen plutonischen Gesteinstypen werden als „günstig“ bewertet.

Hochgradig regionalmetamorphe Gesteine wie die Paragneise der Ebersbacher und Großenhainer Gruppe zeigen einen komplexen Gesteinsaufbau (z. T. Paragneise mit Kalksilikatgesteinen und Amphiboliten) mit kontinuierlichen, aber bekannten räumlichen Veränderungen; Bereiche mit Paragneisen der Großenhainer und Ebersbacher Gruppe (Abbildung 126) über 6 km<sup>2</sup> Mindestfläche werden als „bedingt günstig“ bewertet. Bereiche mit Gesteinstypen der Ebersbacher und Großenhainer Gruppe mit Flächenausdehnungen unter 6 km<sup>2</sup> sind jedoch gemäß dem Indikator „Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften“ nach Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG als „ungünstig“ zu bewerten.

Cadomische Granodiorite, wie der Granodiorit vom Typ Laas, und auch Augengneise, wie der „Pluton von Coswig“, werden im Bereich des Meißener Plutons und der Elbezone als z. T. kataklastisch deformiert beschrieben. Die räumlichen Veränderungen der cadomischen Gesteinstypen und ihrer Eigenschaften sind jedoch bekannt und kartiert und können als kontinuierlich angesehen werden. Somit werden diese Flächen als „bedingt günstig“ bewertet.

Abbildung 127 zeigt die Auswertung der räumlichen Verteilung der Gesteinstypen und ihrer Eigenschaften im Teiluntersuchungsraum 04\_11UR.

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 380

### Anwendungsbeispiel im GzME „Saxothuringikum“ (04\_00UR)

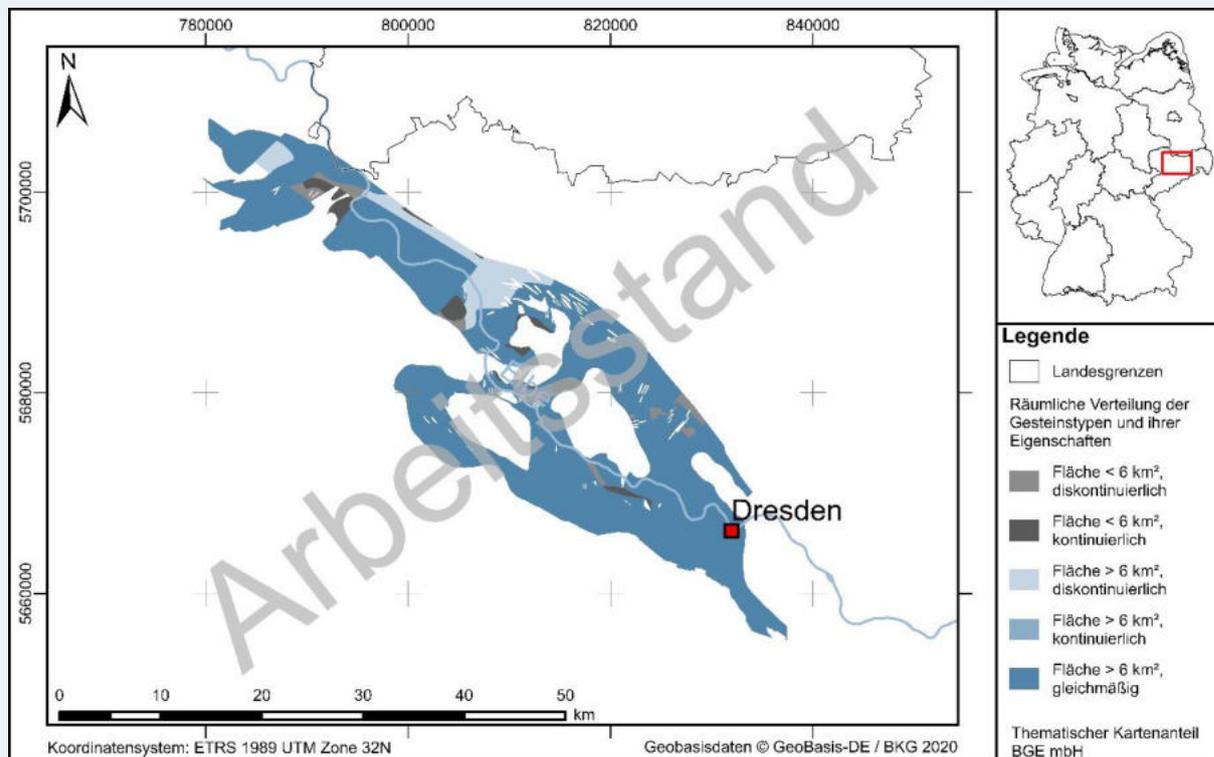


Abbildung 127: Darstellung der räumlichen Verteilung der Gesteinstypen und ihrer Eigenschaften im Teiluntersuchungsraum 04\_11UR

Beispiel 61: Bearbeitung des Indikators 3.1b „Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften“ im GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)

### Anwendungsbeispiel im GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)

Die zusammenfassende Bewertung des Indikators „**Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften**“ nach Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG für das GzME „Salzstock Bahlburg“ ist in Tabelle 52 dargestellt. Dieser Indikator wird maßgeblich durch den unbekanntem Internbau der Salzstrukturen kontrolliert. Zur Prognose des Internbaus und eines favorisierten homogenen, mächtigen Steinsalzkerne wird aktuell ein Verfahren entwickelt. Daher gilt zu beachten, dass die Bewertung vorläufig anhand der Internbautypen der InSpEE-Studie (von Goerne et al. 2016) erfolgt und eine abschließende Bewertung des Indikators für den Schritt 2 der Phase I erst nach der Entwicklung einer Internbauprognose erfolgen kann.

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 381

**Anwendungsbeispiel im GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)**

*Tabelle 52: Übersicht über die vorläufige Bewertung des Indikators „Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften“ der Anlage 3 (zu § 24) StandAG für das GzME „Salzstock Bahlburg“*

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße beziehungsweise Indikator des Kriteriums	Vorläufige Bewertung
Ermittelbarkeit der Gesteinstypen und ihre charakteristischen Eigenschaften im vorgesehenen Endlagerbereich, insbesondere im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich	Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften	günstig

Der Indikator bewertet die Verteilung verschiedener Gesteinstypen innerhalb des „vorgesehenen Endlagerbereichs, insbesondere im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich“. Den Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion stellt im Wirtsgestein Steinsalz „in steiler Lagerung“ eine mächtige Steinsalzschiefer dar, die den künftigen einschlusswirksamen Gebirgsbereich aufnehmen wird. Außerhalb des Wirtsgesteinsbereichs mit Barrierefunktion treten weitere Gesteinstypen in Form von geringmächtigen Steinsalzabfolgen sowie Anhydrit oder Kalisalzen auf.

Der Hauptteil der Staßfurt-Formation wird durch das Hauptsalz ohne nennenswerte Beimengungen aufgebaut. Diese Steinssalzpartie ist besonders mächtig, homogen und rein. Einzig an der Basis (v. a. Karbonat/Anhydrit, nicht am Salzaufstieg beteiligt) und am Top (u. a. Kieseritische Übergangsschichten und Kaliflöz Staßfurt) der Staßfurt-Formation kommen ungeeignete Bestandteile vor. In den Leine- und Aller-Formation kommen auch Steinsalzabfolgen vor, die aber im Vergleich zur Staßfurt-Formation geringere Mächtigkeiten und vermehrte Zwischenschichten (Kalisalz und Anhydrit) zeigen und damit vorraussichtlich weniger endlagergeeignet sind.

Die Abfolgen des Zechstein sind in Abbildung 71 in Kapitel 5.2.2, dargestellt. Der Grenzbebereich zwischen der Staßfurt- und Leine-/Aller-Formation definiert näherungsweise auch die erwartete Form der geologischen Barriere im Wirtsgesteinsbereich und damit eines möglichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs. Der Grenzverlauf ist stark durch den Internbau der Salzstruktur geprägt. Je komplexer der Internbau einer Salzstruktur, desto komplexer wird die Außengrenze der geologischen Barriere im Wirtsgesteinsbereich.

2020-10-26\_PM\_QM02\_Textblatt\_A4\_Hochformat\_REV02

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 382

### Anwendungsbeispiel im GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)

Die Bohrungsdaten innerhalb des Teilgebiets, die den Salzstock erreichen, zeigen Abfolgen von Salz mit Einschaltungen von Anhydrit, Kalisalz und Salzton. Es bleibt jedoch zu beachten, dass die Bohrungen eher im Randbereich der zentralen Aufstiegszone lokalisiert sind (Abbildung 128). Es wird angenommen, dass im Zentralbereich der Salzstruktur höhere Steinsalzmächtigkeiten vorhanden sind (beispielhaft und schematisch in Abbildung 94 dargestellt). Bohrungen spiegeln die geologischen Verhältnisse an einem konkreten Punkt wider. Durch die Verfaltung der primären Gesteinsabfolgen während des Salzaufstiegs lässt sich eine Interpolation zwischen zwei Bohrungen nicht belastbar durchführen. Daher stellt die Beschreibung des Internbaus von Salzstrukturen eine besondere Herausforderung dar.

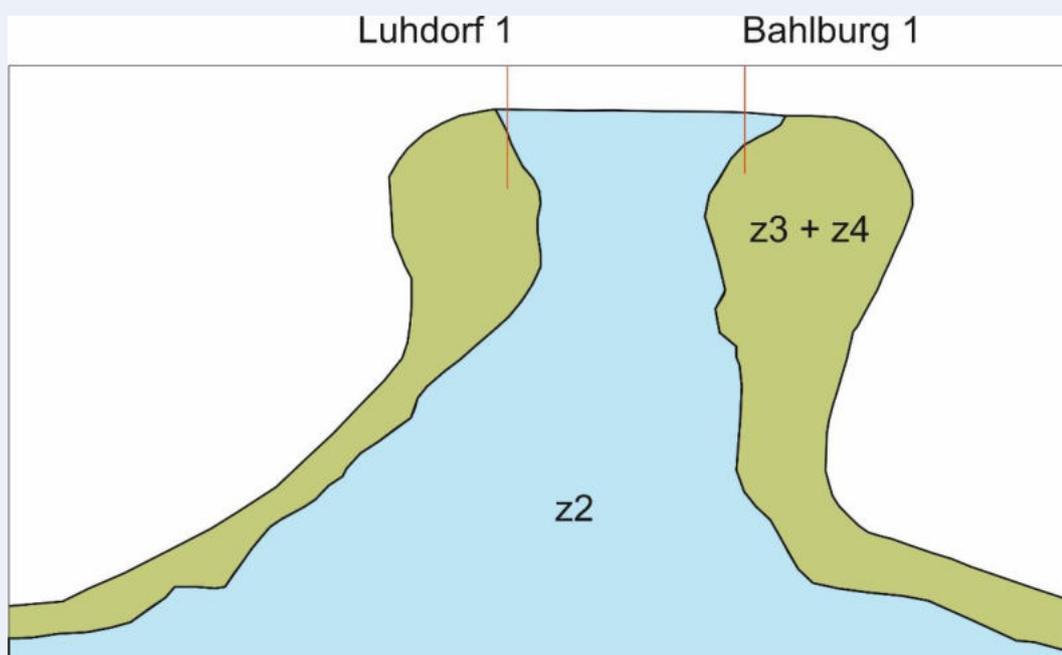


Abbildung 128: Schematische Platzierung der Bohrungen Luhdorf 1 und Bahlburg 1 im Randbereich der Hauptaufstiegzone nach von Goerne et al. (2016)

Aufgrund dieser Wissenslücke ist es notwendig, eine Prognosemöglichkeit für die Komplexität der Internstruktur zu ermitteln. In den InSpEE- und InSpEE-DS-Studien der BGR (von Goerne et al. 2016; Fleig & Röhling 2019) wurden bereits Kategorien von Internbautypen gebildet und sämtliche Salzstrukturen des Norddeutschen Beckens zugeordnet. In dieser Kategorisierung fällt das GzME „Salzstock Bahlburg“ in den Internbautyp 3 „Diapir“, der eine weniger komplexe Internbaustruktur erwarten lässt.

Abbildung 129 zeigt die Bohrungen innerhalb der Salzstruktur Bahlburg. Die Bohrungen Bahlburg 1 und Luhdorf-1 bestätigen, dass es – trotz ihrer Lage im Randbereich der Salzstruktur – neben der gesetzlich geforderten 300 m Salzscheibe ausreichend Steinsalz gibt, um potenziell einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich auszuweisen. Die Bohrung Garlstorf Z1 liegt außerhalb des Teilgebietes, beinhaltet jedoch wichtige Informationen bezüglich des generellen

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 383

**Anwendungsbeispiel im GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)**

Eignungspotenzials der Salzstruktur: Es werden mächtige Steinsalzintervalle mit wenigen Zwischenlagen angetroffen, was für eine Salzstruktur des InSpEE-Internbautyps 3 „Diapir“ für den Zentralbereich erwartet wird. Die verfügbaren Daten bestätigen für die Salzstruktur Bahlburg die Einteilung nach InSpEE (von Goerne et al. 2016). Daher wird der Indikator 3.1b für das GzME „Salzstock Bahlburg“ als „günstig“ bewertet.

Im Rahmen der Arbeiten zu Schritt 2 der Phase I soll die bestehende Kategorisierung nach InSpEE und InSpEE-DS weiterentwickelt werden. Der methodische Ansatz dazu wird in Kapitel 5.2 vorgestellt. Basierend auf den Ergebnissen dieser Arbeiten sollen die Kategorisierungen überprüft und gegebenenfalls verfeinert werden. Diese Arbeiten sind eine wichtige Grundlage, um die Bewertungen des Indikators 3.1b für den Schritt 2 der Phase I durchzuführen. Eine Einteilung der Salzstrukturen nach InSpEE-Internbautypen geschieht bis dahin vorläufig.

