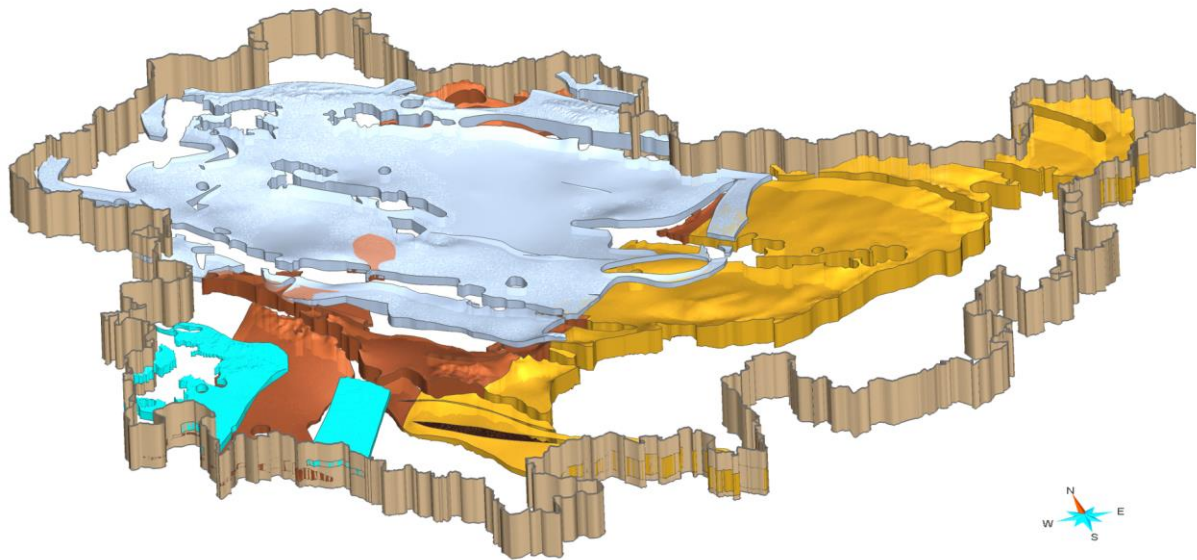


Validierung des Zwischenberichts Teilgebiete der Bundesgesellschaft für Endlagerung für die Gebietsanteile Thüringens



Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz

Abteilung 8 Geologie und Bergbau

Referat 81 Geologische Landesaufnahme, Geologisches Landesarchiv

Stand 07.06.2021

Zusammenfassung

Die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) hat als Vorhabenträgerin für das Verfahren zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle den Zwischenbericht gemäß § 13 Abs. 2 S. 3 StandAG am 28.09.2020 veröffentlicht. In dem Bericht werden die Ergebnisse zur Ermittlung von Teilgebieten dargestellt, die im weiteren Standortauswahlverfahren als Suchraum verbleiben.

Im Zwischenbericht Teilgebiete der BGE werden vier Teilgebiete ausgewiesen, die zum Teil in Thüringen liegen: für zwei der Teilgebiete werden Kristallingesteine als Wirtsgestein in Betracht gezogen, für zwei Teilgebiete Steinsalz in stratiformer Lagerung.

Das Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz (TLUBN) wurde vom Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz (TMUEN) am 13.10.2020 mit der Validierung des Zwischenberichts der BGE im Hinblick auf die für Thüringen relevanten Teilgebiete beauftragt. Nach erster Durchsicht und Stellungnahme durch das TLUBN im Januar 2021 stellt der vorliegende Bericht die Ergebnisse der umfassenden fachlichen Prüfung des Zwischenberichts durch den Geologischen Dienst Thüringen dar.

Die Anwendung der im Standortauswahlverfahren festgelegten Kriterien und Anforderungen zur Ausweisung von Teilgebieten in Thüringen werden vom TLUBN zusammenfassend folgendermaßen bewertet:

Anwendung der Ausschlusskriterien gemäß § 22 StandAG

Grundsätzlich erscheint dem TLUBN die von der BGE angewendete Verfahrensweise des „vorsichtigen“ Ausschlusses sowie die stark schematisierte Anwendung der Ausschlusskriterien zum jetzigen Verfahrenszeitpunkt und in Anbetracht der derzeitigen Datengrundlage nachvollziehbar und plausibel. In nachfolgenden Phasen des Standortauswahlverfahrens wird es allerdings zwingend erforderlich sein, unter Berücksichtigung neuer Kenntnisstände aus Wissenschaft, Forschung und zusätzlicher Datenerhebung:

- die Kriterien Großräumige Vertikalbewegungen, Aktive Störungszonen und Vulkanische Aktivität erneut anzuwenden.
- Sicherheitsabstände um aktive tektonische Störungszonen und atektonische Vorgänge (1.000 m), Bohrungen (25 m) und vulkanische Eruptionszentren (10 km) sowie den Einwirkungsbereich bergbaulicher Aktivität zu überprüfen und ggf. zu vergrößern.
- das Kriterium Seismische Aktivität auf Basis der weiterentwickelten DIN und unter Einbeziehung bergbauinduzierter Erdbeben zu bewerten.

Bei der Anwendung des Ausschlusskriteriums Aktive Störungszonen sind der BGE methodische Fehler unterlaufen, die im Wesentlichen auf Schwierigkeiten beruhen, die dreidimensionale Ausdehnung der Ausschlussflächen zweidimensional darzustellen oder die Ausschlussflächen um Bohrungen sauber in die Teilgebiete einzuarbeiten. Dies ist technisch ohne erneute Anwendung des jeweiligen Kriteriums lösbar. Auch bestehende Unklarheiten zu einzelnen ausgeschlossenen Flächen lassen sich vermutlich einfach klären und nachbessern.

Wesentliche Kritik des TLUBN besteht in der Anwendung des Kriteriums Aktive Störungszonen – atektonische Vorgänge in Thüringen, da hierfür übermittelte Daten durch die BGE nicht berücksichtigt, pauschal aussortiert und nicht miteinander in Beziehung gesetzt werden. Hier empfiehlt das TLUBN die erneute Anwendung des Kriteriums.

Anwendung der Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG für Teilgebiete mit Wirtsgestein Steinsalz in stratiformer Lagerung

Die BGE verwendet zur Anwendung der Mindestanforderungen bevorzugt ungeeignete Daten und ignoriert wichtige Daten. Die Auswertungen stützen sich zum größten Teil ohne weitere fachliche Prüfung auf die Informationen aus Isopachenkarten, die entweder veraltet oder in einem viel zu kleinen Maßstab dargestellt sind. Informationen aus Karten, deren Bearbeitungen bis zu fünf Jahrzehnte auseinanderliegen, werden von der BGE ohne nachvollziehbare Vorgehensweise oder Begründung selektiv zusammengetragen und trotz ihrer unterschiedlichen Kenntnisstände zur räumlichen Eingrenzung gemeinsam verwendet. Demgegenüber findet eine Berücksichtigung von Bohrdaten kaum statt, die nach Auffassung des TLUBN aber die „härtesten“ Daten sind und den aktuellsten digital verfügbaren Wissensstand widerspiegeln.

Das gewählte Interpolationsverfahren über die händische Konstruktion von Mächtigkeitspolygonen auf Grundlage der Isopachenkarten hat sehr ungünstige geometrische Nebeneffekte, die zu geologisch unplausiblen Geometrien der ausgewiesenen Gebiete führen. Hier ist dem TLUBN nicht ersichtlich, warum die Mächtigkeiten aus den umfangreichen verfügbaren Primärdaten mithilfe geeigneter und einfach nachzuvollziehender Interpolationsverfahren nicht neu ermittelt worden sind. Zudem führt das Kumulieren von Steinsalzmächtigkeiten über den gesamten Zechstein hinweg dazu, dass weitflächig Gebiete ausgewiesen werden, in denen in größerem Umfang Gesteine vorkommen, die nicht als Wirtsgesteine zu betrachten sind.

Die Verbreitungen und Mächtigkeiten von Steinsalzen werden durch die gewählten Methoden künstlich in ihrer Größe überschätzt. Aus Sicht des TLUBN können die Gebiete mit erfüllten Mindestanforderungen im Wirtsgestein Steinsalz – und damit auch identifizierte Gebiete und Teilgebiete mit Steinsalz in stratiformer Lagerung in Thüringen – auf der Grundlage der umfangreichen übermittelten Daten und mit fachlich und technisch nachvollziehbaren Methoden von der BGE räumlich deutlich genauer eingegrenzt werden.

Das TLUBN empfiehlt aufgrund der festgestellten, z.T. erheblichen fachlichen und methodischen Fehler, die Mindestanforderungen im Wirtsgestein Steinsalz erneut anzuwenden und die identifizierten Gebiete und Teilgebiete zu überarbeiten.