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 384

## Anwendungsbeispiel im GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)

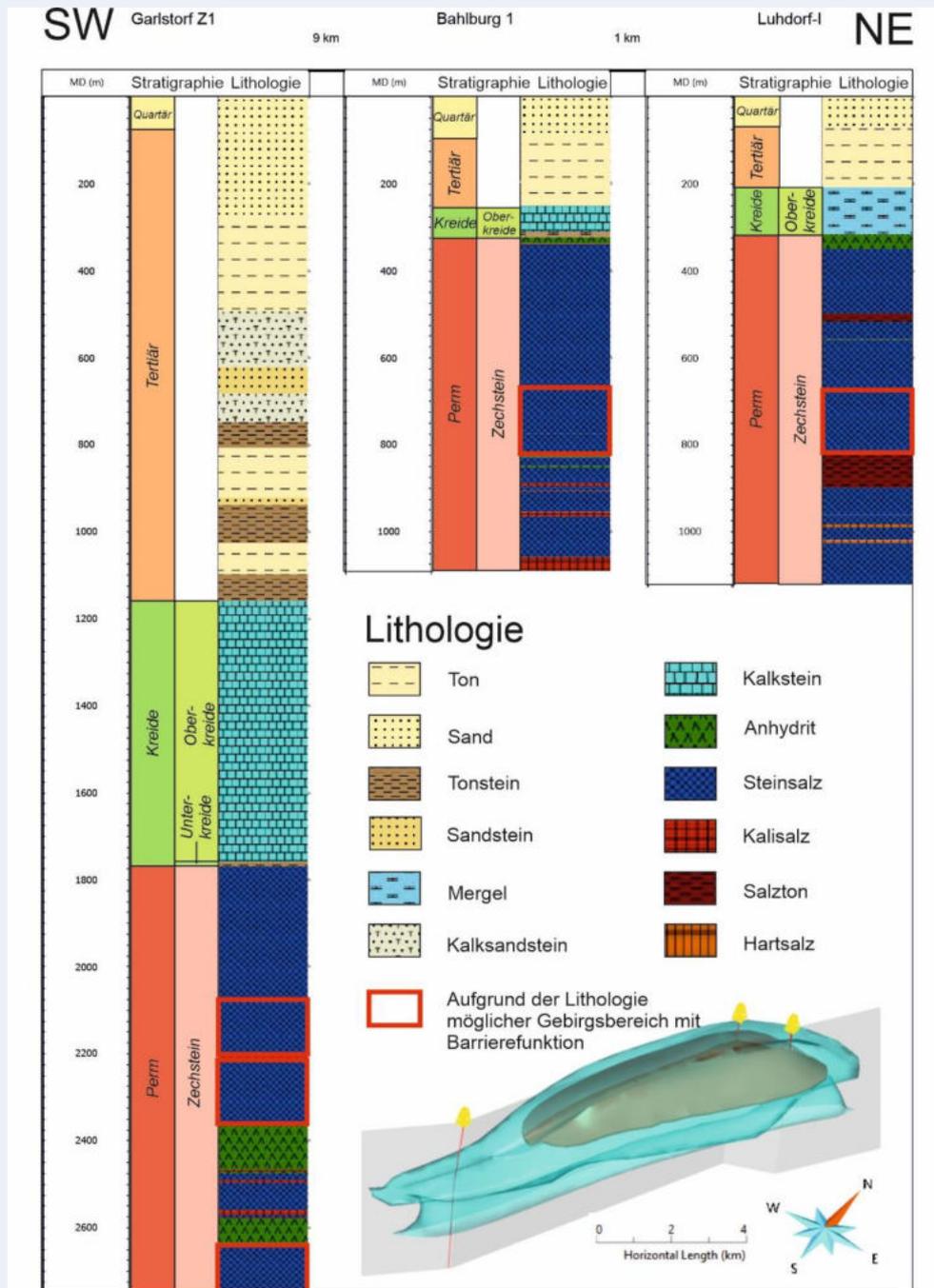


Abbildung 129: Bohrungskorrelation innerhalb der Salzstruktur Bahlburg. Bohrung Garlstorf Z1 zeigt mehrere Steinsalzintervalle, die aufgrund der Lithologie als einschlusswirksamer Gebirgsbereich möglich wären (in diesem Fall jedoch tiefer als der Betrachtungshorizont bis 1500 m u. GOK). Bahlburg 1 und Luhdorf-1 zeigen ebenfalls mögliche Steinsalzsichten, in denen ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich möglich wäre.

Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung									 <b>BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Blatt: 385
SG	0330				EA	TF	0002	00	

#### 5.7.4.5 Indikator 3.1 c „Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit“

„Der Indikator „Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit“ bewertet das Vorhandensein von Störungen und deren Abstand zum einschlusswirksamen Gebirgsbereich sowie das Vorhandensein von Flexuren und Falten“ (Alfarra et al. 2020b, S. 147). Der Gesteinsverband des Endlagerbereiches und des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs soll eine möglichst geringe tektonische Überprägung aufweisen. Nach der Begründung des Gesetzentwurfes aus dem Jahr 2017 (BT-Drs. 18/11398, S. 75) wird das Ausmaß der Überprägung abgeleitet aus den Lagerungsverhältnissen unter Berücksichtigung von Bruch- und Falten tektonik. Für den Indikator erfolgt die Bewertung der identifizierten Gebiete anhand der in Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG angegebenen Wertungsgruppen, wie in Tabelle 41 aufgeführt.

Im Rahmen der vorläufigen Sicherheitsuntersuchung in Schritt 2 Phase I im Standortauswahlverfahren ist es bei der Bewertung des „Ausmaßes der tektonischen Überprägung“ sinnvoll, den Fokus auf die geologische Gesamtsituation zu legen und nicht nur auf eine isolierte Bewertung einzelner Störungen. Hierfür ist eine möglichst vollständige strukturgeologische Beschreibung und Interpretation des Gebietes sowie eine Bewertung hinsichtlich der Qualität der zugrundeliegenden Datensätze Voraussetzung. Um den in Schritt 1 Phase I nicht im Detail bekannten internen strukturgeologischen Bau des Gesteinsverbands zu bewerten, kann der Indikator tektonische Überprägung in verschiedenen Maßstäben mithilfe von drei strukturgeologisch relevanten Komponenten sinnvoll beschrieben werden. Die zu betrachtenden Komponenten setzen sich zusammen aus dem „*tektonischen Großraum*“, den „*überregionalen und regionalen Störungszonen*“, und der „*diffusen tektonischen Überprägung*“. Diese Komponenten zielen darauf, die tektonische Deformation des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs in Schritt 2 Phase I des Standortauswahlverfahrens großflächig, detaillierter und gebietspezifisch bewerten zu können.

Die Unterteilung des Indikators in drei Komponenten zielt auf eine Erhöhung des Detaillierungsgrad in drei Schritten und berücksichtigt die regional heterogene Daten- und Kenntnislage zur tektonischen Überprägung des Untergrundes. Um letzteren zu begegnen, werden neben den erkundeten und kartierten Störungen sowie nicht-bruchhaften Deformationsstrukturen (Falten und Flexuren) aus Kartenwerken, Untergrundmodellen und seismischen Profilen, auch das tektonische Gesamtverständnis, welches sich aus der tektonischen Entwicklungsgeschichte einer Region ergibt, als Bewertungsgrundlage verwendet. Das Ziel ist es, durch die Integration des tektonischen Gesamtverständnisses in die Gesamtbewertung, die Dichte und Intensität der Deformationen im Untersuchungsraum bestmöglich zu ermitteln und zu bewerten. Der Detaillierungsgrad der tektonischen Überprägung von „günstig“ und „bedingt günstig“ bewerteten Großräumen wird durch die Anwendung überregionaler und regionaler Störungszonen und der diffusen tektonischen Überprägung weiter erhöht und führt am Ende zu einer Gesamtbewertung in „günstig“, „bedingt günstig“ oder „ungünstig“. Wird ein Großraum durch eine fachliche verbalargumentative Abwägung als „ungünstig“ eingestuft, entfällt die weitere Erhöhung des Detaillierungsgrades durch die Ausweisung der überregionalen und regionalen Störungszonen sowie der diffusen tektonischen Überprägung.

<b>Methodenbeschreibung zur Durchführung  der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung</b>									 <b>BUNDESGESELLSCHAFT  FÜR ENDLAGERUNG</b>
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Blatt: 386
SG	0330				EA	TF	0002	00	

Wie bereits in AkEnd (2002) festgestellt wurde, lässt sich dieser Indikator nicht sinnvoll für das Wirtsgestein Steinsalz „in steiler Lagerung“ und auf Salzkissen anwenden. Denn im Gegensatz zu anderen Wirtsgesteinsformationen, wo tektonische Deformation immer mit einer Verschlechterung der Ermittelbarkeit, der Explorierbarkeit (also der Charakterisierbarkeit) und den grundsätzlichen sicherheitsrelevanten Eigenschaften der Wirtsgesteine einhergeht, ist die Entstehung einer Salzstruktur selbst ein (salz)tektonischer Vorgang, der mit einer intensiven Deformation durch das Zusammenströmen des Steinsalzes aus der ursprünglichen Lagerung verbunden ist. Die damit verbundene Auflösung des ursprünglichen salinaren Schichtverbandes, ist die Voraussetzung, um großvolumige Akkumulation von homogenen Steinsalzkörpern mit weitgehend einheitlichen Gesteinseigenschaften der Salzstrukturen entstehen zu lassen.

### Allgemeine Umsetzung – Workflow

Um die tektonische Überprägung in den jeweiligen Untersuchungsräumen zu ermitteln, werden tektonische Großräume ausgewiesen. Der Detaillierungsgrad der tektonischen Überprägung wird in den tektonischen Großräumen durch die Anwendung überregionaler und regionaler Störungszonen und der diffusen tektonischen Überprägung weiter erhöht und führt am Ende zu einer Gesamtbewertung. Das genaue Vorgehen ist im folgenden Text beschrieben.

### Tektonischer Großraum

In einem ersten Schritt werden tektonische Großräume ausgewiesen. Über die Beschreibung der Deformationsgeschichte einer Region sollen mithilfe einer umfangreichen Auswertung von Fachliteratur tektonische Großräume definiert werden. Tektonische Großräume zeichnen sich durch eine gemeinsame oder ähnliche geologisch-tektonische Entwicklungsgeschichte aus. Durch das Durchlaufen gleicher Entstehungs- und Deformationsprozesse entsteht ein ähnlich ausgeprägtes oder vergleichbares strukturelogisches Inventar, welches das jeweilige Gebiet charakterisiert.

Durch eine Analogiebetrachtung wird die Deformationsgeschichte des ursprünglichen Gesteinsverbandes als wichtiger indirekter Indikator für das Ausmaß der tektonischen Überprägung verwendet (Abbildung 130).

Die Gesamtbewertung erfolgt über eine verbalargumentative, fachliche Ableitung der Intensität und Dichte der Deformationsstrukturen über die Indikatoren:

- Anzahl der Deformationsphasen
- Intensität der Deformation
- Art der Deformation

Die Begriffe intensive und schwache Deformation sind fachlich verbalargumentativ ableitbar aus der Art und Skalierung der Deformation im jeweiligen Großraum. Intensive Deformation wird z. B. durch intensive Blattverschiebung erzeugt, die eine große Zerrüttung des Gesteinskörpers verursacht (Kim et al. 2004). Auf- und Abschiebungen mit Versatzbeträgen im 100er-Meter-Bereich sowie Faltenbildung sind ebenfalls als intensive Deformation einzustufen, sobald sie den Großteil des Gesteinskörpers überprägen. Deformationen sind als schwach zu bewerten, wenn Auf- und Abschiebungen mit

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung

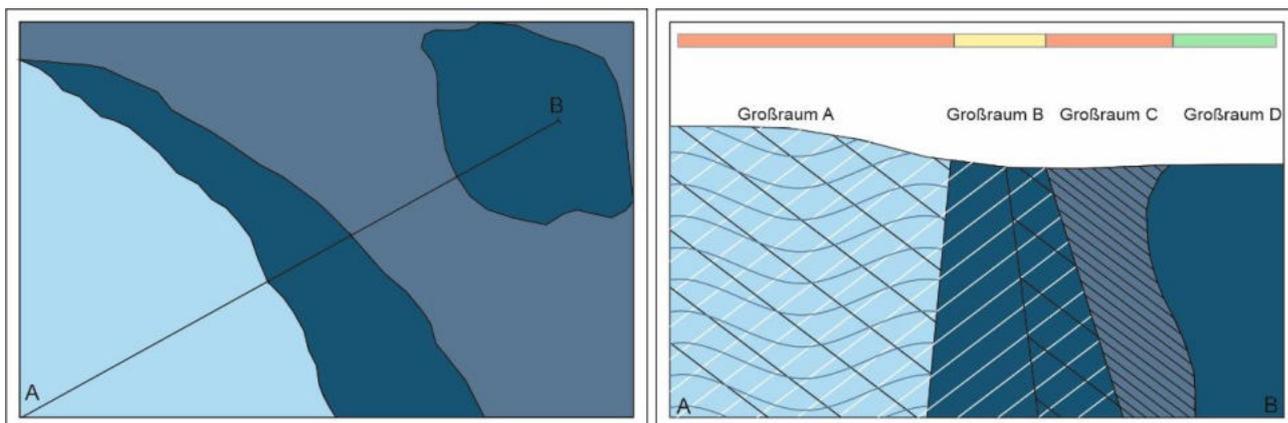


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 387

geringen Versatzbeträgen in reduzierter Anzahl sowie Flexuren auftreten. Da die Störungslängen mit dem Versatz entlang von Störungen korrelieren, kann bei fehlenden Versatzbeträgen eine Abschätzung getroffen werden.

Das Vorgehen sowie die Bewertung von tektonischen Großräumen wird nachfolgend für die Teiluntersuchungsräume 01\_06UR „Hegau“ und 04\_11UR „Meißener Pluton“ (Kapitel 5.7.4.6, Beispiel 62 und Beispiel 63) beschrieben.



**Abbildung 130:** Schematische Darstellung von Gesteinen, die verschiedene Deformationszyklen durchlaufen haben. Basierend auf dem strukturellen Inventar führt dies zur Ausweisung von tektonischen Großräumen.

**Tabelle 20:** Beispielhaftes Bewertungsschema von tektonischen Großräumen bezogen auf Abbildung 132

Großraum	Großraum A	Großraum B	Großraum C	Großraum D
Anzahl Deformationsphasen	3	1 – 2	1	–
Intensität der Deformation	Intensiv	Schwach	Intensiv	Schwach
<b>Bewertung</b>	<b>Ungünstig</b>	<b>Bedingt günstig</b>	<b>Ungünstig</b>	<b>Günstig</b>

## Überregionale, regionale Störungszonen

Für die Ausweisung einer überregionalen und/oder regionalen Störungszone im tektonischen Großraum werden regionale Daten hinzugezogen. Voraussetzung ist, dass die Störungszone in der Fachliteratur (Veröffentlichungen, Fachberichte, Erläuterungen von geologischen Karten etc.) und seismischen Profilen bekannt ist und beschrieben wird. Es werden überregionale Störungszonen (z. B. Fränkische Linie, Lausitzer Überschiebung) und regionale Störungen (z. B. Leipzig-Colditz-Störung, Joachimsthaler Störung) in Betracht gezogen. Störungssysteme mit Einzelstörungen mit geringen

Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung									 BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Blatt: 388
SG	0330				EA	TF	0002	00	

Längen werden einem Störungssystem zugeordnet, in dem die Störungssegmente mechanisch interagieren, und gesamtheitlich betrachtet (z. B. Elbe-Lineament). Der „bedingt günstige Bereich“ von überregionalen Störungszone orientiert sich an den Wertungsgruppen der Indikatoren nach StandardAG und ist mit 3 km anzugeben. Der „bedingt günstige Bereich“, der um regionale Störungen gelegt werden soll, orientiert sich an den Vorgaben zum Sicherheitsabstand des Ausschlusskriteriums aktive Störungszone und beträgt mindestens 1 km. Ist die Raumlage der Störungsfläche bekannt, wird der Sicherheitsabstand parallel zur Störungsfläche angelegt. Der 1-km-Sicherheitsabstand basiert auf der Mächtigkeit der möglichen Zerrüttungszone einer Störung, in der es zur Ausbildung von bruchhafter Deformation kommen kann.

Basierend auf einer Erweiterung der Wertungsgruppen werden die Gebiete um regionale Störungszone „bedingt günstig“ (bei 100 m bis 1 km vom Rand des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs) oder als „ungünstig“ (kleiner als 100 m vom Rand des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs) bewertet. Um überregionale Störungen wird der „bedingt günstige“ Bereich auf 3 km vergrößert. Die Bewertung wird wie in Tabelle 53 beschrieben vorgenommen.

Hatten Störungsbewegungen eine nicht-bruchhafte Deformation des angrenzenden Gebirges in Form von Flexuren oder Falten zur Folge, die in ihrer räumlichen Erstreckung über den Abstand von 3 km oder 1 km hinausgehen, wird der als „bedingt günstig“ bewertete Bereich um den betroffenen Bereich vergrößert.