Anwendung der Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG für Teilgebiete mit kristallinem Wirtsgestein

Durch das TLUBN gelieferte Datenbestände werden im Verlauf der Arbeiten von der BGE nur sehr unzureichend berücksichtigt. Die Karte „Geologischer Bau des tieferen Untergrundes“ des TLUBN, die einen guten Überblick über die zu erwartenden Verhältnisse im Grundgebirge liefert, wird ebenso wenig verwendet wie die Digitale Geologische Karte von Thüringen im Maßstab 1 : 25.000 (GK25) mit den darin enthaltenen geologischen Profilschnitten. Für das TLUBN ist nicht erkennbar, dass bei der Ausweisung der Teilgebiete im Wirtsgestein Kristallin auf dem Gebiet Thüringens Daten aus Bohrungen verwendet wurden. Insgesamt sind der BGE dadurch wesentliche Informationen als Basis für die Ausweisung der Teilgebiete entgangen. Bei richtiger Zuordnung der Kristallingesteine zur Mitteldeutschen Kristallinzonen entfällt der thüringische Anteil am Saxothuringikum vollständig.

Zur Ermittlung der Tiefenlage der Grundgebirgsoberfläche verwendet die BGE hauptsächlich die Modellfläche Basis Permosilesium aus dem 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens sowie die Karte „Tiefenlage des Grundgebirges“ von Reinhold (2005). Letztere ist für eine quantitative Auswertung der Tiefenlage des Grundgebirges in Thüringen nicht geeignet, da sie zu kleinmaßstäblich ist und geometrische Fehler aufweist. Die Abgrenzung regionaltektonischer Baueinheiten ist in der Karte von Reinhold

(2005) aufgrund des kleinen Maßstabs wenig detailliert und hätte ohne weitere Überprüfung und Anpassung an vorliegende Primärdaten nicht zur Abgrenzung von Teilgebieten übernommen werden dürfen. Bei der Ermittlung des Abstands zwischen der Tiefenlage des Grundgebirges und der Geländeoberfläche auf Basis der Konturlinien der Karte von Reinhold (2005) wählt die BGE einen Ansatz, der nach Analyse des TLUBN zu stark fehlerhaften Ergebnissen führt. Außerdem wurde zur Ermittlung des Abstands zwischen Grundgebirgs- und Geländeoberfläche die Basisfläche Permosilesium gemeinsam mit der Karte von Reinhold (2005) verwendet, obwohl die beiden Datensätze geometrisch nicht zusammenpassen. Einige Teilgebietsgrenzen sind als Artefakte anzusehen, da sie unmittelbar auf der Inkonsistenz der beiden Datensätze beruhen.

Die fachliche Begründung für einen Sicherheitsabstand von 200 m im Wirtsgestein Kristallin für die Errichtung eines Endlagers ist nicht ersichtlich. Legt man dennoch den von der BGE definierten Sicherheitsabstand zugrunde, wurde der horizontale Sicherheitsabstand für die Ausweisung von Teilgebieten im Wirtsgestein Kristallin nicht berücksichtigt. In Folge wurden Flächen ausgewiesen, deren Flächeninhalt für die Anlage eines Endlagers zu klein ist.

Der Workflow der BGE weist nur wenig Bezug zur vorangestellten Inventarisierung von lithostratigraphischen Einheiten im Wirtsgestein Kristallin auf.

Das TLUBN empfiehlt daher eine grundlegende Überarbeitung der identifizierten Gebiete und Teilgebiete im Wirtsgestein Kristallin. Hierbei sollten die Mindestanforderungen unter Berücksichtigung aller vorliegenden Daten noch einmal angewendet werden.

Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG

Die erstmalige Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Schritt 1 der Phase 1 stützt sich nach Auffassung des TLUBN auf keine ausreichend solide Datenbasis. Die überwiegend zur Bewertung genutzten Referenzdaten können zur räumlichen Einengung des Suchraums kaum beitragen. Gebietsspezifische Informationen liegen im Wesentlichen nur aus der vorherigen Anwendung der Mindestanforderungen vor. Weitere Informationen aus vorhandenen, analogen Datenbeständen sind im Bearbeitungszeitraum nicht durch die BGE erhoben worden. In den identifizierten Gebieten Thüringens ist die tatsächliche räumliche Verbreitung der Wirtsgesteine bereits bei der Anwendung der Mindestanforderungen deutlich überschätzt worden, wodurch die Bewertungen von Indikatoren und Kriterien mit räumlichem Bezug große Unsicherheiten aufweisen.

Die von der BGE durchgeführte Bewertung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien ist für identifizierte Gebiete mit kristallinem Wirtsgestein in Thüringen widersprüchlich und muss daher mit eingehender Begründung klargestellt werden. Die geologische Gesamtsituation ist für diese identifizierten Gebiete ggf. neu zu bewerten. Im Falle identifizierter Gebiete mit Steinsalz in stratiformer Lagerung wurde das Kriterium 3 trotz korrekter verbal-argumentativer Begründung falsch bewertet. Bei korrekter, d.h. ungünstiger Bewertung des Kriteriums 3 lässt sich insgesamt keine günstige geologische Gesamtsituation für die beiden identifizierten Gebiete ableiten. Sie sind somit gemäß der jetzigen Verfahrensweise der BGE nicht als Teilgebiete auszuweisen.

Grundsätzlich erscheint es dem TLUBN zweifelhaft, ob auf der derzeit vorhandenen Grundlage wenig belastbarer Referenzdaten und einiger, wenig gebietsspezifischer Daten die großräumigen identifizierten Gebiete mit Steinsalzen in stratiformer Lagerung, Tongestein und Kristallin hinsichtlich ihrer geologischen Gesamtsituation insgesamt, d.h. ohne weitere räumliche Differenzierung bewertet werden können. Letztendlich wird durch die Bewertung der geologischen Gesamtsituation aber bereits jetzt durch die BGE entschieden, ob die Gebiete aus dem Suchraum herausgenommen werden – wie z.B. zahlreiche Salzstöcke – oder als Teilgebiete im Suchraum verbleiben. Damit ist ein erhöhtes Risiko gegeben, eigentlich günstige Gebiete vorzeitig auszuschließen.

Die Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Rahmen der derzeit noch unsicheren Datenlage, des unvollständigen Aufarbeitungsstandes entsprechender gebietsspezifischer Daten sowie vor dem Hintergrund der deutlich überschätzten Größen identifizierter Gebiete erweist sich nach Auffassung des TLUBN als noch nicht praktikabel durchführbar.

Das TLUBN empfiehlt daher zunächst einen Rücksprung im Verfahren hin zum Arbeitsschritt der erneuten Anwendung der Mindestanforderungen. In diesem Zuge können identifizierte Gebiete zunächst räumlich genauer eingegrenzt werden. Indem noch weitere gebietsspezifische Informationen recherchiert, aufgearbeitet und zur Bewertung herangezogen werden, könnten mit der nochmaligen Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien weitaus genauere und belastbarere Ergebnisse zur Ausweisung der Teilgebiete erzielt werden.

ZUSAMMENFASSUNG	1
1 EINLEITUNG	12
1.1 VERANLASSUNG	12
1.2 AUFBAU DES BERICHTS	13
2 TEILGEBIETE IN THÜRINGEN	13
2.1 TEILGEBIET 009_00TG_194_00IG_K_G_SO (KRISTALLINES WIRTSGESTEIN – SAXOTHURINGIKUM)	13
2.2 TEILGEBIET 010_00TG_193_00IG_K_G_MKZ (KRISTALLINES WIRTSGESTEIN – MITTELDEUTSCHE KRISTALLINZONE)	14
2.3 TEILGEBIET 078_02TG_197_02IG_S_F_Z (STEINSALZ IN STRATIFORMER LAGERUNG – THÜRINGER BECKEN)	15
2.4 TEILGEBIET 078_03TG_197_03IG_S_F_Z (STEINSALZ IN STRATIFORMER LAGERUNG – WERRA-FULDA-BECKEN)	16
3 ANWENDUNG DER AUSSCHLUSSKRITERIEN GEMÄß § 22 STANDAG	17
3.1 GROßRÄUMIGE VERTIKALBEWEGUNGEN	17
3.2 AKTIVE STÖRUNGSZONEN	18
3.2.1 Tektonische Störungszonen	18
3.2.2 Atektionische Vorgänge	19
3.3 EINFLÜSSE AUS GEGENWÄRTIGER ODER FRÜHERER BERGBAULICHER TÄTIGKEIT	19
3.3.1 Bohrungen	20
3.3.2 Bergwerke	20
3.4 SEISMISCHE AKTIVITÄT	22
3.5 VULKANISCHE AKTIVITÄT	22
3.6 GRUNDWASSERALTER	23
3.7 VALIDIERUNG DER ANWENDUNG DER AUSSCHLUSSKRITERIEN	23
3.7.1 Validierung der Anwendung der Ausschlusskriterien in Phase 1 des Standortauswahlverfahrens ..	23
3.7.2 Validierung der Anwendung der Ausschlusskriterien für die Thüringer Landesfläche	24
3.7.2.1 Methodische Fehler in der Anwendung des Kriteriums Aktive Störungszonen – tektonische Störungszonen in Thüringen	24
3.7.2.2 Methodische Fehler in der Anwendung des Kriteriums Aktive Störungszonen – atektonische Vorgänge in Thüringen	26
3.7.2.3 Methodische Fehler in der Anwendung des Kriteriums Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit - Bohrungen in Thüringen	27
3.7.2.4 Zusammenfassung zur Validierung der Anwendung der Ausschlusskriterien in Thüringen	28
4 ANWENDUNG DER MINDESTANFORDERUNGEN GEMÄß § 23 STANDAG	28
4.1 BEGRIFFSBESTIMMUNGEN UND VORBEREITENDE ARBEITEN	29
4.1.1 Definition der Wirtsgesteine nach BGE	29
4.1.1.1 Definition Steinsalz nach BGE	29
4.1.1.2 Definition Tongestein nach BGE	29
4.1.1.3 Definition Kristallingestein nach BGE Bericht Mindestanforderungen	29
4.1.2 Identifizierte Gebiete	29
4.1.3 Inventarisierungstabellen	29
4.1.3.1 Geeignete lithostratigraphische Einheiten für das Wirtsgestein Steinsalz	30
4.1.3.2 Geeignete lithostratigraphische Einheiten für das Wirtsgestein Tonstein	30
4.1.3.3 Geeignete lithostratigraphische Einheiten für das Wirtsgestein Kristallin	30
4.1.4 Bundeslandspezifische und länderübergreifende Bearbeitung	30
4.2 BERICHTSFORM DER BGE UND NACHVOLLZIEHBARKEIT DER ARBEITSSCHRITTE	31
4.3 BEARBEITUNG DER MINDESTANFORDERUNGEN IM WIRTSGESTEIN STEINSALZ	33
4.3.1 Datengrundlage für die Bearbeitung im Wirtsgestein Steinsalz	33
4.3.1.1 Datenlieferungen durch das TLUBN	33
4.3.1.2 Daten nach Eigenrecherche der BGE	35
4.3.2 Vorgehen der BGE bei der Ausweisung der Teilgebiete im Wirtsgestein Steinsalz	35
4.3.2.1 Bundeslandspezifischer Teil	36
4.3.2.1.1 Bearbeitung im Thüringer Becken	36
4.3.2.1.1.1 Bearbeitung im 3D-Modell	36