In der Abbildung 131 ist beispielhaft ein Profilschnitt über die Finne-Störung (im GzME „Thüringer Becken“) aufgeführt, für den eine Bewertung der Flexuren im Sinne einer bedingt günstigen Bewertung erfolgt ist. Demnach werden Bereiche, die aufgrund der Bewegung auf der Störungszone im Bereich des Zechstein eine Deformation bzw. Flexur erfahren haben, als bedingt günstig gewertet. Der rot dargestellte Bereich bezieht sich auf den Störungsbereich ebenfalls im Zechstein-Horizont und wird für den Indikator 3.1c als ungünstig gewertet.

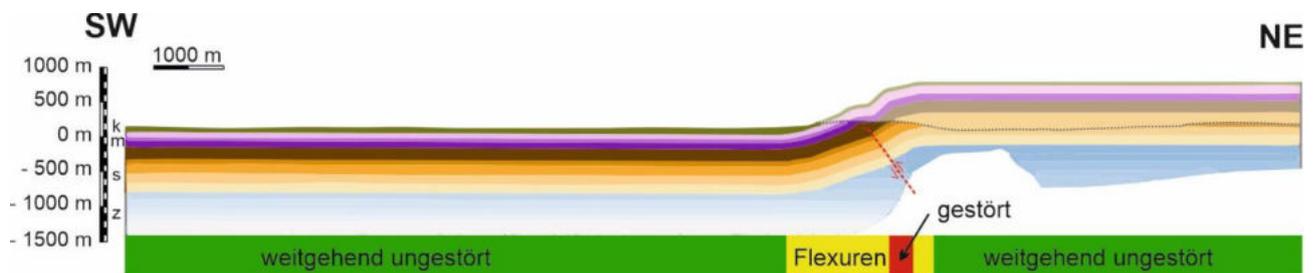
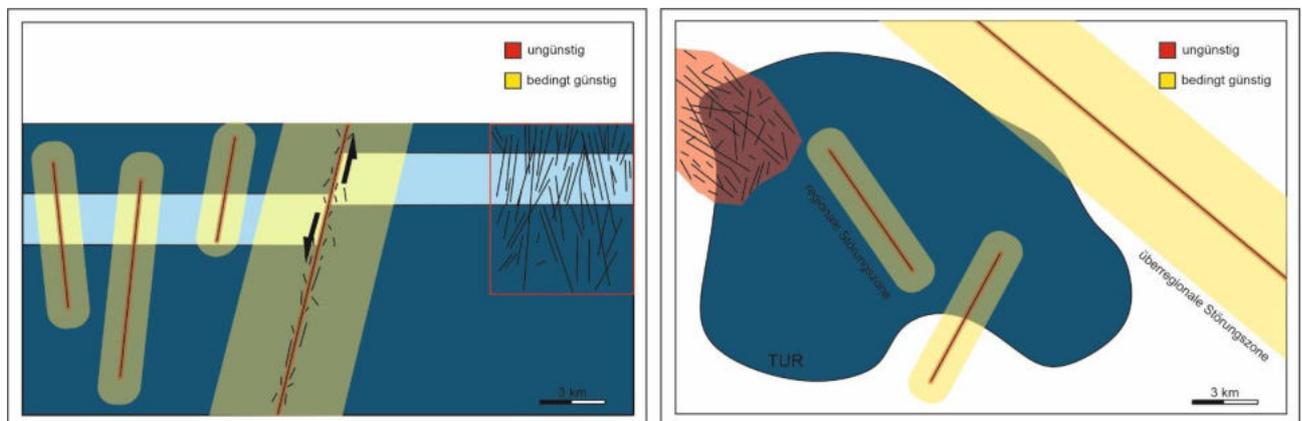


Abbildung 131: Bewertung der Flexuren im Bereich der Finne-Störung für den Zechstein am Beispiel des Profilschnitts „Heldringen“, verändert nach Malz & Kley (2012)

Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung									 <b>BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG</b>
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Blatt: 389
SG	0330				EA	TF	0002	00	

**Tabelle 53:** Wertungsgruppen der überregionalen und regionalen Störungszonen. Angegeben ist die Breite der Pufferzonen, die um überregionale und regionale Störungszonene gelegt werden sollen.

Klassifikation von Störungen	Wertungsgruppen		
	günstig	bedingt günstig	ungünstig
Überregionale Störung	Über 3 km	Bis 3 km	Bis 100 m
Regionale Störung	Über 1 km	Bis 1 km	Bis 100 m



**Abbildung 132:** Schematische Darstellung von Diskontinuitäten im Wirtsgestein mit dem dazugehörigen „bedingt günstigen“ Bereich. Überregionale Störungszone mit einem 3 km mächtigen „bedingt günstigen“ Bereich; regionale Störungszonen mit einem 1 km mächtigen „bedingt günstigen“ Bereich; diffuse Überprägung mit einer „ungünstigen“ Bewertung.

### Diffuse tektonische Überprägung

Für die Ausweisung einer diffusen tektonische Überprägung eines Gesteinskörpers werden regionale Daten hinzugezogen. Als diffus überprägt wird der Gesteinskörper betrachtet, wenn ein weit verbreitetes Netz aus Störungen auftritt, das zur einer engständigen Zerblockung führt. An vielen Stellen ist das Störungsmuster zwar im Detail weitgehend unbekannt, die vorhandenen struktureologischen Daten und untergeordneten, auch konzeptionellen Überlegungen deuten aber auf eine erhöhte kleinräumige tektonische Zergliederung hin. In Zonen, in welchen nur qualitativ schlechte oder gar keine Daten zur Verfügung stehen, müssen zwangsläufig auch mögliche (aber nicht zwingende) Anzeichen sowie Analogieschlüsse und/oder konzeptionelle Überlegungen berücksichtigt werden. Diffuse tektonische Überprägung wird als „ungünstig“ bewertet (z. B. Nagra 2008a).

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 390
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				EA	TF	0002	00	

**5.7.4.6 Beispiele Indikator 3.1c „Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit“**

Die Vorgehensweise bei der Bewertung des Indikators „Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit“ anhand der beschriebene Komponenten wird im Folgenden anhand der Anwendungsbeispiele Tektonischer Großraum Freiburg-Bonndorf-Bodensee-Scherzone im GzME „Opalinuston“ (Beispiel 62) für das Wirtsgestein Tongestein und Tektonischer Großraum Elbezone im GzME „Saxothuringikum“ (Beispiel 63) für das kristalline Wirtsgestein veranschaulicht.

*Beispiel 62: Bewertung des Teiluntersuchungsraums 01\_06UR im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)*

**Bewertung des Teiluntersuchungsraums 01\_06UR im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)**

Die geowissenschaftlichen Arbeiten als Grundlage für die Bewertung des Indikators 3.1c der Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG werden für das GzME „Opalinuston“ am Beispiel des Teiluntersuchungsraums 01\_06UR gezeigt. Dieser Teiluntersuchungsraum wird in Kapitel 5.7.5 ausführlich beschrieben.

Die Bewertung des Indikators 3.1c „Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit“ des Kriteriums zur Bewertung der „Ermittelbarkeit der Gesteinstypen und ihrer charakteristischen Eigenschaften im vorgesehenen Endlagerbereich, insbesondere im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich“ (Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) ist in Tabelle 54 zusammengefasst. Die Ausarbeitung, die zur Bewertung des Indikators führt, wird im Folgenden gezeigt.

*Tabelle 54: Übersicht über die Bewertung des Indikators „Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit“ der Eigenschaft „Ermittelbarkeit der Gesteinstypen und ihre charakteristischen Eigenschaften im vorgesehenen Endlagerbereich, insbesondere im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich“ der Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG für 01\_07UR im GzME „Opalinuston“*

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße beziehungsweise Indikator des Kriteriums	Bewertung
Ermittelbarkeit der Gesteinstypen und ihre charakteristischen Eigenschaften im vorgesehenen Endlagerbereich, insbesondere im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich	Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit	ungünstig

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 391

## Bewertung des Teiluntersuchungsraums 01\_06UR im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)

Der Teiluntersuchungsraum 01\_06UR Hegau liegt im tektonischen Großraum der Freiburg-Bonndorf-Bodensee-Scherzone (FBBS). Die Freiburg-Bonndorf-Bodensee-Scherzone (Abbildung 133) ist eine spätvariszische, als Bruchlinie angelegte, WNW-ESE orientierte Scherzonen im kristallinen Grundgebirge. Sie repräsentiert eine etwa 10 km bis 20 km breite, komplexe Störungszone des Sockels, die aus mehreren Teilgräben besteht, welche keine durchgehende Senkungszone bilden, sondern gestaffelt angeordnet sind (Nagra 2002d). Sie wird im Westen vom südlichen Oberrheingraben begrenzt (Geyer et al. 2011). Die Störungen im Grundgebirge kontrollieren die Deformationen der mesozoischen und känozoischen Sedimente entlang der Freiburg-Bonndorf-Bodensee-Scherzone (Egli et al. 2017). Durch mehrere tektonische Ereignisse (Phasen P1 bis P3) wurden die Wirtsgesteine innerhalb des tektonischen Großraums stark überprägt.

*Tabelle 22: Deformationsphasen und Bewertung des tektonischen Großraums FBBS*

Deformationsphasen	Art der Deformation	Intensität der Deformation
Phase 1	Seitenverschiebung	<b>Intensive Überprägung</b> durch starke Zerrüttung
Phase 2	Abschiebungen	<b>Intensive Überprägung</b> durch Versatzbe-träge von 200 m – 250 m
Phase 3	Seitenverschiebung und Abschiebungen	<b>Intensive Überprägung</b> durch starke Zerrüttung

In einer ersten Deformationsphase (P1), die vom Mesozoikum bis in das Känozoikum (Tertiär) reichte, kam es entlang der Scherzone zu Seitenverschiebungen, die die Sedimente stark deformierten. Hauptstrukturelemente in den jurassischen und känozoischen Sedimenten sind Nordwest–Südost sowie WNW-ESE streichende Störungen, die auf reaktivierte paläozoische Störungen hindeuten (Egli et al. 2017).

Im Känozoikum (Neogen) (P2) kam es zu abschiebenden Bewegungen mit Versätzen von 200 m bis 250 m im Bonndorf- und Hegau-Graben. Die Hauptaktivität fand postmesozoisch statt und reichte bis in das Miozän (Egli et al. 2017). Die hauptsächlich miozäne tektonische Aktivität ist durch deformierte Molasse-Sedimente dokumentiert, die an einzelnen Störungszonen 200 m bis 250 m versetzt wurden (Hofmann et al. 2000).

Herdflächenlösungen von rezenten seismischen Ereignissen in der Umgebung der Freiburg-Bonndorf-Bodensee-Scherzone zeigen Störungsbewegungen in Form von Seitenverschiebungen und Abschiebungen an (Deichmann et al. 2000), die in einer dritten Deformationsphase (P3) aktiv waren. Durch die unterschiedliche Orientierung der Störungszonen äußert sich die Seitenverschiebungsbewegung des Gesamtsystems an einzelnen Störungszonen mit

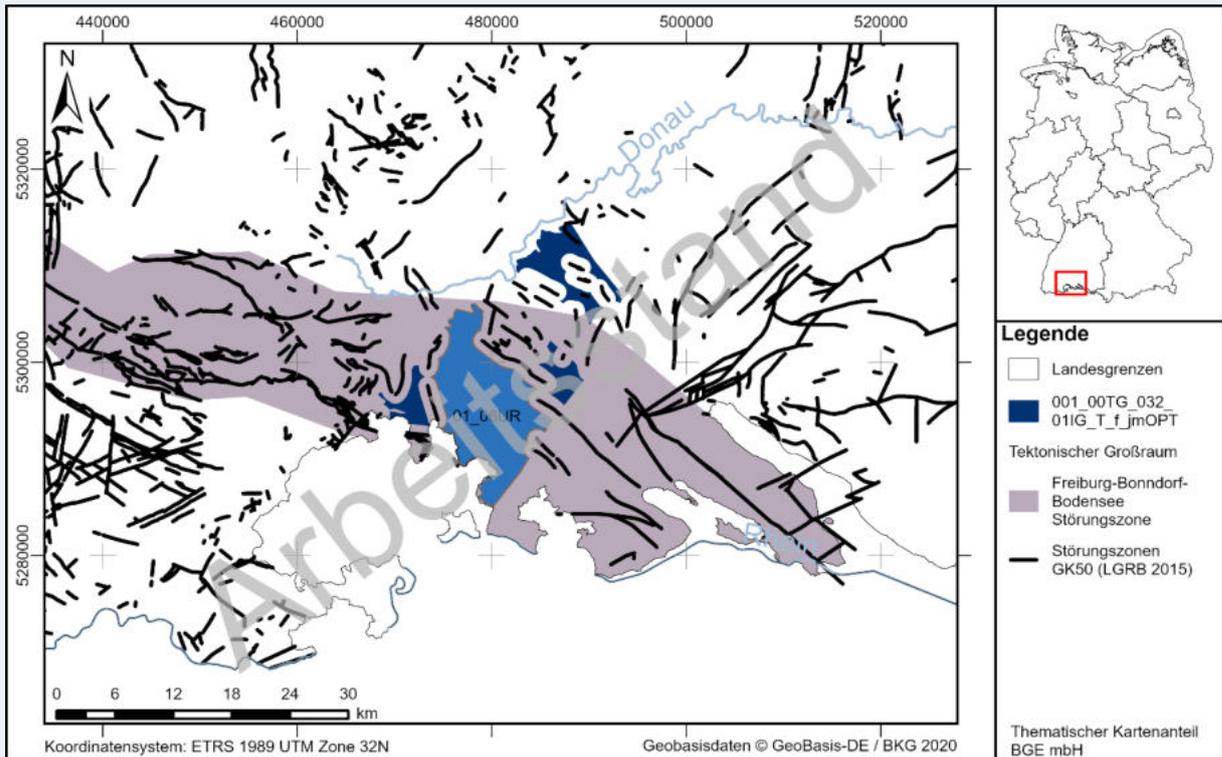
# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 392

**Bewertung des Teiluntersuchungsraums 01\_06UR im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)**  
abweichender Orientierung, sowohl als Seitenverschiebung als auch als Abschiebung (Egli et al. 2017).



**Abbildung 133:** Lage des Teiluntersuchungsraums 01\_06UR Hegau im Tektonischen Großraum der Freiburg-Bonndorf-Bodensee Scherzone (Störungszone aus LGRB 2015)

Insgesamt kann die tektonische Überprägung der Freiburg-Bonndorf-Bodensee-Scherzone im Rahmen der Bewertung von Indikator 3.1c als „ungünstig“ eingestuft werden, da eine anhaltende Seitenverschiebung sowie Abschiebungen mit großen Versätzen die Gesteine sowie Sedimente nachweislich stark deformiert haben. Die weitere Betrachtung der überregionalen und regionalen Störungszone sowie der diffusen Überprägung entfällt damit.

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 393

*Beispiel 63: Bewertung des Teiluntersuchungsraums 04\_11UR im GzME „Saxothuringikum“*

**Bewertung des Teiluntersuchungsraums 04\_11UR im GzME „Saxothuringikum“**

Die geowissenschaftlichen Arbeiten als Grundlage für die Bewertung des Indikators 3.1c der Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG werden für das GzME „Saxothuringikum“ am Beispiel des Teiluntersuchungsraums 04\_11UR gezeigt.