4.3.2.1.1.2	2D-Bearbeitung – Isopachenkarten.....	38
4.3.2.1.1.3	2D-Bearbeitung – Bohrungen.....	42
4.3.2.1.2	Bearbeitung in Südthüringen.....	45
4.3.2.2	Bundeslandübergreifende Bearbeitung	45
4.3.3	Erfüllung der Mindestanforderungen für das Wirtsgestein Steinsalz nach Darstellung der BGE....	48
4.4	VALIDIERUNG DER ANWENDUNG DER MINDESTANFORDERUNGEN IM WIRTSGESTEIN STEINSALZ	49
4.4.1	Kumulieren der Steinsalzmächtigkeiten über den kompletten Zechstein.....	49
4.4.2	Gemeinsame Verwendung von Karten unterschiedlicher Alter, Maßstäbe, Zielstellungen, Bearbeiter und Bearbeitungsstände	51
4.4.3	Primäre Verwendung von veralteten Informationen aus Isopachenkarten anstelle von Bohrungen.....	54
4.4.4	Geometrische Konsequenzen des Kumulierens der Mächtigkeit auf Grundlage der Isopachenkarten	56
4.4.5	Unkritische Verwendung der Karten von Seidel (2013) und fehlerhafte Beschreibung des Vorgehens.....	58
4.4.6	Mangelnder Bezug zu den Inventarisierungstabellen	61
4.4.7	Verwendung von ungenauen und falschen Begriffen für die Definition des Wirtsgesteins Steinsalz, Literaturangabe nicht adäquat	62
4.4.8	Bohrungen wurden nur berücksichtigt, wenn sie zur Gebietsvergrößerung führten	65
4.4.9	Verschnittreste, die die Anforderung an den minimalen Flächenbedarf nicht erfüllen	68
4.4.10	Artefakte aus Rechenoperationen, die keine inhaltliche Bedeutung haben	69
4.4.11	Erfüllung der Mindestanforderungen für das Wirtsgestein Steinsalz nach den Ergebnissen der Validierung durch das TLUBN.....	71
4.4.12	Zusammenfassung zur Validierung der Anwendung der Mindestanforderungen im Wirtsgestein Steinsalz in Thüringen	73
4.5	BEARBEITUNG DER MINDESTANFORDERUNGEN IM WIRTSGESTEIN KRISTALLIN	74
4.5.1	Datengrundlage für die Bearbeitung im Wirtsgestein Kristallin	74
4.5.1.1	Datenlieferungen durch das TLUBN	74
4.5.1.2	Daten aus Lieferungen der BGR sowie nach Eigenrecherche der BGE	76
4.5.2	Vorgehen der BGE bei der Ausweisung der Teilgebiete im Wirtsgestein Kristallin.....	77
4.5.2.1	Bundeslandspezifischer Teil	78
4.5.2.2	Bundeslandübergreifender Teil	81
4.5.2.2.1	Bearbeitung der Reinhold-Karte und Zusammenführung mit dem Ergebnis der bundeslandspezifischen Bearbeitung	81
4.5.2.2.2	Aufbereitung von Bohrdaten und thematischen Karten	86
4.5.2.2.3	Regionale Anwendung des § 23 Abs. 1 StandAG	87
4.5.3	Erfüllung der Mindestanforderungen für das Wirtsgestein Kristallin nach Darstellung der BGE....	90
4.6	VALIDIERUNG DER ANWENDUNG DER MINDESTANFORDERUNGEN IM WIRTSGESTEIN KRISTALLIN	91
4.6.1	Unvollständige Verwendung der Daten aus dem 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens.....	91
4.6.2	Keine Berücksichtigung der vom TLUBN gelieferten Bohrdaten und Karten	92
4.6.3	Unkritische Verwendung der Reinhold-Karte, falsches Vorgehen bei der Bestimmung der Tiefenlage bzgl. Geländeoberfläche.....	98
4.6.4	Gemeinsame Verwendung von Datengrundlagen, die geometrisch nicht zueinander passen	105
4.6.5	Mangelnder Bezug zu den Inventarisierungstabellen	108
4.6.6	Verschnittreste, die weder die Anforderung an den minimalen Flächenbedarf noch an den geforderten Sicherheitsabstand erfüllen.....	109
4.6.7	Fehlende fachliche Begründung für einen allseitigen Sicherheitsabstand von 200 m im Wirtsgestein Kristallin	111
4.6.8	Berichtsform in „Anhang 18 Länderübergreifendes Modellierprotokoll zu kristallinem Wirtsgestein“ (BGE 2020j S. 360 ff.).....	112
4.6.9	Erfüllung der Mindestanforderungen für das Wirtsgestein Kristallin nach den Ergebnissen der Validierung durch das TLUBN.....	113
4.6.10	Zusammenfassung zur Validierung der Mindestanforderungen im Wirtsgestein Kristallin	115
4.7	ANWENDUNG DER MINDESTANFORDERUNGEN IM WIRTSGESTEIN TONGESTEIN	116

5	ANWENDUNG DER GEOWISSENSCHAFTLICHEN ABWÄGUNGSKRITERIEN GEMÄß § 24 STANDAG	117
5.1	DATENGRUNDLAGE UND METHODIK.....	117
5.2	ERGEBNIS DER ANWENDUNG DER GEOWISSENSCHAFTLICHEN ABWÄGUNGSKRITERIEN IN IDENTIFIZIERTEN GEBIETEN THÜRINGENS.....	119
5.2.1	<i>Identifizierte Gebiete Thüringens mit kristallinem Wirtsgestein</i>	<i>119</i>
5.2.2	<i>Identifizierte Gebiete Thüringens mit Steinsalz in stratiformer Lagerung.....</i>	<i>120</i>
5.3	VALIDIERUNG DER ANWENDUNG DER GEOWISSENSCHAFTLICHEN ABWÄGUNGSKRITERIEN	122
5.3.1	<i>Validierung der Datengrundlage und Methodik.....</i>	<i>122</i>
5.3.2	<i>Validierung der Anwendung in identifizierten Gebieten Thüringens mit kristallinem Wirtsgestein</i>	<i>122</i>
5.3.3	<i>Validierung der Anwendung in identifizierten Gebieten Thüringens mit Steinsalz in stratiformer Lagerung.....</i>	<i>123</i>
5.4	ZUSAMMENFASSUNG ZUR VALIDIERUNG DER ANWENDUNG DER ABWÄGUNGSKRITERIEN IN THÜRINGEN	124
	LITERATURVERZEICHNIS	125
	ANHANG	128
	ANHANG A: BETROFFENE GEMEINDEN: TEILGEBIET 009_00TG_194_00IG_K_G_SO (KRISTALLINES WIRTSGESTEIN – SAXOTHURINGIKUM)	128
	ANHANG B: BETROFFENE GEMEINDEN: TEILGEBIET 010_00TG_193_00IG_K_G_MKZ (KRISTALLINES WIRTSGESTEIN – MITTELDEUTSCHE KRISTALLINZONE)	134
	ANHANG C: BETROFFENE GEMEINDEN: TEILGEBIET 078_02TG_197_02IG_S_F_Z (STEINSALZ IN STRATIFORMER LAGERUNG LAGERUNG – THÜRINGER BECKEN).....	137
	ANHANG D: BETROFFENE GEMEINDEN: TEILGEBIET 078_03TG_197_03IG_S_F_Z (STEINSALZ IN STRATIFORMER LAGERUNG – WERRA-FULDA-BECKEN)	143
	ANHANG E: ZUSAMMENSTELLUNG UND KATEGORISIERUNG NACH GEOLDG §§ 17 + 29 FÜR DATEN, DIE VOM TLUBN (R81) IM ZUGE DES STANDAG § 12 (3) DER BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG (BGE) BIS ZUM 30.06.2020 ÜBERMITTELT WURDEN	144

ABB. 1: LAGE DES TEILGEBIETS 009_00TG_194_00IG_K_G_SO (KRISTALLINES WIRTSGESTEIN – SAXOTHURINGIKUM) IN THÜRINGEN.....	14
ABB. 2: LAGE DES TEILGEBIETS 010_00TG_193_00IG_K_G_MKZ (KRISTALLINES WIRTSGESTEIN – MITTELDEUTSCHE KRISTALLINZONE) IN THÜRINGEN.	15
ABB. 3: LAGE DES TEILGEBIETS 078_02TG_197_02IG_S_F_Z (STEINSALZ IN STRATIFORMER LAGERUNG – THÜRINGER BECKEN) IN THÜRINGEN.	16
ABB. 4: LAGE DES TEILGEBIETS 078_03TG_197_03IG_S_F_Z (STEINSALZ IN STRATIFORMER LAGERUNG – WERRA-FULDA-BECKEN) IN THÜRINGEN.	17
ABB. 5: GRAPHISCHE DARSTELLUNG ZUR ERMITTLUNG DER GRÖßTEN LATERALEN ERSTRECKUNG EINES BERGWERKES (BGE 2020G, S. 65).....	21
ABB. 6: SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DER AUSWEISUNG DES BEEINFLUSSUNGSBEREICHS UM DIE GRÖßTE LATERALE ERSTRECKUNG DES BERGWERKES ANHAND DER TEUFE UND DES GRENZWINKELS (BGE 2020G, S. 66).	21
ABB. 7: BESTIMMUNG DES SICHERHEITSABSTANDES UM AKTIVE STÖRUNGSZONEN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DES TIEFENVERLAUFS DER STÖRUNG (LINKS) BZW. DURCH VERTIKALE PROJEKTION DER STÖRUNGSSPUR AN DER GELÄNDEOBERFLÄCHE (RECHTS) (ERSTELLUNG TLUBN).	25
ABB. 8: AUSSCHLUSSFLÄCHEN IM RAUM ARNSTADT. GRÜNE STÖRUNGSLINIEN STAMMEN AUS DER GÜK 200 THÜRINGEN ODER BGR (2019). IN DER NÖRDLICH ARNSTADT GELEGENEN AUSSCHLUSSFLÄCHE SIND KEINE STÖRUNGEN ERFASST.....	26
ABB. 9: IN DER GEOLOGISCHEN ÜBERSICHTSKARTE VON THÜRINGEN DARGESTELLTE SUBROSIONSENKEN (DOPPELT GESTRICHELT) IM VERGLEICH ZUR LAGE DES TEILGEBIETS 078_03TG_197_03IG_S_F_Z (HELLBLAU).....	27
ABB. 10: AUSSCHNITT DES TEILGEBIETES 009_00TG_194_00IG_K_G_SO (HELLROT) IM RAUM GERA UND LAGE DER AN DIE BGE ÜBERMITTELTE BOHRUNGEN (ROT) MIT ENDEUFEN ≥ 300 M (ERSTELLUNG TLUBN).....	28
ABB. 11: EINGRENZUNG DES SUCHRAUMS ANHAND DES 3D-ÜBERSICHTSMODELLS IM ZECHSTEIN DES THÜRINGER BECKENS (PRINZIPDARSTELLUNG).....	37
ABB. 12: ERSTELLUNG EINES POLYGONS, WELCHES DIE VERBREITUNG VON GESTEINEN DES ZECHSTEINS MIT AUSREICHENDER MÄCHTIGKEIT UND PASSENDER TIEFENLAGE AUSWEIST.	38
ABB. 13: HERSTELLUNG EINER FLÄCHENHAFTEN MÄCHTIGKEITSINFORMATION AUS ISOPACHENKARTEN NACH DEM VERFAHREN DER BGE.	40
ABB. 14: AUFADDIEREN DER (ÜBER DIE POLYGONE DEFINIERTEN) MÄCHTIGKEITEN FÜR DAS WERRA-, STAßFURT-, LEINE- UND ALLER-STEINSALZ ZU EINER GESAMTMÄCHTIGKEIT DES STEINSALZES IM ZECHSTEIN (PRINZIPDARSTELLUNG).	41
ABB. 15: ABLEITUNG DER KUMULIERTEN SALZMÄCHTIGKEITEN ≥ 100 M AUS EINER ÜBERLAGERUNG DER MÄCHTIGKEITSPOLYGONE VON ZWEI KARTEN (PRINZIPDARSTELLUNG).	41
ABB. 16: ERSTELLUNG EINES POLYGONS, WELCHES DIE VERBREITUNG VON STEINSALZEN IM ZECHSTEIN AUSWEIST.	42
ABB. 17: IDENTIFIZIERTES GEBIET „197_02IG_S_F_Z“ IM THÜRINGER BECKEN (ABBILDUNG AUS BGE 2020J, S. 201).....	46
ABB. 18: IDENTIFIZIERTES GEBIET „197_03IG_S_F_Z“ IN SÜDTHÜRINGEN (ABBILDUNG AUS BGE 2020J, S. 202).	47
ABB. 19: IM TLUBN ANGEFERTIGTE DREIDIMENSIONALE DARSTELLUNG DES TEILGEBIETS THÜRINGER BECKEN, DETAILANSICHT IM RAUM MÜHLHAUSEN, ZUSAMMEN MIT BOHRUNGEN IN DIESEM BEREICH.	50
ABB. 20: STRATIGRAPHISCHES PROFIL DES ZECHSTEINS IM THÜRINGER BECKEN (NACH TLUBN, ARBEITSSTAND APRIL 2021).	51
ABB. 21: VERGLEICH DER AUSGEWIESENEN MÄCHTIGKEIT UND VERBREITUNG DES WERRA-SALINARS IM THÜRINGER BECKEN ZWISCHEN DER KARTE VON SEIDEL (2013) UND DER KARTE AUS DEM BERICHT „NEUEINSCHÄTZUNG DER ERDÖL-ERDGAS-PERSPEKTIVITÄT DES STAATSGEBIETS DER DDR 1985 – ZWISCHENBERICHT“ (1984).	53
ABB. 22: AUSSCHNITT AUS DER VON DER BGE VERWENDETE ISOPACHENKARTE DES STAßFURT-STEINSALZES AUS DEM „ERGEBNISBERICHT ÜBER DIE KALISALZFÜHRUNG DES ZECHSTEINS IM SÜDTEIL DER DDR MIT BERECHNUNG PROGNOTISCHER VORRÄTE“ (1963) IM RAUM MÜHLHAUSEN.....	55
ABB. 23: ANALYSE DER GEOMETRIE DES „LOCHES“ IM TEILGEBIET THÜRINGER BECKEN NORDWESTLICH VON MÜHLHAUSEN.....	57
ABB. 24: DETAIL-AUSSCHNITT DES SÜDWESTLICHEN RANDBEREICHS DES TEILGEBIETS WERRA-FULDA-BECKEN IM RAUM GEISA, ZUSAMMEN MIT DER ISOPACHENKARTE DES WERRA-STEINSALZES AUS DEM „ERGEBNISBERICHT ÜBER DIE KALISALZFÜHRUNG DES ZECHSTEINS IM SÜDTEIL DER DDR MIT BERECHNUNG PROGNOTISCHER VORRÄTE“ (1963).	58
ABB. 25: SCREENSHOT AUS BGE (2020L), TEIL 2, S. 193.	59
ABB. 26: ÜBERLAGERUNG DER MÄCHTIGKEITSKARTE DES WERRASTEINSALZES AUS SEIDEL (2013, ABB.4) MIT DER KARTE DES IDENTIFIZIERTEN GEBIETS DES ZECHSTEINS IM THÜRINGER BECKEN (GRAU HINTERLEGTE FLÄCHE).....	59
ABB. 27: AUSSCHNITT AUS DER MÄCHTIGKEITSKARTE DES WERRASTEINSALZES VON SEIDEL (2013, ABB. 4) ZUSAMMEN MIT DEM TEILGEBIET WERRA-FULDA-BECKEN IN SÜDTHÜRINGEN.	60
ABB. 28: MÄCHTIGKEITSKARTE DES WERRASTEINSALZES AUS SEIDEL (2013, ABB. 4), AUSSCHNITT FÜR SÜDTHÜRINGEN, MIT LEGENDE (IN PUBLIKATION UMSEITIG ANGEORDNET, UNTERSTREICHUNG DURCH TLUBN).	61