Die Bewertung des Indikators 3.1c „**Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit**“ des Kriteriums zur Bewertung der „Ermittelbarkeit der Gesteinstypen und ihrer charakteristischen Eigenschaften im vorgesehenen Endlagerbereich, insbesondere im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich“ (Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) ist in Tabelle 55 zusammengefasst. Die Bewertung des Ausmaßes der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit findet aufgrund einer Analyse des tektonischen Großraumes statt.

*Tabelle 55: Übersicht über die Bewertung des Indikators „Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit“ der Eigenschaft „Ermittelbarkeit der Gesteinstypen und ihre charakteristischen Eigenschaften im vorgesehenen Endlagerbereich, insbesondere im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich“ der Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG für den Teiluntersuchungsraum 04\_11UR im GzME „Saxothuringikum“*

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße beziehungsweise des Kriteriums	bezie- Indikator	Bewertung
Ermittelbarkeit der Gesteinstypen und ihre charakteristischen Eigenschaften im vorgesehenen Endlagerbereich, insbesondere im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich	Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit		ungünstig

Der Teiluntersuchungsraum 04\_11UR „Meißener Pluton“ befindet sich im tektonischen Großraum der Elbezone, zwischen dem Lausitzer Block und dem Granulit-Erzgebirgs-Block (Abbildung 134). Die Elbezone ist Teil des Elbe-Lineaments, das eine tiefe krustale Struktur repräsentiert (Dillenardt 2010). Sie gehört zur Wrench-and-Thrust-Zone des variszischen Orogens, die eine Strike-slip und Überschiebungszone im Übergang zwischen autochthoner und allochthoner Domäne darstellt. Die engräumig gestörte Geologie der Elbezone entstand durch mehrere tektonische Ereignisse (Phasen 1 bis 3, siehe Tabelle 56).

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 394

### Bewertung des Teiluntersuchungsraums 04\_11UR im GzME „Saxothuringikum“

Tabelle 56: Deformationsphasen und Bewertung des Tektonischen Großraums Elbezone

Deformationsphasen	Art der Deformation	Intensität der Deformation
Phase 1	Dextrale Scherbewegung	<b>Intensive Überprägung</b> durch starke Scherung und Zerrüttung
Phase 2	Abschiebungen, Dehnungstektonik	<b>Intensive Überprägung</b> durch intensive Dehnungstektonik
Phase 3	Aufschiebungen	<b>Intensive Überprägung</b> von vorrangig mesozoischen und känozoischen Sedimentgesteinen durch intensive Kompression

Im Unterkarbon kam es zu einer weitreichenden, NW-SE gerichteten dextralen Scherbewegung über eine Länge von 300 km. Während dieser Deformationsphase (P1) kam es zur Intrusion des Meißener Massivs. Aus der P1-Phase sind Streckungslineare mit Streichrichtungen von 100° bis 140° und Einfallswinkeln von 8° bis 35° in den Gesteinen überliefert (Linnemann & Schauer 1999). Im Perm bis Jura (P2) bildeten sich Störungen und Abschiebungen im Zusammenhang mit einer NE-SW-gerichteten Dehnungstektonik aus (Berger et al. 2011d), welche die Bildung des Döhlener und Briesnitzer Becken zur Folge hatte.

Während der Kreide und des Tertiär (P3) kam es aufgrund einer NE-SW gerichteten Kompression zur Überschiebung der Lausitzer Störung sowie zur Ausbildung kleinerer Abschiebungen. Somit ergibt sich das Bild einer durch drei verschiedene tektonische Ereignisse überprägten Grenzzone zwischen den tektonischen Großeinheiten des Lausitzer Blocks, des Granulit-Erzgebirgs-Blocks und des Nordwestsächsischen Blocks (LfULG 2016).

In dem durch die Deformationsphasen P1 bis P3 stark tektonisch beanspruchten kristallinen Grundgebirge treten viele durch bruchhafte Deformation entstandene Störungen auf. Es bildeten sich außerdem Rampenstrukturen, mylonitisierte Gesteinsbänder sowie tiefgreifende Störungen, die auf seismischen Profilen ersichtlich sind (Dillenardt 2010). Durch die starke und intensive tektonische Beanspruchung der Gesteine in mehreren Deformationsphasen ist die tektonische Überprägung der Elbezone als „ungünstig“ einzustufen.

In der Senkungsstruktur der Elbezone befinden sich vor allem Magmatite des Meißener Plutons, das Molassebecken der Döhlener Senke und die Sedimentgesteine der Sächsisch-Böhmischen Kreidesenke (Sebastian 2013). Der Teiluntersuchungsraum 04\_11UR ist mit dem enthaltenen Meißener Massiv als Teil der Elbezone und dessen Entstehungsgeschichte zu betrachten. Der Beginn der Intrusion des Gesteinskörpers ist in die P1-Phase zu stellen. Das Intrusionsalter nimmt zum Zentrum hin ab. In älteren variszischen Plutoniten ist eine aktive Scherbewegung in Form von Schlieren und Fließbewegungen erkennbar (P1-Phase), die in den Zusammenhang mit der Seitenverschiebung gebracht werden kann. Diese erste tektonische Aktivität ist im jüngeren Meißener Granit nicht überliefert. Der Körper wurde durch die Dehnungstektonik (P2-Phase) im Perm bis Jura und die Kompression während der Kreide bis ins Tertiär (P3-Phase) tektonisch überprägt. Im Teiluntersuchungsraum 04\_11UR ist vor allem

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 395

## Bewertung des Teiluntersuchungsraums 04\_11UR im GzME „Saxothuringikum“

die spröde Deformation bedeutend. Diese ist in Form von kreidezeitlichen bis tertiären Störungen der P3-Phase geprägt. Insgesamt ist der Teiluntersuchungsraum 04\_11UR in Hinblick auf Indikator 3.1c als „ungünstig“ zu bewerten.

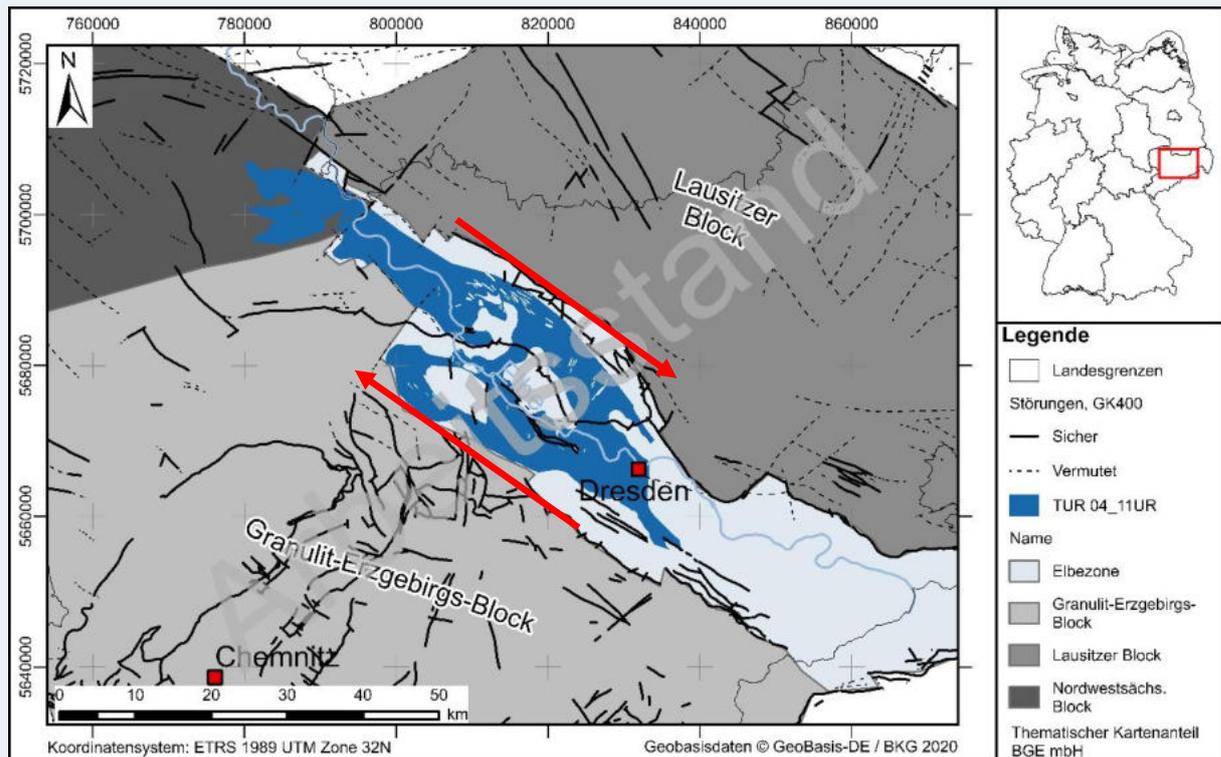


Abbildung 134: Lage des Teiluntersuchungsraums 04\_11UR zwischen den tektonischen Einheiten des Granulit-Erzgebirgs-Blocks und des Lausitzer Blocks im tektonischen Großraum Elbezone (GK400 verändert nach LfULG 2016). Die Pfeile markieren die Bewegungsrichtung der dextralen Seitenverschiebung.

### 5.7.4.6.1 Tektonische Überprägung und Gebirgsdurchlässigkeit im kristallinen Wirtsgestein

Die tektonische Überprägung eines Gebirges beeinflusst die Gebirgsdurchlässigkeit, welche die hydraulische Leitfähigkeit eines natürlichen Gesteinsverbandes darstellt und sich aus der Trennfugendurchlässigkeit und der Gesteinsdurchlässigkeit zusammensetzt. Kristalline Wirtsgesteine besitzen Gesteinsdurchlässigkeiten von ca.  $10^{-14}$  m/s (Becker et al. 2020). Eine Variation der Gebirgsdurchlässigkeit kristalliner Wirtsgesteine und damit eine veränderte Barrierewirkung ist somit durch die Trennfugendurchlässigkeit und folglich durch die vorliegende Anzahl und räumliche Verteilung von Diskontinuitäten wie Klüften und Störungszonen bestimmt. Demzufolge führt eine starke „tektonische Überprägung der geologischen Einheit“ (wie sie zum Beispiel für den Indikator 3.1c Anlage 3

<b>Methodenbeschreibung zur Durchführung  der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung</b>									 <b>BUNDESGESELLSCHAFT  FÜR ENDLAGERUNG</b>
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Blatt: 396
SG	0330				EA	TF	0002	00	

(zu § 24 Abs. 3) StandAG ermittelt wird) zu einer Erhöhung der „charakteristischen Gebirgsdurchlässigkeit“ und zu einer bedingt, bzw. weniger günstigen, Bewertung der Anlage 1 Indikator 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) und dient somit als zusätzlicher indirekter Indikator.

Um eine Bewertung der Teiluntersuchungsraum hinsichtlich ihrer Gebirgsdurchlässigkeit zu ermöglichen, strebt die BGE an, Aussagen der Trennfugendurchlässigkeit in kristalline Wirtsgesteinen unter anderem über eine Bewertung unterschiedlicher ermittelbarer Faktoren in Form von Analogiebetrachtungen abzuleiten. Entscheidend ist hierbei, dass die Verheilung von Trennfugen in kristallinen Wirtsgesteinsformationen oft nur durch die Mineralisation von Sekundärmineralen erfolgt und somit die Gebirgsdurchlässigkeit durch eine Bildung von Klüften langfristig erhöht wird. Ein Vergleich der Gebirgsdurchlässigkeiten von ungestört und geklüfteten magmatischen und metamorphen Gesteinen zeigt eine erhöhte Durchlässigkeit bei gestörten Gebirgsformationen (Domenico & Schwartz 1990). Die hydraulische Trennfugendurchlässigkeit wird somit durch die Klüftigkeit des Wirtsgesteins beeinflusst. Die BGE stellt folglich die Hypothese auf, dass sich die Trennfugendichte und die Gebirgsdurchlässigkeit von kristallinen Wirtsgesteinsformationen von der tektonischen Überprägung eines regionalgeologischen Gebiets ableiten lässt. Der Grad der tektonischen Überprägung variiert je nach Art, Versatzbetrag und Stressregime.

Die BGE prüft, ob sich auf Grundlage dieser Annahme eine Methodik für die Bewertung der Gebirgsdurchlässigkeit (Anlage 1 Indikator 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) entwickeln lässt, welche aufgrund der tektonischen Überprägung (Anlage 3 Indikator 3.1c (zu § 24 Abs. 3) StandAG) abgeleitet werden kann.

#### **5.7.4.7 Indikator 3.2 „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“**

Die bewertungsrelevante Eigenschaft „Übertragbarkeit der Eigenschaften im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich“ wird durch den Indikator „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ beschrieben (Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG). In dem Indikator wird die Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies) des Wirtsgesteinsbereiches mit Barrierefunktion bewertet.

Der Begriff Fazies beschreibt einen Gesteinskörper mit spezifischen Merkmalen, der durch einen bestimmten Prozess oder durch die Kombination bestimmter Prozesse unter bestimmten Bedingungen (sedimentär, magmatisch oder metamorph) gebildet wurde (modifiziert nach Reading 2004). Daher werden für die Bewertung der Gesteinsfazies generische Charakteristika herangezogen, z. B. Ablagerungsbedingungen und Diagenese bei den sedimentären Wirtsgesteinen und magmatische und metamorphe Bildungsbedingungen und Phasen bei kristallinen Gesteinseinheiten.

Mit der Bewertungsgrundlage der Fazies einer Gesteinsabfolge wird die Übertragbarkeit der lithologischen Eigenschaften beurteilt. „*Dabei sind Gebiete, in denen die Gesteine und deren Eigenschaften großräumig einheitlich oder sehr ähnlich ausgebildet sind, positiv einzuordnen*“ (AkEnd 2002). Der Betrachtungsmaßstab ist deutlich kleiner (d. h. überregionaler) als in den zuvor behandelten Indikatoren, da mit den Fazies größere, generisch verwandte Räume bewertet werden und sich diese auf die gesamte Wirtsgesteinsabfolge mit Barrierefunktion beziehen. Die Bewertung ergibt sich aus den in der Geosynthese zusammengestellten Informationen und Parametern. In der ersten

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 397

Phase des Standortauswahlverfahrens liegen oft keine detaillierten Fazies-Modelle der Wirtsgesteine für die jeweiligen Untersuchungsräume vor. Jedoch können qualitative Aussagen für die Teiluntersuchungsräume auf Basis von lithologischen Beschreibungen in Bohrungen, geophysikalischen Messungen inkl. bohrlochgeophysikalischen Daten, geologischen 3D-Modellen, paläogeographischen Karten, der Entstehungsgeschichte der Wirtsgesteinsformationen sowie aus Analogieschlüssen getroffen werden. Aufgrund der Entstehungsgeschichte der verschiedenen Wirtsgesteine unterscheidet sich die Anwendung der bewertungsrelevanten Eigenschaft und wird daher im Folgenden für die verschiedenen Wirtsgesteine beschrieben (Tabelle 57).