Abb. 29: SCREENSHOT AUS BGE (2020L), TEIL 1, S. 87, SOGENANNT „MASTER-INVENTARISIERUNGSTABELLE“ MIT POTENZIELLEN WIRTSGESTEINEN IN THÜRINGEN (DER SCREENSHOT ZEIGT FÜR EINE BESSERE DARSTELLUNG NUR SPALTE 1 BIS 5, DIE ZEILEN SIND VOLLSTÄNDIG).	62
Abb. 30: SCREENSHOT AUS BGE (2020J) S. 36 ZUR DEFINITION DES WIRTSGESTEINS STEINSALZ (FARBIGE UNTERSTREICHUNG UND NUMMERIERUNG DURCH TLUBN).....	63
Abb. 31: AUSZUG AUS DEM SYMBOLSCHLÜSSEL GEOLOGIE (LBEG 2015) ZUR VERSCHLÜSSELUNG UND BEGRIFFSDEFINITION VON SALZGESTEINEN.	63
Abb. 32: IM TLUBN ANGEFERTIGTE DREIDIMENSIONALE DARSTELLUNG DES TEILGEBIETS THÜRINGER BECKEN ZUSAMMEN MIT BOHRUNGEN.	67
Abb. 33: BOHRUNG ETTERSBERG 7/1963, ZUSAMMEN MIT EINEM DETAIL-AUSSCHNITT AUS DEM TEILGEBIET THÜRINGER BECKEN IM RAUM WEIMAR-SCHÖNDORF (DREIDIMENSIONALE DARSTELLUNG DES TEILGEBIETS ERSTELLT IM TLUBN).	68
Abb. 34: SCREENSHOT DER ONLINEKARTE ZUR PRÄSENTATION DER TEILGEBIETE AUF DER WEBSEITE DER BGE (BGE 2020GA), AUSSCHNITT AUS DEM TEILGEBIET WERRA-FULDA-BECKEN IM RAUM BORBELS-GEBLAR-OECHSEN.....	69
Abb. 35: ANALYSE DER FEHLSTELLEN IM TEILGEBIET THÜRINGER BECKEN.	71
Abb. 36: FLÄCHE „OK_G“ AUS DEM 3D-ÜBERSICHTSMODELL DES THÜRINGER BECKENS ALS DATENGRUNDLAGE FÜR DIE BUNDESLANDSPEZIFISCHE BEARBEITUNG IN THÜRINGEN.	79
Abb. 37: EINGRENZUNG DES SUCHRAUMS FÜR GESTEINE DES GRUNDGEBIRGES ANHAND DER MINDESTANFORDERUNGEN „TEUFE“ UND „MÄCHTIGKEIT“ MITHILFE DER OBERFLÄCHE DES GRUNDGEBIRGES UND DES DIGITALEN GELÄNDEMODELLS (DGM) (PRINZIPDARSTELLUNG).	80
Abb. 38: ABLEITUNG EINER VERBREITUNGSKARTE FÜR DIEJENIGEN ANTEILE DES GRUNDGEBIRGES, DIE DIE MINDESTANFORDERUNGEN „TEUFE“ UND „MÄCHTIGKEIT“ ERFÜLLEN (PRINZIPDARSTELLUNG).	80
Abb. 39: ÜBERBLICK ÜBER DAS ERGEBNIS DER BEARBEITUNG DER MINDESTANFORDERUNGEN ANHAND DES 3D-MODELLS IN SKUA-GOCAD IM WIRTSGESTEIN KRISTALLIN IN THÜRINGEN (Abb. 127 AUS BGE 2020L TEIL 2, S. 911).	81
Abb. 40: AUSSCHNITT AUS DER KARTE „TIEFENLAGE DES GRUNDGEBIRGES“ FÜR DEN BEREICH THÜRINGENS (MODIFIZIERT NACH REINHOLD 2005).	84
Abb. 41: ABLEITUNG VON KONTURLINIEN DER TIEFENLAGE DER GRUNDGEBIRGSOBERFLÄCHE AUS DER REINHOLD-KARTE FÜR DEN BEREICH THÜRINGENS (VEKTORISIERUNG DURCH TLUBN, LEGENDE ZUR KARTE SIEHE Abb. 40).	85
Abb. 42: VORGEHEN DER BGE BEI DER ERMITTLUNG VON BEREICHEN DES GRUNDGEBIRGES, DIE MAXIMAL 1.300 M UNTER GELÄNDE ANSTEHEN AUF BASIS DER KONTURLINIEN DER REINHOLD-KARTE UND EINES DIGITALEN GELÄNDEMODELLS (DGM) (PRINZIPDARSTELLUNG).	85
Abb. 43: ABLEITUNG VON POTENZIELL GEEIGNETEN GEBIETEN NACH TIEFENLAGE DER GRUNDGEBIRGSOBERFLÄCHE (ABBILDUNGEN AUS BGE (2020J), AUSSCHNITT JEWEILS FÜR THÜRINGEN).....	86
Abb. 44: ABBILDUNG A. 64 AUS BGE (2020J) S. 405 „ÜBERBLICK ÜBER DAS IDENTIFIZIERTE GEBIET 194_00IG_K_G_SO FÜR KRISTALLINES WIRTSGESTEIN DES SAXOTHURINGIKUM (SO)“.	89
Abb. 45: ABBILDUNG A. 63 AUS BGE (2020J) S. 404 „ÜBERBLICK ÜBER DAS IDENTIFIZIERTE GEBIET 193_00IG_K_G_MKZ FÜR KRISTALLINES WIRTSGESTEIN DER MITTELDEUTSCHEN KRISTALLINZONE (MKZ)“.	89
Abb. 46: ABLEITUNG DER OBERFLÄCHE DES GRUNDGEBIRGES IM THÜRINGER BECKEN AUS BASISFLÄCHEN DER HANGENDEN EINHEITEN (PRINZIPDARSTELLUNG).	91
Abb. 47: KONSTRUKTION DER OBERFLÄCHE DES GRUNDGEBIRGES AUF GRUNDLAGE DER BASISFLÄCHE PERMOSILESIIUM UND DER BASISFLÄCHE ZECHSTEIN AUS DEM 3D-ÜBERSICHTSMODELL DES THÜRINGER BECKENS.	92
Abb. 48: KARTE „GEOLOGISCHER BAU DES TIEFEREN UNTERGRUNDES“, VERÖFFENTLICHT AUF DEM INTERNET-KARTENDIENST DES TLUBN (HTTPS://ANTARES.THUERINGEN.DE/CADENZA/).	93
Abb. 49: DREIDIMENSIONALE DARSTELLUNG DES TEILGEBIETS SAXOTHURINGIKUM MIT ALLEN BOHRUNGEN, DIE DAS GRUNDGEBIRGE ERREICHEN. NUR ZWEI DER 153 BOHRUNGEN ERBOHREN GEEIGNETES KRISTALLINES WIRTSGESTEIN (ROT MARKIERT).	94
Abb. 50: AUSSCHNITT DER KARTE „TIEFENLAGE DES GRUNDGEBIRGES“ VON REINHOLD (2005) FÜR OSTTHÜRINGEN, ZUSAMMEN MIT DEM TEILGEBIET SAXOTHURINGIKUM (SCHRAFFIERTER BEREICH) UND DER LAGE DER GK25 BLATT 5236 NEUSTADT (ORLA) (PINKFARBEN).	95
Abb. 51: AUSWERTUNG DERJENIGEN BLÄTTER DER DIGITALEN GEOLOGISCHEN KARTE VON THÜRINGEN IM MAßSTAB 1 : 25.000 (GK25), DIE GANZ ODER TEILWEISE VOM TEILGEBIET SAXOTHURINGIKUM ÜBERDECKT WERDEN, NACH INFORMATIONEN ZUM AUFBAU DES GRUNDGEBIRGES DER ENTHALTENEN PROFILSCHNITTE.....	98
Abb. 52: DURCH DAS TLUBN ERSTELLTE DREIDIMENSIONALE DARSTELLUNG DER KARTE „TIEFENLAGE DES GRUNDGEBIRGES“ VON REINHOLD (2005) ANHAND DER ANGEgebenEN TIEFENINFORMATIONEN.	100