Für die Wirtsgesteine Steinsalz und Tongestein liegen wenige konkrete Untersuchungsergebnisse zur Auswirkung von Diagenese und anderen die Gesteinsfazies beeinflussenden Prozessen (z. B. Halokinese oder synsedimentäre Deformation) in den Teiluntersuchungsräumen vor. Daher werden zum jetzigen Stand der Bearbeitung die primären Ablagerungsverhältnisse betrachtet und bewertet. Sobald detaillierte Informationen zu den oben aufgeführten Prozessen und deren Auswirkungen im Hinblick auf die Gesteinsfazies vorliegen, werden diese in der Bewertung der Teiluntersuchungsräume berücksichtigt. Insbesondere in den Wirtsgesteinsbereichen von Steinsalz „in steiler Lagerung“ führt der Prozess der Halokinese bzw. Halotektonik zur Auflösung des ursprünglichen Schichtverbandes und einer Erhöhung der Komplexität der Lagerungsverhältnisse, so dass interne Fazieswechsel nach bekanntem oder nicht bekanntem Muster zu erwarten sind. Über die Kenntnis des Internbaustyps (Grad der Komplexität der Verfaltung) von Salzstrukturen können Muster näherungsweise prognostiziert werden (Kapitel 5.2).

*Tabelle 57: Beispiele der Wirtsgesteine zur Bewertung der Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies) (gem. Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG)*

	Wertungsgruppe		
	günstig	bedingt günstig	ungünstig
Allgemeine Beispielanwendung	Fazies regional einheitlich	Fazies nach bekanntem Muster wechselnd	Fazies nach nicht bekanntem Muster wechselnd
Tongestein	Ablagerungsräume die geprägt sind von Sedimentation aus Suspension, wie beckenzentrale marine Ablagerungsräume (Beckenzentrum, Shelf bis Unterer Vorstrand)	Mittlerer Vorstrand	Ablagerungsräume die geprägt sind von stark wechselnden Lithologien, z. B. Deltafront, Deltaebene oder Ablagerungsraum, der durch Massentransport (Turbidite etc.) beeinflusst ist
Steinsalz	Bereiche im Beckeninernen	Randbereiche der Becken mit großräumigem Wechsel der Gesteinstypen; Übergangsbereich zwischen Schwellen und Senken	Randbereiche der Becken mit kleinräumigem Wechsel der Gesteinstypen

2020-10-26\_PM\_QM/V02\_Textblatt A4 Hochformat\_REV02

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 398

	Wertungsgruppe		
	günstig	bedingt günstig	ungünstig
Kristallin	<p><b>Plutonite</b>, deren Kristallisationsabfolgen grundsätzlich bekannt und gut kartiert sind, und deren Intrusionskörper homogen und über mehrere hundert Meter oder mehrere Kilometer aushaltend sind</p>	<p><b>Hochgradig regionalmetamorphe Gesteine</b>, die grundsätzlich aus großvolumigen magmatischen Ausgangsgesteinen hervorgegangen sind oder aufgrund ihrer Entstehungsgeschichte eine weitgehend einheitliche metamorphe Gesteinsfazies und Gesteinsausbildung entwickeln konnten. Beispiele sind Orthogneise und Granulite</p>	<p><b>Hochgradig regionalmetamorphe Gesteine</b>, die grundsätzlich aus Gesteinen sedimentären Ursprungs hervorgegangen sind; wie z. B. Paragneis-Amphibolit-Wechselfolgen oder Paragneis-Kalksilikat-Wechselfolgen sowie, <b>teilgeschmolzene Hochtemperatur- und Hochdruckgesteine</b> welche in Teilen Merkmale metamorpher und magmatischer Gesteine aufweisen; wie z. B. Anatexite, Diatexite, Migmatite</p>

**5.7.4.8 Beispiele zu Indikator 3.2 „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“**

Die Vorgehensweise bei der Bewertung des Indikators „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ mithilfe der beschriebenen Komponenten wird im Folgenden anhand der Anwendungsbeispiele Opalinuston-Formation im GzME „Opalinuston“ (Beispiel 64) für das Wirtsgestein Tongestein, dem GzME „Thüringer Becken“ (Beispiel 65) für das Wirtsgestein „Steinsalz flach“, dem GzME „Saxothuringikum“ (Beispiel 66) für das kristalline Wirtsgestein und dem GzME „Bahlburg“ für das Wirtsgestein „Steinsalz in steiler Lagerung“ (Beispiel 67) beleuchtet.

*Beispiel 64: Bearbeitung des Indikators 3.2 „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ am Beispiel des Teiluntersuchungsraums 01\_07UR im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)*

**Bewertung des Indikators 3.2 „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ am Beispiel des Teiluntersuchungsraums 01\_07UR im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)**

Die geowissenschaftlichen Arbeiten als Grundlage für die Bewertung des Indikators 3.2 „**Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)**“ des Kriteriums zur Bewertung der „Übertragbarkeit der Eigenschaften im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich“ der Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG werden für das GzME „Opalinuston“ am Beispiel des Teiluntersuchungsraums 01\_07UR gezeigt. Dieser Teiluntersuchungsraum wird in den Kapiteln 5.6.1 und 5.7.2 ausführlich beschrieben.

Die Bewertung des Indikators 3.2 „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ des Kriteriums zur Bewertung der „Übertragbarkeit der Eigenschaften im vorgesehenen einschlusswirksamen

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 399

**Bewertung des Indikators 3.2 „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ am Beispiel des Teiluntersuchungsraums 01\_07UR im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)**

Gebirgsbereich“ (Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) ist in Tabelle 58 zusammengefasst. Die Ausarbeitung, die zur Bewertung des Indikators führt, wird im Folgenden gezeigt.

*Tabelle 58: Übersicht über die Bewertung des Indikators 3.2 „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ der Eigenschaft „Übertragbarkeit der Eigenschaften im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich“ der Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG für 01\_07UR im GzME „Opalinuston“*

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße beziehungsweise Indikator des Kriteriums	Bewertung
Übertragbarkeit der Eigenschaften im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich	Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)	günstig

Für den Indikator 3.2 werden paläogeographische Karten herangezogen, um Aussagen über den Ablagerungsraum treffen zu können, der zur Faziesinterpretation führt. Die Opalinuston-Formation zeichnet sich in Baden-Württemberg durch eine geringe laterale Variabilität der Fazies aus (Allia 1996; Franz & Nitsch 2009). Der Opalinuston wurde während des Aalenium in einem flachen, in Schwellen und Senken gegliederten Epikontinentalmeer abgelagert (Abbildung 135), das von einer andauernden Absenkung geprägt war (Allia 1996; Hoth et al. 2007). Die Wassertiefe des Ablagerungsraumes lag bei ca. 20 m bis 50 m, was in etwa der Lage der Sturmwellenbasis entspricht (Stark 2014). Es kann von einer raschen synsedimentären Subsidenz ausgegangen werden (Allia 1996). Insgesamt ist der Ablagerungsraum geprägt von Sedimentation aus Suspensionsfracht, was auf überwiegend ruhige Sedimentationsbedingungen hinweist und zu großflächig gleichmäßigen Ablagerungen führt. Diese ruhigen Ablagerungsbedingungen werden selten durch Ereignisse wie beispielsweise starke Stürme unterbrochen, dessen Auswirkungen im oberen Teil der Opalinuston-Formation stellenweise zu beobachten sind. Der Indikator 3.2 „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ ist damit für den Teiluntersuchungsraum 01\_07UR mit „günstig“ zu bewerten.

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 400

### Bewertung des Indikators 3.2 „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ am Beispiel des Teiluntersuchungsraums 01\_07UR im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)

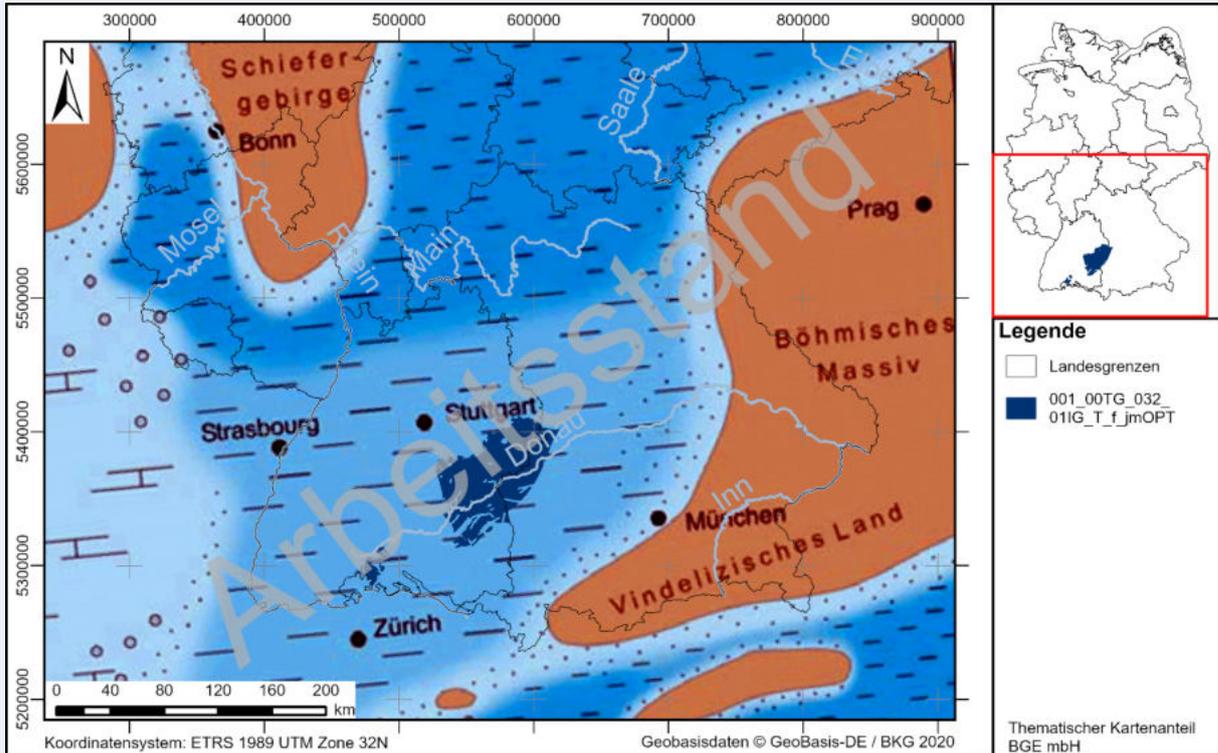


Abbildung 135: Paläogeographische Situation zu Beginn der Ablagerung des Opalinustons. Eine Ausfällung von Karbonat findet in den Flachwasserzonen statt (sehr helles blau), in den Becken werden Tone abgelagert (striche, hell bis dunkelblau); in Nähe der Landmassen kommt Sand zur Ablagerung (gepunktete Signatur) (Nagra 2002d).

Beispiel 65: Bearbeitung des Indikators 3.2 „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ am Beispiel des GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR)

### Bewertung des Indikators 3.2 „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ am Beispiel des Teiluntersuchungsraums 03\_21UR im GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR)

Die geowissenschaftlichen Arbeiten als Grundlage für die Bewertung des Indikators 3.2 „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ des Kriteriums zur Bewertung der „Übertragbarkeit der Eigenschaften im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich“ (Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) werden für das GzME „Thüringer Becken“ am Beispiel des Teiluntersuchungsraums 03\_21UR gezeigt. Dieser Teiluntersuchungsraum wird in den Kapiteln 5.6.1 und 5.7.2 ausführlich beschrieben.

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 401

**Bewertung des Indikators 3.2 „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ am Beispiel des Teiluntersuchungsraums 03\_21UR im GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR)**

Die Bewertung des Indikators 3.2 ist in Tabelle 59 zusammengefasst. Die Ausarbeitung, die zur Bewertung des Indikators führt wird, im Folgenden gezeigt.

*Tabelle 59: Übersicht über die Bewertung des Indikators „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ der Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG für den Teiluntersuchungsraum 03\_21UR im GzME „Thüringer Becken“*

<b>Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums</b>	<b>Bewertungsgröße beziehungsweise Indikator des Kriteriums</b>	<b>Bewertung</b>
Übertragbarkeit der Eigenschaften im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich	Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)	günstig

Für den Indikator 3.2 werden paläogeographische Karten zur Zeit des Zechstein herangezogen, um Aussagen über den Ablagerungsraum zu treffen. Der Zechstein ist durch marine Verhältnisse und die Bildung mächtiger Steinsalzablagerungen innerhalb des Zentraleuropäischen Beckens geprägt (Meschede 2018). Fazieskarten des späten Perm ( $\approx 260$  Ma) zeigen, dass Norddeutschland im Beckenzentrum des Southern Permian Basin lag (Ziegler 1990), welches sich durch Subsidenz der Rotliegendesedimente ausgebildet hat (Meschede 2018). Das Thüringer Becken stellt ein Nebenbecken des Zentraleuropäischen Beckens dar und gliedert sich in vier verschiedene Fazieszonen (Deutsche Stratigraphische Kommission 2020). Während der Norden des GzME „Thüringer Becken“ im Beckeninneren und Plattformhang liegt, schließt sich südlich die Fazies der Plattform und Lagunen an. Im äußersten Südosten besteht ein Übergang zur litoralen bis fluviatilen Randfazies (Abbildung 136). Der Teiluntersuchungsraum 03\_21UR befindet sich zur Zeit der Staßfurt-Formation im Übergangsbereich vom Beckeninneren zum Plattformhang. Derzeit kann nur davon ausgegangen werden, dass im Bereich der fluviatilen und lithoralen Randfazies stärkere Variationen in der Gesteinsfazies auftreten. Sowohl die Ablagerungsbereiche des Beckenzentrums und des Plattformhangs lassen derzeit auf überwiegend regional einheitliche Faziesmuster schließen. Die Bewertung des Indikators 3.2 „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ des Kriteriums zur Bewertung der „Übertragbarkeit der Eigenschaften im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich“ (Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) ist damit für den Teiluntersuchungsraum 03\_21UR mit „günstig“ zu bewerten.

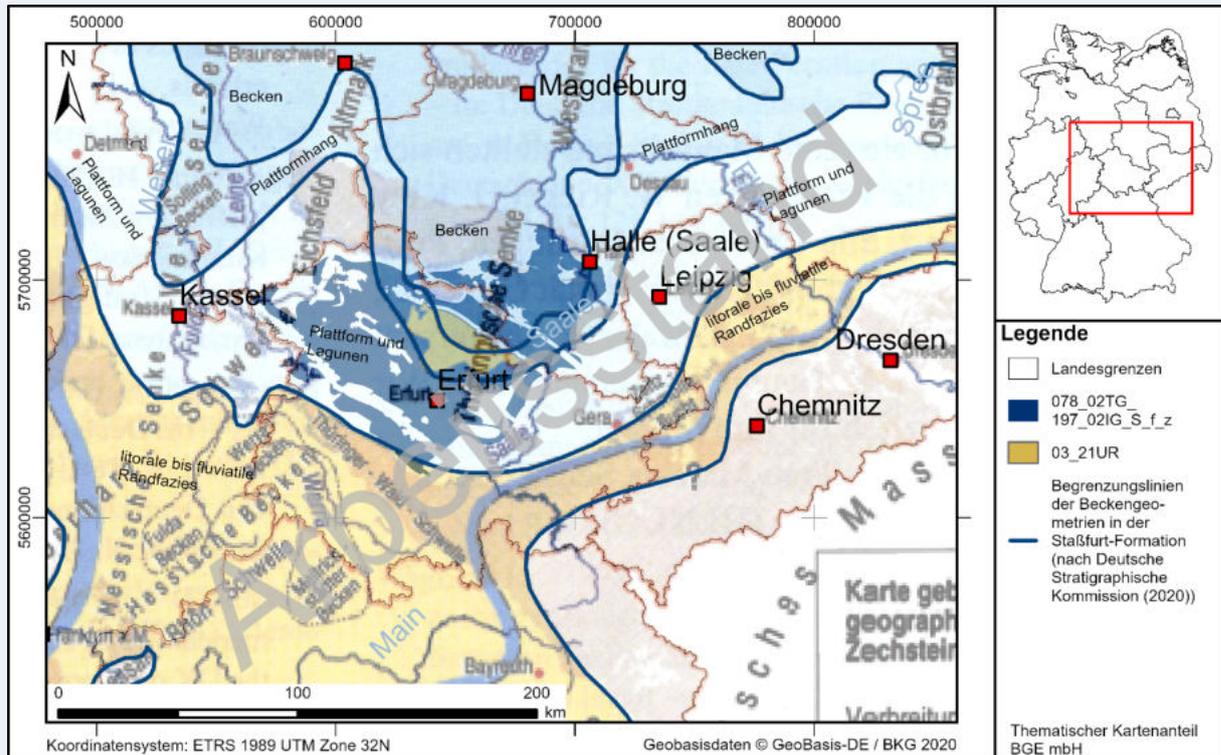
## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 402

### Bewertung des Indikators 3.2 „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ am Beispiel des Teiluntersuchungsraums 03\_21UR im GzME „Thüringer Becken“ (03\_00UR)



**Abbildung 136:** Paläogeographische Situation zur Zeit der Staßfurt-Formation im Zechstein (Deutsche Stratigraphische Kommission 2020). Das GzME „Thüringer Becken“ ist blau markiert. Der Teiluntersuchungsraum 03\_21UR ist gelb eingefärbt.

**Beispiel 66:** Bearbeitung des Indikators 3.2 „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ am Beispiel des Teiluntersuchungsraums 04\_11UR im GzME „Saxothuringikum“

### Bewertung des Indikators 3.2 „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ am Beispiel des Teiluntersuchungsraums 04\_11UR im GzME „Saxothuringikum“

Der Begriff Fazies kann über die Gesteinsart, die Entstehungs- und Ablagerungsbedingungen, aber auch durch Gesteinsmerkmale definiert sein. Als Gesteinsfazies kristalliner Wirtsgesteine werden übergeordnet magmatische und metamorphe Faziesbereiche in ihrer Gesamtheit und die Gesteinsausbildung der kristallinen Wirtsgesteine beschrieben (Tabelle 57).

Eine zusammenfassende Darstellung der Bewertung des Indikators „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ der Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG für den Teiluntersuchungsraum 04\_11UR ist in Tabelle 60 dargestellt.

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 403

**Bewertung des Indikators 3.2 „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ am Beispiel des Teiluntersuchungsraums 04\_11UR im GzME „Saxothuringikum“**

*Tabelle 60: Übersicht über die Bewertung des Indikators „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ der Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG für den Teiluntersuchungsraum 04\_11UR im GzME „Saxothuringikum“*

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße beziehungsweise Indikator des Kriteriums	Bewertung
Übertragbarkeit der Eigenschaften im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich	Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)	Flächendifferenziert: günstig oder bedingt günstig und ungünstig

Die Gesteinsausbildung der kristallinen Wirtsgesteine im Teiluntersuchungsraum 04\_11UR ist je nach Entstehungsbedingung, Ausgangsmaterial und tektonischer Entwicklung stark variierend. Einheiten (Gneise) der Großenhainer Gruppe zeigen eine Zunahme des Metamorphosegrads in Richtung Nordwest von der Amphibolitfazies bis hin zur Migmatisierung. Die Strukturen der sedimentären Ausgangsgesteine sind in Form von Einschaltungen von Kalksilikaten und Amphiboliten in den flasrigen Biotit-Zweiglimmergneisen überliefert. Die flasrigen und ebenschiefrigen Gneise der Ebersbacher Gneise weisen einen geringeren Metamorphosegrad entsprechend der Amphibolitfazies auf. Auch hier ist durch Einschaltungen von Metaarkosen und Quarziten von sedimentären Ausgangsgesteinen auszugehen. Diese hochgradig regionalmetamorphe Gesteine sind aufgrund des faziellen Wechsels und der sedimentären Ausgangsgesteine als „ungünstig“ zu bewerten.

Der cadomische Granodiorit vom Typ Dohna steht oberflächlich an und ist reich an Restiten und Xenolithen (Berger et al. 2011b). Diese anatektische Fazies ist aufgrund der unbekanntenen faziellen Wechsel als ungünstig zu bewerten. Die cadomischen Granodiorite des Typs Laas zeigen ein homogenes magmatisches Gefüge, und werden „günstig“ bewertet. Der Orthogneis von Coswig, auch als Pluton von Coswig oder Coswiger Granit bezeichnet, intrudierte vermutlich bei der cadomischen Orogenese und wurde postintrusiv tektonisch und thermisch überprägt (Berger et al. 2011c). Dieser Orthogneis wird als „bedingt günstig“ bewertet.

Die Diorite des Meißener Plutons (Pyroxen-Monzodiorite des Gröba-Typs und assoziierte Quarz-Diorite und Diorite) zeigen ein homogenes Gefüge (Kozdrój et al. 2001). Die Monzonit-Quarzmonzonit-Subformation (Förster et al. 2011) besteht aus Monzoniten, Quarzmonzoniten bis Granodioriten und Syenodioriten (Hornblende-Monzonite). Es handelt sich um mittel- bis grobkörnig ausgebildete magmatische Gesteine. Das Gefüge des Meißener Hauptgranits (Granodiorit) wird als mittelkörnig-gleichmäßig beschrieben (Kozdrój et al. 2001), eine textu-

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 404

## Bewertung des Indikators 3.2 „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ am Beispiel des Teiluntersuchungsraums 04\_11UR im GzME „Saxothuringikum“

relle Ausrichtung ist nur gering ausgeprägt oder nicht vorhanden (Wenzel 2012). Die magmatischen Gesteine des Meißener Plutons sind allesamt faziell günstig ausgebildet (Abbildung 137).

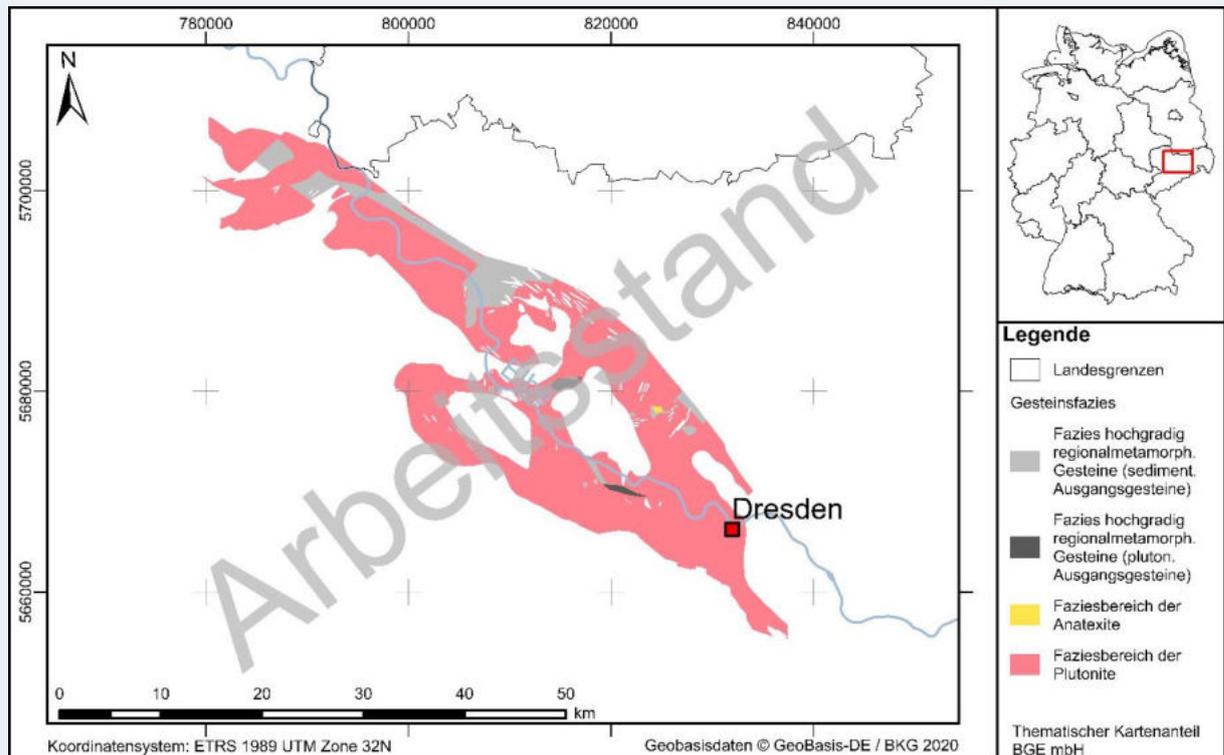


Abbildung 137: Darstellung der Gesteinsfazies im Teiluntersuchungsraum 04\_11UR

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 405

*Beispiel 67: Bearbeitung des Indikators 3.2 „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ am Beispiel des GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)*

**Bewertung des Indikators 3.2 „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ am Beispiel des GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)**

Die Bewertung des Indikators 3.2 „**Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)**“ des Kriteriums zur Bewertung der „Übertragbarkeit der Eigenschaften im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich“ (Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) ist in Tabelle 61 zusammengefasst. Die Ausarbeitung, die zur Bewertung des Indikators führt wird, im Folgenden gezeigt.

*Tabelle 61: Übersicht über die Bewertung des Indikators 3.2 „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ der Eigenschaft „Übertragbarkeit der Eigenschaften im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich“ der Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG im GzME „Salzstock Bahlburg“*

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße beziehungsweise Indikator des Kriteriums	Bewertung
Übertragbarkeit der Eigenschaften im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich	Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)	günstig

Das Kriterium und demnach auch der Indikator beziehen sich v. a. auf den einschlusswirksamen Gebirgsbereich. Da dieser zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht ausgewiesen werden kann, wird der Indikator daher auf den Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion angewendet. Die Gesteinsfazies spiegelt neben der mineralogischen Zusammensetzung und dem Gefüge auch die Prozesse und Bedingungen, die zu ihrer Existenz geführt haben, wider. Die ursprüngliche Ablagerungsfazies wurde im Wirtsgestein Steinsalz „in steiler Lagerung“ durch die Prozesse der Halokinese bzw. Halotektonik, also der Mobilisierung von Steinsalz und dessen Aufstieg mit Durchbruch des überlagernden Gebirges, überprägt. Die halokinetischen und -tektonischen Prozesse haben für alle Salzstrukturen stattgefunden, was durch deren Existenz belegt wird. Die konkreten Auswirkungen dieser Prozesse auf die ursprüngliche Ablagerungsfazies und deren Verteilung im Inneren der Salzstrukturen müssen weiter untersucht werden (vgl. Kapitel 5.7.4.7).

Bis zur Fertigstellung der methodischen Arbeiten wird hier die Annahme getroffen, dass dieser Aspekt der Fazies regional einheitlich ist. Auch wenn der Bildungsprozess gleich ist, kann sich die Fazies durch die primär abgelagerte Sedimentabfolge unterscheiden. Dies sind für das GzME „Salzstock Bahlburg“ wie für die meisten Teilgebiete des Wirtsgesteins Steinsalz „in steiler Lagerung“ die ursprünglich flach gelagerten Steinsalzabfolgen der Zechsteingruppe.

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung

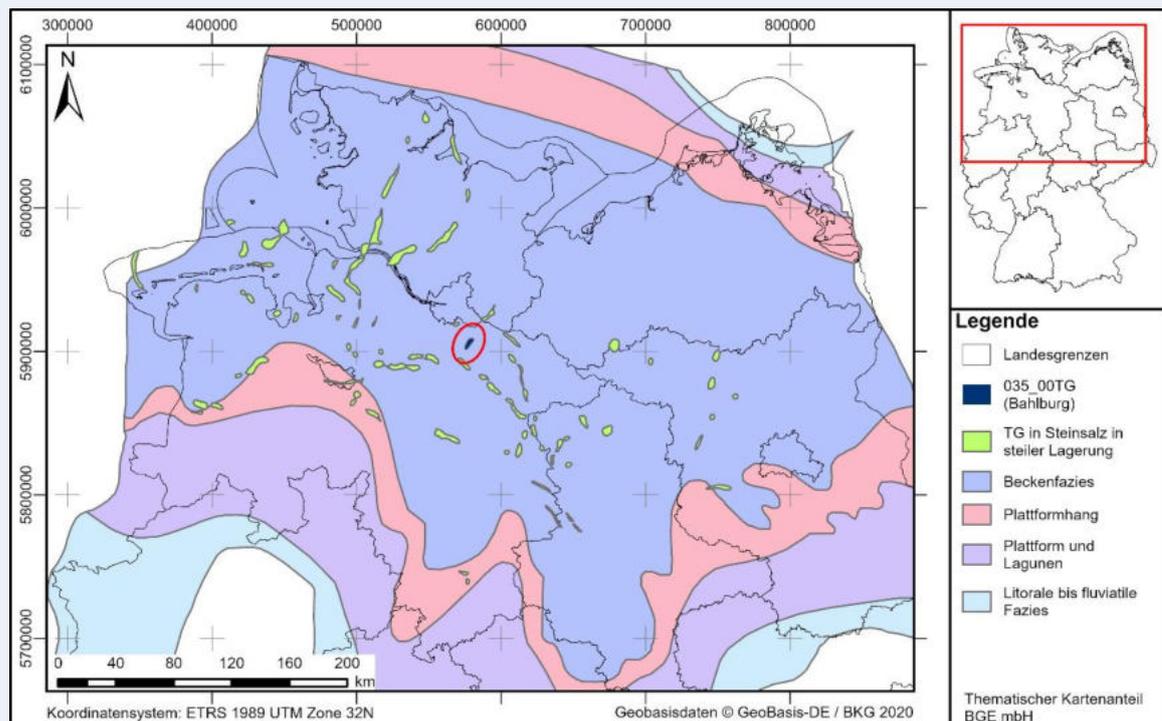


Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 406

### Bewertung des Indikators 3.2 „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ am Beispiel des GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)

Dabei befinden sich vor allem die mächtigen Steinsalzpartien des Hauptsalzes der Staßfurt-Formation im Fokus.



**Abbildung 138:** Übersicht über die Faziesverteilung der Staßfurt-Formation (z2) im nord-deutschen Raum mit dazugehörigen Verbreitungsgrenzen nach Deutsche Stratigraphische Kommission (2020). Teilgebiete im Wirtsgestein Steinsalz in steiler Lagerung sind in Grün dargestellt, das GzME „Salzstock Bahlburg“ (rot eingekreist) in Dunkelblau.

Wie bereits im Beispiel des GzME „Thüringer Becken“ beschrieben, ist der Zechstein durch vollmarine Verhältnisse und die Bildung mächtiger Steinsalzablagerungen innerhalb des Zentraleuropäischen Beckens geprägt (Meschede 2018). Durch die Subsidenz der darunterliegenden Rotliegendesedimente (Meschede 2018) bildete sich das südliche Permbecken, wobei das heutige Norddeutschland hier im Beckenzentrum zu verorten ist (Ziegler 1990).