Abb. 53: PRINZIPDARSTELLUNG ZUR ILLUSTRATION VON ZWEI VARIANTEN ZUR ERMITTLUNG DES ABSTANDS ZWISCHEN GRUNDGEBIRGSOBERFLÄCHE UND GELÄNDEOBERFLÄCHE AUF BASIS DER KONTURLINIEN DER KARTE „TIEFENLAGE DES GRUNDGEBIRGES“ (REINHOLD 2005) UND DES DIGITALEN GELÄNDEMOMODELLS (DGM).	102
Abb. 54: VERGLEICH DES DIGITALEN GELÄNDEMOMODELLS (DGM) MIT DEN KONTURLINIEN AUS DER KARTE „TIEFENLAGE DES GRUNDGEBIRGES“ VON REINHOLD (2005).....	103
Abb. 55: KARTE „GEOLOGISCHER BAU DES TIEFEREN UNTERGRUNDES“ DES TLUBN (LEGENDE SIEHE Abb. 48), ZUSAMMEN MIT DEN GRENZEN DER REGIONALTEKTONISCHEN BAUEINHEITEN DER KARTE „TIEFENLAGE DES GRUNDGEBIRGES“ VON REINHOLD (2005) SOWIE DATEN, DIE IM BEREICH DES SAXOTHURINGIKUMS MIT GRENZZIEHUNG NACH REINHOLD THÜRINGER HAUPTGRANIT NACHWEISEN.	104
Abb. 56: VERTIKALER VERSATZ ZWISCHEN DER FLÄCHE BASIS PERMOSILESIIUM AUS DEM 3D-ÜBERSICHTSMODELL DES THÜRINGER BECKENS UND DEN KONTURLINIEN DER KARTE „TIEFENLAGE DES GRUNDGEBIRGES“ VON REINHOLD (2005). ...	106
Abb. 57: VERTIKALE VERSÄTZE ZWISCHEN DER FLÄCHE BASIS PERMOSILESIIUM AUS DEM 3D-ÜBERSICHTSMODELL DES THÜRINGER BECKENS UND DER KARTE „TIEFENLAGE DES GRUNDGEBIRGES“ VON REINHOLD (2005).	107
Abb. 58: VERTIKALE VERSÄTZE AUS INKONSISTENTEN EINGANGSDATEN BILDEN TEILGEBIETSGRENZEN.	108
Abb. 59: AUSSCHNITT DES TEILGEBIETS MITTELDEUTSCHE KRISTALLINZONE (BLAUE FLÄCHE) IM RAUM MIHLA-LAUTERBACH-BISCHOFRODA SÜDWESTLICH DES HAINICH.	110
Abb. 60: ENTFERNEN VON VERSCHNITTRESTEN, IN DENEN DER HORIZONTALE SICHERHEITSABSTAND VON 200 M UNTERSCHRITTEN WIRD, IM TEILGEBIET MITTELDEUTSCHE KRISTALLINZONE (AUSSCHNITT IM RAUM MIHLA-LAUTERBACH-BISCHOFRODA).	111
Abb. 61: ERGEBNIS DER GEOWISSENSCHAFTLICHEN ABWÄGUNGSKRITERIEN DES TEILGEBIETES 194_00IG_K_G_SO (KRISTALLINES WIRTSGESTEIN - SAXOTHURINGIKUM) UND 010_00TG_193_00IG_K_G_MKZ (KRISTALLINES WIRTSGESTEIN – MITTELDEUTSCHE KRISTALLINZONE), AUSZUG AUS BGE (2020G, S. 163 BZW. 166).	120
Abb. 62: ERGEBNIS DER GEOWISSENSCHAFTLICHEN ABWÄGUNGSKRITERIEN DES TEILGEBIETES 078_02TG_197_02IG_S_F_Z (STEINSALZ IN STRATIFORMER LAGERUNG – THÜRINGER BECKEN) UND 078_03TG_197_03IG_S_F_Z (STEINSALZ IN STRATIFORMER LAGERUNG - WERRA-FULDA-BECKEN), AUSZUG AUS BGE (2020G, S. 379 BZW. 382).	121

TAB. 1: ANZAHL UND FLÄCHE IDENTIFIZierter GEBIETE UND TEILGEBIETE.	12
TAB. 2: ÜBERSICHT DER VORGEMERKTEN BERGWERKE UND KAVERNEN IN THÜRINGEN FÜR DAS AUSSCHLUSSKRITERIUM „EINFLÜSSE AUS GEGENWÄRTIGER ODER FRÜHERER BERGBAULICHER TÄTIGKEIT – BERGWERKE“ (NACH BGE 2020H, S. 116).	22
TAB. 3: AUFSTELLUNG DERJENIGEN DOKUMENTE, DEREN STUDIUM FÜR EIN VERSTÄNDNIS DES VORGEHENS ZUR ANWENDUNG DER MINDESTANFORDERUNGEN ERFORDERLICH IST.	31
TAB. 4: ZUSAMMENSTELLUNG DER VOM TLUBN AN DIE BGE GELIEFERTEN KARTENDARSTELLUNGEN MIT TIEFENLAGEN, MÄCHTIGKEITEN UND AUSLAUGUNGSGRENZEN VON SALZGESTEINEN IM ZECHSTEIN UND BUNTSANDSTEIN.	34
TAB. 5: DIGITALES SCHICHTENVERZEICHNIS DER BOHRUNG KAL KEHMSTEDT 114/1989.	43
TAB. 6: DIGITALES SCHICHTENVERZEICHNIS DER BOHRUNG KAL BERKA 1/1961.	44
TAB. 7: BEARBEITUNGSJAHR UND MAßSTAB DER VON DER BGE FÜR DIE ERMITTLUNG DER TEILGEBIETE THÜRINGER BECKEN UND WERRA-FULDA-BECKEN VERWENDEten ISOPACHENKARTEN.	52
TAB. 8: ZUSAMMENSTELLUNG DER VOM TLUBN AN DIE BGE GELIEFERTEN KARTENDARSTELLUNGEN MIT RELEVANTEN INHALTEN FÜR DIE BEARBEITUNG DES KRISTALLINS IN THÜRINGEN.	75
TAB. 9: AUFSCHLÜSSELUNG DER KARTENBLÄTTER DER GK25, DIE GANZ ODER TEILWEISE VOM TEILGEBIET SAXOTHURINGIKUM ÜBERDECKT WERDEN, NACH ENTHALTENDEN PROFILSCHNITTEN UND DEM DARAUf DARGESTELLTEN GRUNDGEBIRGE.	96
TAB. 10: BEISPIELE FÜR TEXTPASSAGEN AUS ANHANG 18 IN BGE (2020I), IN DENEN FÜR DIE ÖFFENTLICHE PRÄSENTATION DER ERGEBNISSE IRRELEVANTE DETAILS AUSFÜHRLICH DARGELEGT WERDEN.	113
TAB. 11: ÜBERSICHT DER VERWENDUNG VON REFERENZDATEN (R, ROT MARKIERT) UND GEBIETSSPEZIFISCHEN INFORMATIONEN (G, GRÜN MARKIERT) JE GEOWISSENSCHAFTLICHES ABWÄGUNgSKRITERIUM UND WIRTSGESTEINSKONFIGURATION (NACH BGE 2020G, S. 119 F.)	118

1 Einleitung

1.1 Veranlassung

Die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) hat als Vorhabenträgerin für das Verfahren zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle den Zwischenbericht gemäß § 13 Abs. 2 S. 3 StandAG am 28.09.2020 veröffentlicht. In dem Bericht werden die Ergebnisse zur Ermittlung von Teilgebieten dargestellt, die im weiteren Standortauswahlverfahren als Suchraum verbleiben.

In dem gestuften Verfahren zur Ermittlung der Teilgebiete wurden zunächst Ausschlusskriterien gemäß § 22 StandAG und Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG angewendet. Hierdurch wurden Gebiete identifiziert, in denen kein Ausschlusskriterium greift und die grundsätzlich die Mindestanforderungen erfüllen. Daraufhin wurden unter Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG aus den identifizierten Gebieten Teilgebiete ermittelt, die grundsätzlich eine günstige geologische Gesamtsituation für die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle erwarten lassen.

Für die Endlagerung zieht die BGE die Wirtsgesteine Steinsalz in steiler oder stratiformer Lagerung, Tongestein und Kristallingestein in Betracht. Das angewendete Verfahren führt zu einer Anzahl von insgesamt 181 identifizierten Gebieten mit einer Gesamtfläche von 248.470 km². Die Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien führt zu einer Reduzierung auf 90 Teilgebiete mit einer Fläche von ca. 240.874 km² (Tab. 1). Unter Berücksichtigung der teilweisen Überlagerung einiger Teilgebiete ergibt sich eine Gesamtfläche von ca. 194.157 km², was einem Anteil von ca. 54 % der Fläche der Bundesrepublik entspricht. Bei der Ermittlung von Teilgebieten konnten nach Auffassung der BGE alle Gebiete in Deutschland in der notwendigen Tiefe mit den vorhandenen geologischen Daten bewertet werden.

Tab. 1: Anzahl und Fläche identifizierter Gebiete und Teilgebiete.

Wirtsgestein	Anzahl identifizierte Gebiete	Fläche identifizierte Gebiete [km ²]	Anzahl Teilgebiete	Fläche Teilgebiete [km ²]
Tongestein	12	131.094	9	129.639
Steinsalz (stratiforme Lagerung)	23	32.104	14	28.415
Steinsalz (steile Lagerung)	139	4.486	60	2.034
Kristallines Wirtsgestein	7	80.786	7	80.786
Summe	181	248.470	90	240.874

Die Datengrundlage der BGE zur Ermittlung der Teilgebiete stützt sich im Wesentlichen auf geologische Daten, die der BGE von den zuständigen Landesbehörden gemäß § 12 Abs. 3 S. 2 StandAG übermittelt wurden. Der Geologische Dienst Thüringen (TLUBN Abt. 8) hat seit August 2017 der BGE umfangreiche geologische Daten übergeben, die separat zur Anwendung der Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und Abwägungskriterien von der BGE abgefragt wurden. Darüber hinaus stand der Geologische Dienst Thüringen als Ansprechpartner für Rückfragen der BGE zu den gelieferten Daten zur Verfügung.

Der vorliegende Bericht wurde auf Veranlassung des Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz erstellt, das mit Schreiben vom 13.10.2020 das TLUBN mit der Validierung des Zwischenberichts der BGE im Hinblick auf die für Thüringen relevanten Teilgebiete beauftragt. Im Hinblick auf

die für das erste Halbjahr 2021 festgelegten drei Termine zur öffentlichen Diskussion des Zwischenberichts im Rahmen der Fachkonferenz Teilgebiete stellt der Bericht nach erster Durchsicht und Stellungnahme durch das TLUBN im Januar 2021 die Ergebnisse der umfassenden fachlichen Prüfung des Zwischenberichts durch den Geologischen Dienst Thüringen dar.

1.2 Aufbau des Berichts

Kap.2 fasst die Ausweisung von Teilgebieten in Thüringen zusammen. Die Kap. 3 bis 5 sind jeweils so untergliedert, dass zunächst die Festlegungen des StandAG sowie das Vorgehen der BGE zur Anwendung der Kriterien bzw. Anforderungen in möglichst wertneutraler Weise dargestellt werden. Erst im Anschluss folgt die Validierung der Anwendungsmethoden durch das TLUBN in den Kap. 3.7 (Ausschlusskriterien), Kap. 4.4 (Mindestanforderungen im Wirtsgestein Steinsalz), Kap. 4.6 (Mindestanforderungen im Wirtsgestein Kristallin) bzw. Kap. 5.3 (Geowissenschaftliche Abwägungskriterien). In den Anhängen A bis D sind Thüringer Landkreise / Städte bzw. Gemeinden aufgelistet, deren Flächen von den jeweiligen Teilgebieten berührt werden. Im Anhang E sind die vom TLUBN (R81) im Zuge des StandAG § 12 (3) der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) übermittelten Daten zusammengestellt.

2 Teilgebiete in Thüringen

Im Zwischenbericht Teilgebiete der BGE werden vier Teilgebiete ausgewiesen, die zum Teil in Thüringen liegen: für zwei der Teilgebiete werden Kristallingesteine als Wirtsgestein in Betracht gezogen (Kap. 2.1 und 2.2), für zwei Teilgebiete Steinsalz in stratiformer Lagerung (Kap. 2.3 und 2.4).

2.1 Teilgebiet 009_00TG_194_00IG_K_g_SO (Kristallines Wirtsgestein – Saxothuringikum)

Das Teilgebiet erstreckt sich in Deutschland von Südwesten aus über Baden-Württemberg, Bayern, Thüringen, Sachsen-Anhalt, dem südlichen Brandenburg und Sachsen. Das Teilgebiet befindet sich im Grundgebirge der saxothuringischen Zone und weist Mächtigkeiten zwischen 200 Metern und 1.200 Metern auf. Die Oberfläche des Teilgebiets befindet sich in einer Teufenlage von 300 Metern bis 1.300 Metern unterhalb der Geländeoberkante. Die Lage und Ausdehnung des Teilgebiets innerhalb der Landesfläche Thüringens zeigt Abb. 1. Die Fläche des Teilgebiets innerhalb der Landesfläche Thüringens beträgt ca. 3.077 km². Vom Teilgebiet betroffene kommunale Verwaltungseinheiten Thüringens sind im Anhang A: Betroffene Gemeinden: Teilgebiet 009_00TG_194_00IG_K_g_SO (Kristallines Wirtsgestein – Saxothuringikum) aufgeführt.

Im Folgenden wird der Thüringer Anteil des Teilgebiets als **Teilgebiet Saxothuringikum** bezeichnet.

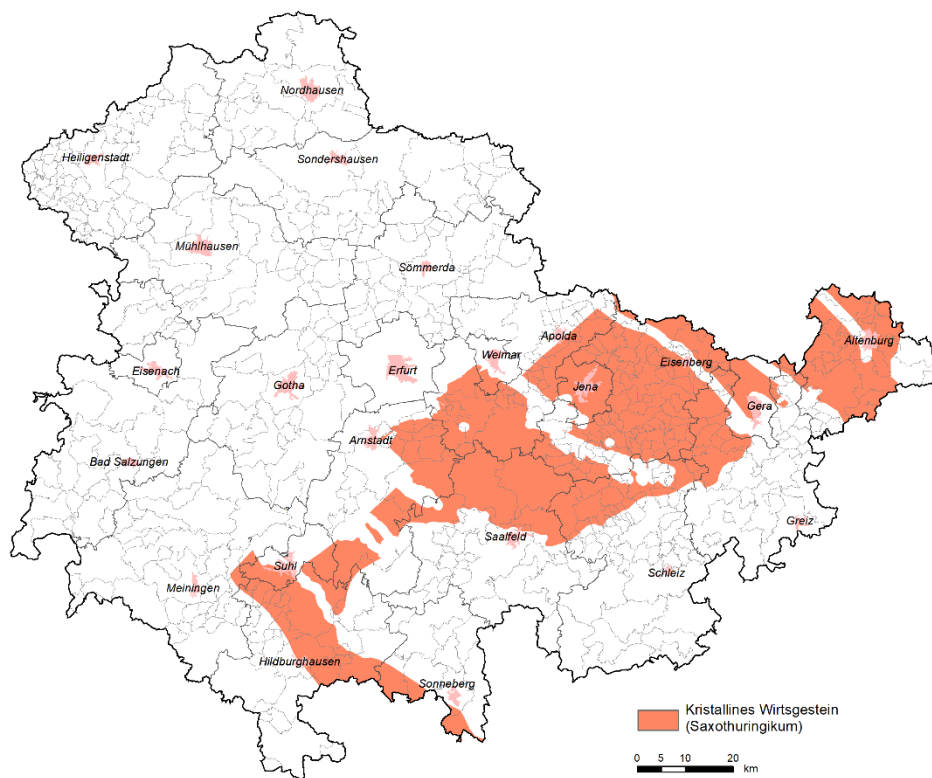


Abb. 1: Lage des Teilgebiets 009_00TG_194_00IG_K_g_SO (Kristallines Wirtsgestein – Saxothuringikum) in Thüringen.

2.2 Teilgebiet 010_00TG_193_00IG_K_g_MKZ (Kristallines Wirtsgestein – Mitteldeutsche Kristallizinzone)

Das Teilgebiet erstreckt sich in Deutschland von Südwesten aus über Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg, Bayern, Hessen nach Thüringen, Sachsen-Anhalt und Brandenburg. Das Teilgebiet befindet sich im Grundgebirge der Mitteldeutschen Kristallizinzone und weist Mächtigkeiten zwischen 200 Metern und 1.200 Metern auf. Die Oberfläche des Teilgebiets befindet sich in einer Teufenlage von 300 Metern bis 1.300 Metern unterhalb der Geländeoberkante. Die Lage und Ausdehnung des Teilgebiets innerhalb der Landesfläche Thüringens zeigt Abb. 2. Die Fläche des Teilgebiets innerhalb der Landesfläche Thüringens beträgt ca. 1.885 km². Vom Teilgebiet betroffene kommunale Verwaltungseinheiten Thüringens sind im Anhang B: Betroffene Gemeinden: Teilgebiet 010_00TG_193_00IG_K_g_MKZ (Kristallines Wirtsgestein – Mitteldeutsche Kristallizinzone) aufgeführt.

Im Folgenden wird der Thüringer Anteil des Teilgebiets als **Teilgebiet Mitteldeutsche Kristallizinzone** bezeichnet.

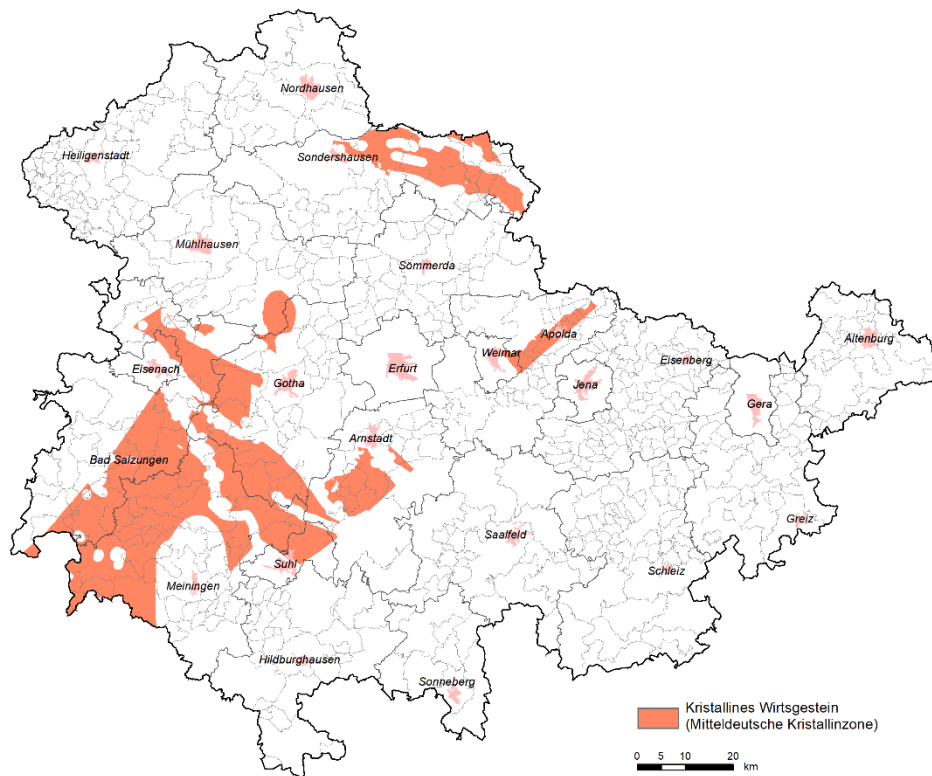


Abb. 2: Lage des Teilgebiets 010_00TG_193_00IG_K_g_MKZ (Kristallines Wirtsgestein – Mitteldeutsche Kristallinzone) in Thüringen.