Abbildung 138 zeigt die Faziesverteilung der Staßfurt-Formation, rot markiert ist die Lage des GzME „Salzstock Bahlburg“ (Deutsche Stratigraphische Kommission 2020). Es ist zu erkennen, dass die Struktur im zentralen Bereich der Beckenfazies der Staßfurt-Formation liegt. Somit wird derzeit angenommen, dass vor allem die mobilen Steinsalze der Staßfurt-Formation an der Strukturbildung beteiligt waren. Für Teilgebiete die im (Grenz-)Bereich der Becken- und Plattformfazies liegen, wird derzeit die Fazies als regional interpretiert und somit als

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 407

### Bewertung des Indikators 3.2 „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ am Beispiel des des GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)

„günstig“ bewertet. Im Rahmen der zukünftigen Arbeiten zu Schritt 2 der Phase I wird untersucht, inwiefern der Einfluss der Halokinese/Halotektonik die ursprüngliche Ablagerungsfazies innerhalb der Salzstruktur verändert und wie eine differenzierte Bewertung erfolgen kann.

Für Bahlburg wird ursprüngliche Ablagerungsfazies als regional einheitlich interpretiert und der Indikator 3.2 mit „günstig“ bewertet.

#### 5.7.5 Spezifizierung der geogenen Prozesse

Das Auftreten von Prozessen in der Vergangenheit und ihr mögliches Auftreten in der Zukunft wird in der geowissenschaftlichen Langzeitprognose (siehe Kapitel 5.3) großräumig zusammengestellt und diskutiert. Dabei kann es notwendig sein, kleinräumig wirkende Prozesse in einem höheren Detailgrad zu bearbeiten und anschließend räumlich differenzierte zu bewerten.

In der Ableitung der Entwicklungen der wirtsgesteinsspezifischen Endlagersysteme (siehe Kapitel 8.2) werden die Auswirkungen der Prozesse in einem Endlagersystem erarbeitet. Zusätzlich werden geogene Prozesse in der qualitativen und quantitativen Analyse des Endlagersystems (§ 7 EndlSiUntV) durch den Aspekt b) (langfristige Stabilität der geologischen Verhältnisse, § 7 Abs. 6 Nr.3 Buchst. b) EndlSiUntV) bewertet (siehe Kapitel 6 und Kapitel 8). Dabei erfolgt die Bewertung des Aspekt b) in Anlehnung an Anlage 4 (zu § 24 Abs. 3) StandAG, der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse und ist in Kapitel 8.3 näher erläutert.

Für eine besseren Nachvollziehbarkeit wird das Vorgehen im Folgenden aufgezeigt ohne formell zwischen der Geosynthese und der Bewertung, die im Rahmen der Analyse des Endlagersystems stattfindet, zu unterscheiden. Als Beispiel wird an dieser Stelle auf den Vulkanismus des Hegau eingegangen, welcher in Teilen des Teiluntersuchungsraums 01\_06 im mittleren Miozän aufgetreten ist (Beispiel 68).

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 408

*Beispiel 68: Beeinflussung der langfristige Stabilität der günstigen Verhältnisse durch den Vulkanismus des Hegau im Teiluntersuchungsraum 01\_06UR im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)*

**Beeinflussung der langfristige Stabilität der günstigen Verhältnisse durch den Vulkanismus des Hegau im Teiluntersuchungsraum 01\_06UR im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)**

Die geowissenschaftlichen Arbeiten als Grundlage für die Bewertung der Anlage 4 zu § 24 StandAG werden für das GzME „Opalinuston“ am Beispiel des Teiluntersuchungsraums 01\_06UR gezeigt (Kapitel 5.6.1). Dieser Teiluntersuchungsraum hat eine flächenhafte Ausdehnung von 137,5 km<sup>2</sup> und befindet sich nordwestlich des Bodensees in der Mittelschwäbischen Senke im Bundesland Baden-Württemberg, etwa zwischen Schwäbischer Alb im Norden, dem Rhein im Süden und dem Bodenseebecken im Osten sowie westlich einer gedachten Linie zwischen Randen und Geisingen. Die wesentliche Barriere dieses Teiluntersuchungsraums wird durch die Opalinuston-Formation (bestehend aus Teufelsloch-Subformation und Zillhausen-Subformation) der stratigraphischen Einheit Mittlerer Jura gebildet.

Im Bereich des Teiluntersuchungsraums 01\_06UR (Abbildung 139) liegt das miozäne Vulkanfeld des Hegau (Schreiber & Jentzsch 2021) und deckt es zu etwa 80 % ab. Im Hegau setzte vor etwa 14 Millionen Jahren im Mittelmiozän starker Vulkanismus ein, in dessen Resultat sich etwa ein Dutzend Vulkane bildeten (Geyer et al. 2011, S. 335). Das Vulkanfeld des Hegau umfasst die Reste dieser Vulkanbauten und wird in Schreiber & Jentzsch (2021) detailliert beschrieben. Die ältesten vulkanischen Aktivitäten werden nach Lippolt et al. (1963) von Tuffen in den Helicidenschichten der Oberen Meeresmolasse (K/Ar-Alter von 16,2 Ma) sowie von dem örtlich in die Obere Süßwassermolasse eingeschalteten Basisbentonit (K/Ar-Alter von 14,6 Ma) bezeugt (vgl. auch Tabelle 62).

Ursprünglich waren in dieser Region Tuffe mit einer Mächtigkeit von über 100 m verbreitet, von denen nur noch Relikte in von jüngeren Laven und Stöcken geschützten Positionen erhalten geblieben sind (Schreiner 1992, 2008). Bei den Vulkaniten handelt es sich um Olivin-Melilithite und Olivin-Nephelin-Melilithite, die von ca. 13 Ma bis ca. 6 Ma gefördert wurden (Tabelle 62), sowie um Phonolithe (Dunworth & Wilson 1998). Die Phonolithe bildeten erst in der letzten Phase der vulkanischen Aktivität Stöcke (ca. 8 – 6 Ma, Weiskirchner 1975; Schreiner 1992), die in die älteren Tuffdecken eingedrungen sind (vgl. hierzu auch Geyer et al. 2011, S. 335). Das Vulkanfeld des Hegaus wird häufig mit der besonderen Lage im Kreuzungsbereich von zwei weitreichenden Scherzonen in Verbindung gebracht (Geyer et al. 2011), der Hegau-Albstadt-Scherzone (HASZ) und der Freiburg-Bonndorf-Bodensee-Störungzone (FBBSZ). Diese haben wahrscheinlich den Aufstieg der Magmen und die Richtung der Gänge beeinflusst.

2020-10-26\_PM\_QMV02\_Textblatt\_A4\_Hochformat\_REV02

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 409

**Beeinflussung der langfristige Stabilität der günstigen Verhältnisse durch den Vulkanismus des Hegau im Teiluntersuchungsraum 01\_06UR im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)**

*Tabelle 62: Physikalisch bestimmte Alter des Hegau-Vulkangebietes (aus Schreiber & Jentzsch (2021); Daten aus Geyer et al. (2011))*

Vorkommen	Alter (Ma)	Stufe	Weiterführende Literatur
Hohenkrähen	6,9	Messinium	Weiskirchner (1972)
Gönnersbohl	8	Tortonium	Weiskirchner (1972)
Wartenberg	8,5	Tortonium	(Horn et al. 1972)
Höwenegg	11,8 – 10,8	Serravallium – Tortonium	Weiskirchner (1972), Baranyi et al. (1976)
Höwenegg	12,4 – 9,4	Serravallium – Tortonium	Lippolt et al. (1963), Weiskirchner (1972)
Hohenstoffeln	12,5	Serravallium	Lippolt et al. (1963)
Hohenstoffeln	12,9	Serravallium	Baranyi et al. (1976)
Bischofszell (CH) (Basisbentonit)	14,6 ± 0,6	Langhium	Lippolt et al. (1963)
Tengen (Helicidenmergel)	16,2 ± 0,6	Burdigalium	Lippolt et al. (1963)

## Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 410

### Beeinflussung der langfristige Stabilität der günstigen Verhältnisse durch den Vulkanismus des Hegau im Teiluntersuchungsraum 01\_06UR im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)

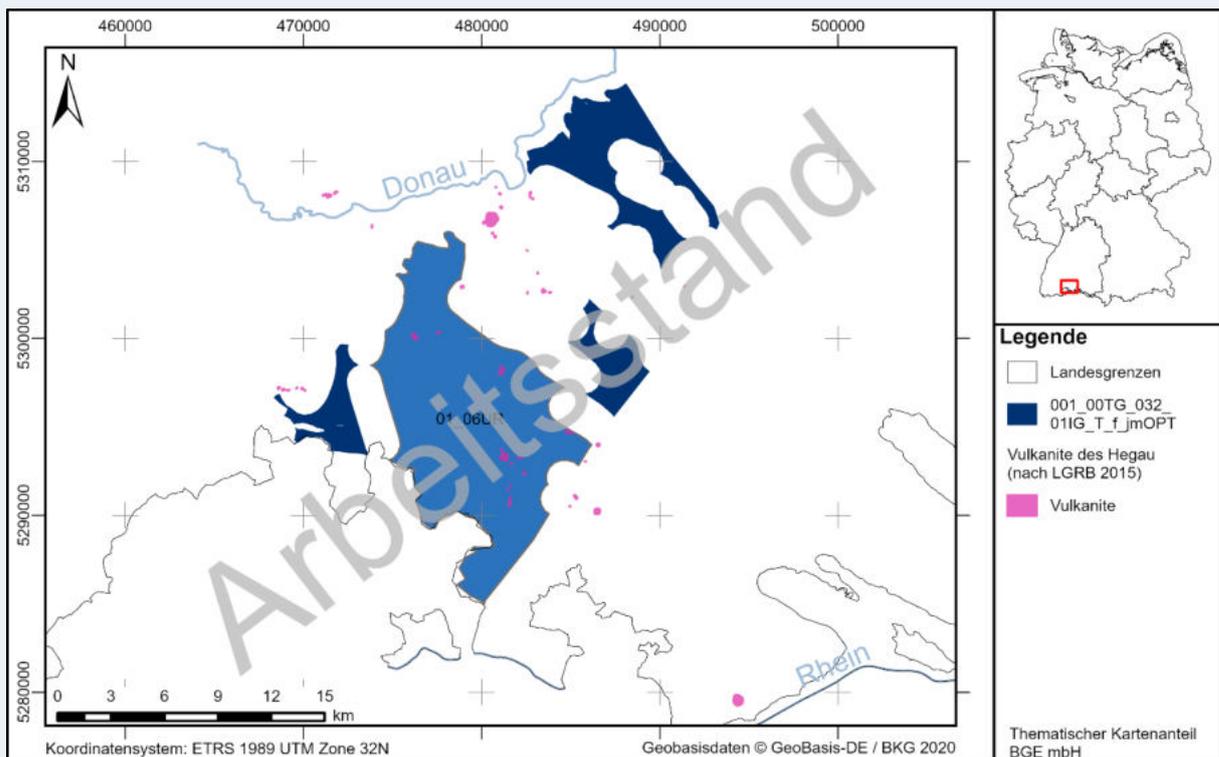


Abbildung 139: Lage der tertiären Hegau-Vulkanite (nach LGRB 2015)

Durch die Platznahme der Vulkanite hat der Hegau-Vulkanismus die Ausdehnung der Gesteine der Opalinuston-Formation, die hier bis in das Mittelmiozän anstanden, verändert. Ob hierbei auch die Durchlässigkeit des Opalinustons verändert worden ist, kann hier nicht endgültig gezeigt werden. Magmenbewegungen unter Vulkanen können aber Erdbeben und damit Spannungsänderungen und -umlagerungen hervorrufen, welche u. a. zur Remobilisierung alter und/oder Bildung neuer Klüfte und Änderungen von Klüftöffnungsweiten führen können, was sich auf die Durchlässigkeit des Opalinustons auswirkt. Hinsichtlich eines möglichen Endlagers formulieren Schreiber & Jentzsch (2021, S. 4): „Auch wenn ein Magmazutritt in ein Endlager sehr unwahrscheinlich ist, müssen doch untertägige Auswirkungen benannt werden: *Temperaturspannungen, vulkanische Beben und induzierte Bewegungen an Störungen können die Integrität des Endlagers beeinträchtigen und über den Zutritt von Grundwasser die Barriere-Wirkung verringern.*“

Durch die hohen Temperaturen der aufsteigenden Magmen wird es in den Tongesteinen im Rahmen von diagenetischen und sogar kontaktmetamorphen Prozessen zu Mineralumbildungs- und möglicherweise auch zu Kompaktionsprozessen gekommen sein, welche die Durchlässigkeit des anstehenden Opalinustons wenigstens im unmittelbaren Kontaktbereich

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 411

**Beeinflussung der langfristige Stabilität der günstigen Verhältnisse durch den Vulkanismus des Hegau im Teiluntersuchungsraum 01\_06UR im GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)**

verändert haben dürften (Prestel & Schloz 2011).

Daraus können Änderungen im Mineralbestand („Reifung“ der Tonminerale, d. h. Umwandlung quellfähiger in nicht quellfähige Tonminerale, und Neubildung von Glimmern), der Textur (Einregelung) sowie Veränderungen bestimmter Eigenschaften (Verlust des Selbstabdichtungsvermögens, Nachlassen der Sorptionsfähigkeit für radioaktive Nuklide) resultieren (Stark et al. 2014, S. 37). Denkbar sind auch Gasfracs infolge der Aggregatzustandsänderung des Wassers (Stark et al. 2014, S. 530).

Der Hegau-Vulkanismus reicht mit den jüngsten nachgewiesenen Aktivitäten bis in den Bewertungszeitraum von 10 Millionen Jahren des Kriteriums „zur Bewertung der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse“ der Anlage 4 zu § 24 StandAG. Auf Basis dieser Informationen ist die Anlage 4 zunächst mit „bedingt günstig“ zu bewerten. Jedoch ist die Bewertung dieser Anlage mit den Betrachtungen und Analysen der geogenen Entwicklung in § 7 EndlSiUntV verzahnt (Kapitel 8.2), da das Auftreten und Wirken des Prozesses im Bewertungszeitraum wichtig ist. In die abschließende Bewertung können daher zusätzlich neben den Indikatorzeiträumen auch die Erkenntnisse über die Relevanz des Prozesses im Nachweiszeitraum einfließen, was sich unter Umständen auf die abschließende Bewertung der Anlage auswirken kann (Kapitel 8.3).

Bezogen auf den Hegau-Vulkanismus ist für eine abschließende Bewertung daher z. B. die Arbeit von Schreiber & Jentzsch (2021) zu berücksichtigen, der zufolge sich Teile des Hegaus innerhalb eines von ihnen postulierten Gebiets „zwischen Stuttgart und der Bodenseeregion [...] mit geringer Wahrscheinlichkeit für eine künftige vulkanische Aktivität in den nächsten 1 Ma“ befinden. Außerhalb dieses Hegau-Randgebietes jedoch ist für den Hegau „aufgrund der hohen Alter und fehlender Hinweise aus dem Mantel und den Gaszusammensetzungen keine vulkanische Aktivität in den nächsten 1 Ma anzunehmen“ (Schreiber & Jentzsch 2021, S. 113).

**5.7.6 Geologische Modelle für die quantitative Analyse des sicheren Einschlusses**

Die Geosynthese stellt als Grundlage für die numerischen Transportrechnungen geologische Modelle für Teiluntersuchungsräume bereit. Dafür werden in der Geosynthese eindimensionale repräsentative geologische Profile, 2D-Profilanschnitte oder geologische 3D-Modelle erstellt. Diese enthalten neben der Modelleinheit des Wirtsgesteinsbereichs mit Barrierefunktion auch alle lithologischen Einheiten des die Modelleinheit umgebenden Gebirges. Dazu zählen die die Modelleinheit unterlagernden stratigraphischen Einheiten im Liegenden sowie die überlagernden Einheiten im Hangenden bis zur Geländeoberkante.

<b>Methodenbeschreibung zur Durchführung  der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung</b>									 <b>BUNDESGESELLSCHAFT  FÜR ENDLAGERUNG</b>
Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	Blatt: 412
SG	0330				EA	TF	0002	00	

Der Wirtsgesteinsbereich mit Barrierefunktion sowie die weiteren geologischen Modelleinheiten werden hinsichtlich ihrer Gesteinsparameter nachvollziehbar beschrieben – also bezüglich ihrer mineralogischen, geochemischen, hydrogeologischen und petrophysikalischen Merkmale durch Parameter charakterisiert. Daten für die Gesteinsparameter und -eigenschaften stammen aus verschiedenen Quellen, z. B. aus der Fachliteratur oder aus geophysikalischen Messungen. Die umgesetzte, also die mit Werten gefüllte Parameterzusammenstellung, wird als Parameterkatalog einer Einheit bezeichnet.

Die Zusammenstellung soll in Form von ortsbezogenen Daten (also lokalen Punktdaten) für die einzelnen Untersuchungsräume erfolgen. Es zeigte sich jedoch, dass insbesondere für die GzME kaum entsprechende Daten vorliegen. Aufgrund dieser geringen Datenlage müssen die jeweiligen Parameter einerseits für die Modelleinheiten aus ähnlichen Gesteinen abgeleitet oder aus vergleichbaren Gesteinen der gleichen Formationen auf die Gesteine der Modelleinheiten im GzME übertragen werden. So wurde beispielsweise die Opalinuston-Formation im GzME „Opalinuston“ (001\_00UR) mit Werten parametrisiert, die im Rahmen von Standorterkundungsprogrammen in der Schweiz ermittelt wurden. Für die Teufelsloch-Subformation kamen dabei v. a. Werte aus dem Opalinuston in der Nordostschweiz (z. B. Zürcher Weinland) zur Anwendung, für die wesentlich siltig/sandigere Zillhausen-Subformation hingegen Werte aus der „sandigen Fazies“ des Untertagelabors Mont Terri. Zum anderen können für die Parametrisierung wesentliche Daten (s. Anhang 4) direkt aus bohrlochgeophysikalischen Datensätzen in den Teiluntersuchungsräumen interpretiert und abgeleitet werden. So sind z. B. Informationen zu Temperaturverhältnissen im Untergrund sowie Tonanteilen und Porositäten der einzelnen Modelleinheiten aus bohrlochgeophysikalischen Messungen ableitbar, sofern diese vorliegen und die Möglichkeit besteht, diese zu kalibrieren.

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 413

*Beispiel 69: Modellbildung für die quantitative Analyse am Beispiel des GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)*

**Geologische Modelle für die quantitative Analyse am Beispiel des GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)**

Um eine möglichst realistische Bewertung der Abfolge in Hinblick auf die Eignung und das Rückhaltevermögen einer Abfolge bekommen zu können, werden derzeit repräsentative 1D-Profile genutzt. In diesen Profilen werden die Gesteinstypen, die den lithologischen Beschreibungen aus den Schichtenverzeichnissen der Bohrungen entnommen wurden, zu Gesteinseinheiten, sogenannten Modelleinheiten, zusammengefasst (Abbildung 140). Regionen mit unterschiedlichem Aufbau des Untergrundes werden jeweils von einem repräsentativen Profil abgedeckt. So können unterschiedliche geologische Verhältnisse im Hinblick auf deren Eignung verglichen werden.

Zur Bewertung der Eignung müssen wesentliche Gesteinseigenschaften der Modelleinheiten zusammengetragen werden (Parameterkatalog). Dabei soll die Bandbreite an Gesteinseigenschaften die Variabilität der vorkommenden Lithologien abbilden. Da keine ortsspezifischen, detaillierten Daten über die Gesteinseigenschaften des Wirtsgesteinsbereiches mit Barrierefunktion aus den Teiluntersuchungsräumen des GzME „Opalinuston“ (01\_00UR) vorliegen, werden Datensätze zusammengetragen, die die Gesteinseigenschaften bestmöglich abbilden. Für die Abfolge der Opalinuston-Formation konnten zwei Modelleinheiten definiert werden, die durch unterschiedliche Gesteinseigenschaften charakterisiert sind. Diese beiden Modelleinheiten, die Zillhausen-Subformation und die Teufelsloch-Subformation, wurden in diesem Schritt durch repräsentative Datensätze aus Baden-Württemberg sowie dem schweizerischen Opalinuston (Daten aus Nagra-Bohrungen in der Nordostschweiz und dem Untergrundlabor Mont Terri) ausreichend gut charakterisiert. Dabei konnte ebenfalls auf bereits vorhandene Datenzusammenstellungen der BGR aus dem Projekt AnSichT (Jahn et al. 2016; Maßmann 2016) zurückgegriffen werden. Da es jedoch nur sehr wenige standortspezifische Daten aus dem Untersuchungsraum gibt, werden Modellparameterwerte mit Hilfe empirischer Zusammenhänge sowie einiger lokaler Daten aus beispielsweise Bohrlochgeophysikalischen Daten abgeleitet (s. Anhang 4). Für den Untersuchungsraum 01\_00UR beschränken sich bohrlochgeophysikalische Daten vielfach auf eine Gamma-Ray-Messung. Mehr oder weniger vollständige Messprogramme mit Porenraum-sensitiven Logs wie Dichte, Neutron oder Soniclog liegen nur für vereinzelte Bohrungen außerhalb des Untersuchungsraumes vor. Aus den vorhandenen Gamma-Ray-Messungen konnten Vshale-Logs berechnet werden, die den Tonanteil darstellen (Abbildung 140) und zur Parametrisierung der Modelleinheiten genutzt werden konnten.

# Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 414

## Geologische Modelle für die quantitative Analyse am Beispiel des GzME „Opalinuston“ (01\_00UR)

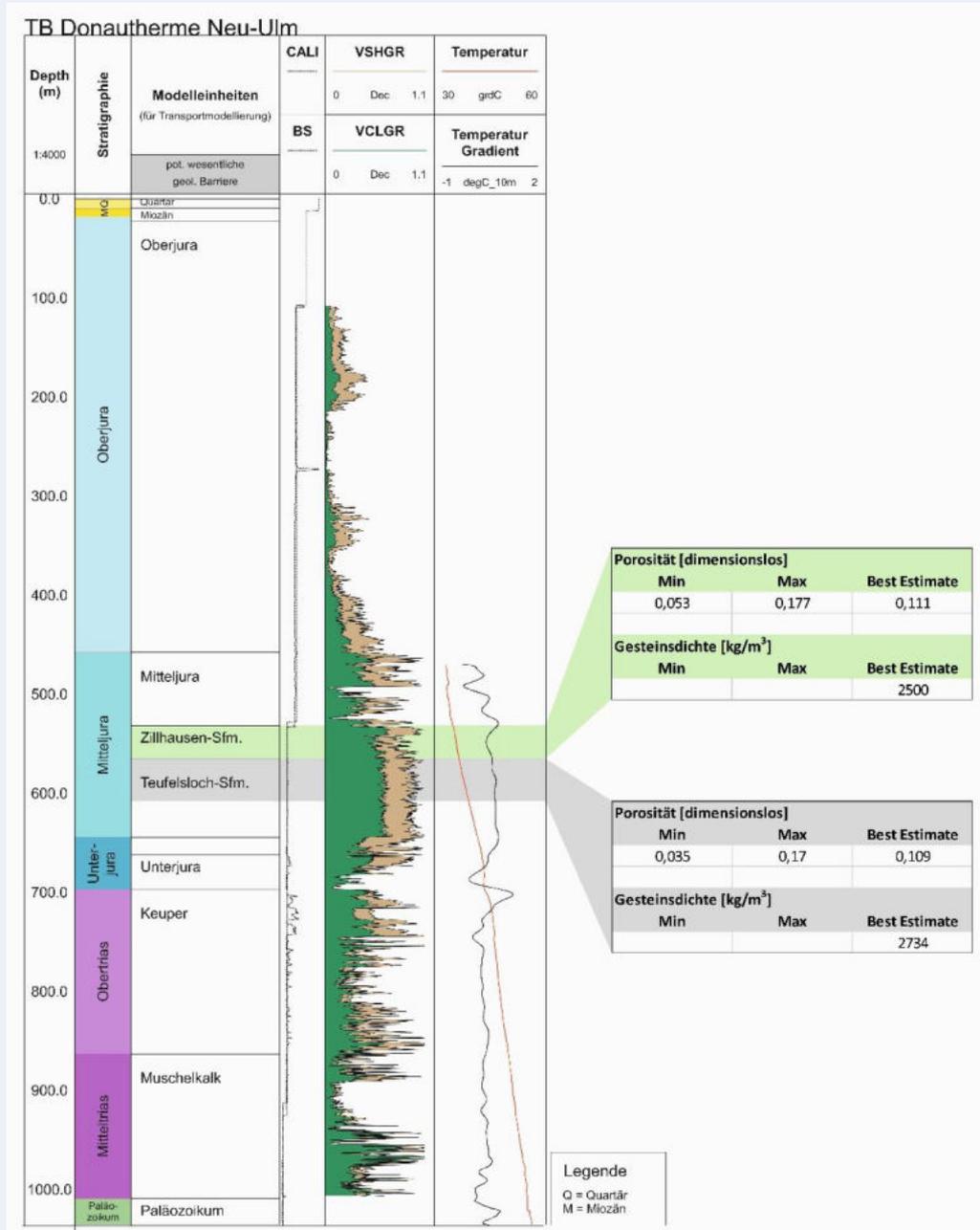


Abbildung 140: Beispiel für Modelleinheiten im GzME „Opalinuston“ am Beispiel des repräsentativen Profils der TB Donautherme Neu-Ulm

Die Parametrisierung der Modelleinheiten erfolgt mit Hilfe von Literaturwerten oder wird direkt aus geophysikalischen Messungen hergeleitet.

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 415

*Beispiel 70: Anwendung am Beispiel GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)*

**Geologische Modelle für die quantitative Analyse am Beispiel des GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)**

Um das Rückhaltevermögen und die Ausbreitung von Radionukliden in Modellrechnungen zu simulieren, werden für das Wirtsgestein Steinsalz „in steiler Lagerung“ als Datengrundlage geologische 3D-Modelle der Salzstrukturen genutzt. Daraus können bei Bedarf zusätzlich 1D- als auch 2D-Profile für Modellrechnungen extrahiert werden. Die einzelnen Modelleinheiten repräsentieren häufig lithostratigraphische Einheiten, denen wesentliche Gesteinseigenschaften aus einem separat erstellten Parameterkatalog zugewiesen werden. Da keine ortsspezifischen Daten vorliegen, müssen auf Literaturwerte aus Labormessungen oder Messungen in anderen Salzstrukturen zurückgegriffen werden. Dies begründet sich in einer allgemein geringen Anzahl an Bohrungsinformationen sowie der Tatsache, dass eine Vielzahl von wesentlichen Parametern nicht typischerweise bei Bohrungen erfasst werden. Dies ist in Salinargesteinen hauptsächlich für wirtschaftlich genutzte Salzstrukturen geschehen und nur für wenige Salzstrukturen veröffentlicht. Hierzu zählen v. a. die Salzstrukturen Gorleben, Asse oder Morsleben. Für die Modelleinheiten des Deck- und Nebengebirge konnten überwiegend auf die Arbeiten im Projekt AnSichT Nord (Jahn & Sönke 2013) zurückgegriffen werden, ergänzt durch sinnvolle Werte aus der P<sup>3</sup>-Datenbank (Bär et al. 2020).

Für die Modellbildung und numerischen Berechnungen werden die Modelleinheiten aus den geologischen 3D-Modellen der Teilgebiete (Abbildung 141) mit dazugehörigen Gesteinseigenschaften aus dem Parameterkatalog verknüpft.

**Methodenbeschreibung zur Durchführung  
der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen  
gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung**



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				EA	TF	0002	00

Blatt: 416

**Geologische Modelle für die quantitative Analyse am Beispiel des GzME „Salzstock Bahlburg“ (02\_00UR)**

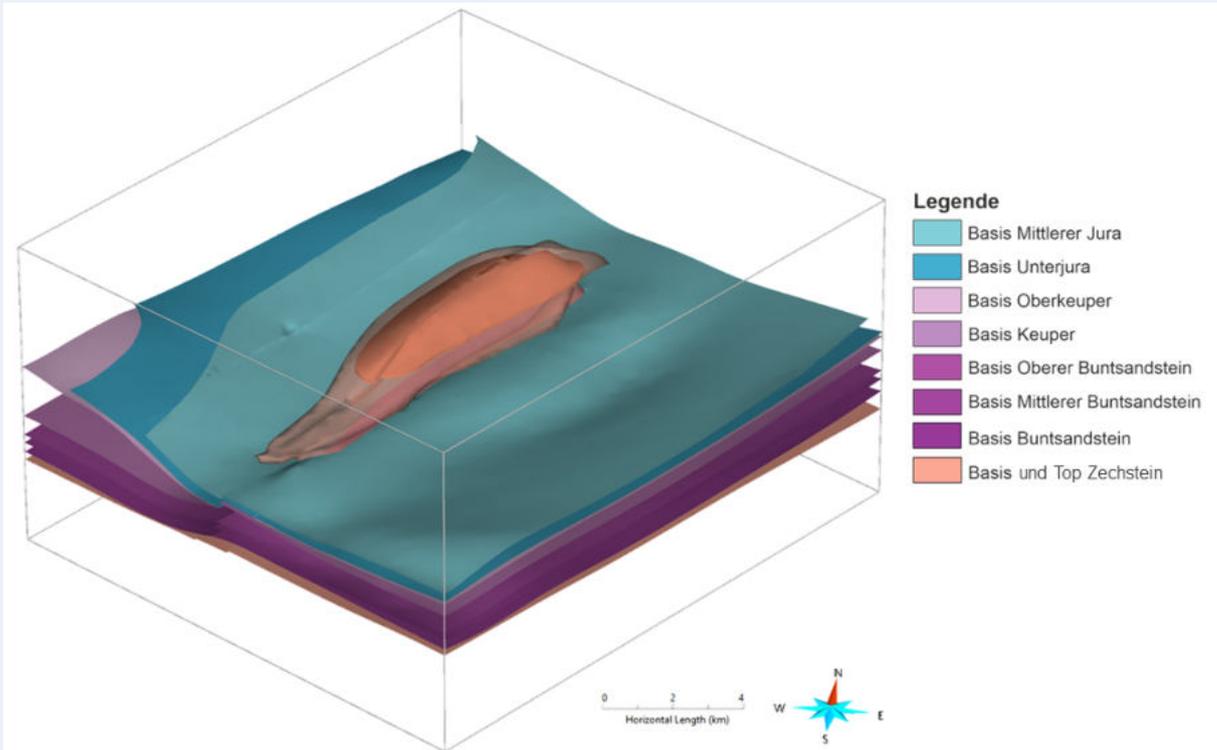


Abbildung 141: Auszug aus dem geologischen 3D-Modell des GzME „Salzstock Bahlburg“