2.3 Teilgebiet 078_02TG_197_02IG_S_f_z (Steinsalz in stratiformer Lagerung – Thüringer Becken)

Das Teilgebiet umfasst insgesamt Gebiete der Bundesländer Hessen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen. Das Teilgebiet befindet sich im Thüringer Becken und bezieht sich auf die stratigraphische Einheit Zechstein, die das Wirtsgestein Steinsalz in stratiformer Lagerung enthält. Es hat eine maximale Mächtigkeit von 1.200 Metern. Die Basisfläche des Teilgebiets befindet sich in einer Teufenlage von 400 Metern bis 1.500 Metern unterhalb der Geländeoberkante. Die Lage und Ausdehnung des Teilgebiets innerhalb der Landesfläche Thüringens zeigt Abb. 3. Die Fläche des Teilgebiets innerhalb der Landesfläche Thüringens beträgt ca. 4.508 km². Vom Teilgebiet betroffene kommunale Verwaltungseinheiten Thüringens sind im Anhang C: Betroffene Gemeinden: Teilgebiet 078_02TG_197_02IG_S_f_z (Steinsalz in stratiformer Lagerung Lagerung – Thüringer Becken) aufgeführt.

Im Folgenden wird der Thüringer Anteil des Teilgebiets als **Teilgebiet Thüringer Becken** bezeichnet.

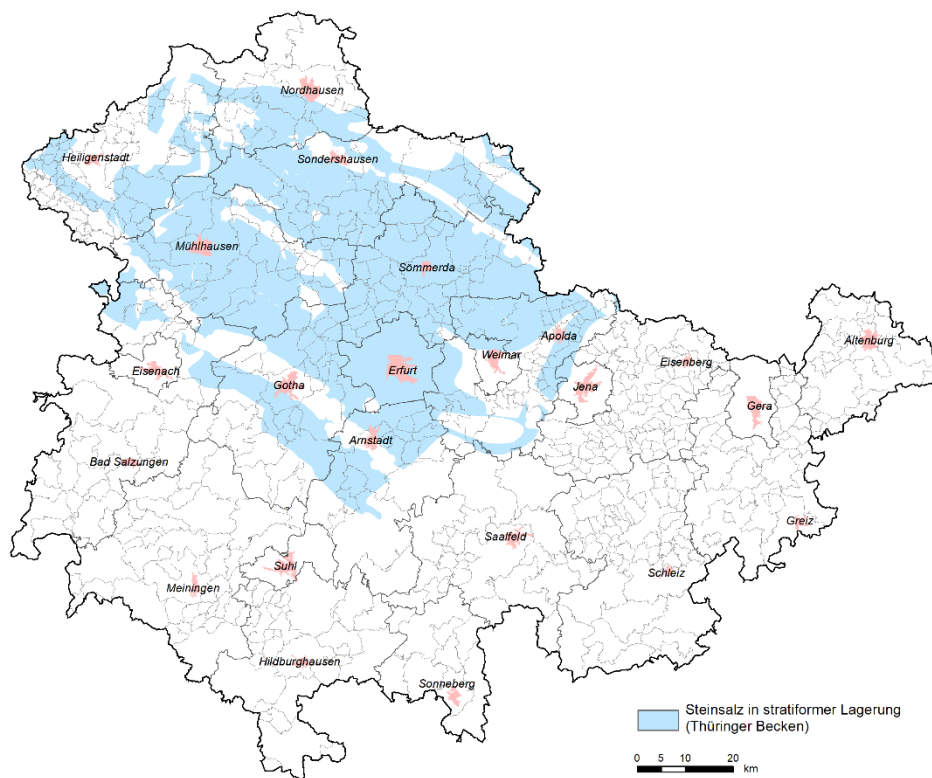


Abb. 3: Lage des Teilgebiets 078_02TG_197_02IG_S_f_z (Steinsalz in stratiformer Lagerung – Thüringer Becken) in Thüringen.

2.4 Teilgebiet 078_03TG_197_03IG_S_f_z (Steinsalz in stratiformer Lagerung – Werra-Fulda-Becken)

Das Teilgebiet umfasst insgesamt Gebiete der Bundesländer Bayern, Hessen und Thüringen. Das Teilgebiet befindet sich im Werra-Fulda-Becken und bezieht sich auf die stratigraphische Einheit Zechstein, die das Wirtsgestein Steinsalz in stratiformer Lagerung enthält. Es hat eine maximale Mächtigkeit von 540 Metern. Die Basisfläche des Teilgebiets befindet sich in einer Teufenlage von 400 Metern bis 1.230 Metern unterhalb der Geländeoberkante. Die Lage und Ausdehnung des Teilgebiets innerhalb der Landesfläche Thüringens zeigt Abb. 4. Die Fläche des Teilgebiets innerhalb der Landesfläche Thüringens beträgt ca. 580 km². Vom Teilgebiet betroffene kommunale Verwaltungseinheiten Thüringens sind im Anhang D: Betroffene Gemeinden: Teilgebiet 078_03TG_197_03IG_S_f_z (Steinsalz in stratiformer Lagerung – Werra-Fulda-Becken) aufgeführt.

Im Folgenden wird der Thüringer Anteil des Teilgebiets als **Teilgebiet Werra-Fulda-Becken** bezeichnet.

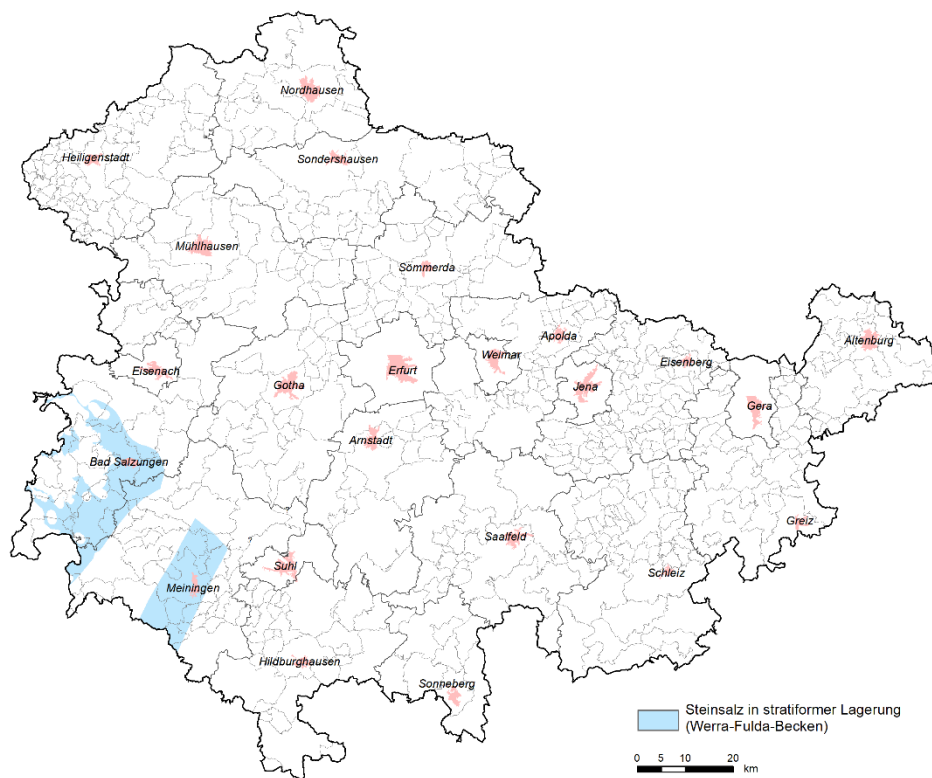


Abb. 4: Lage des Teilgebiets 078_03TG_197_03IG_S_f_z (Steinsalz in stratiformer Lagerung – Werra-Fulda-Becken) in Thüringen.

3 Anwendung der Ausschlusskriterien gemäß § 22 StandAG

Im ersten Arbeitsschritt zur Ermittlung von Teilgebieten wendet die BGE die in § 22 StandAG festgelegten Ausschlusskriterien (Kap. 3.1 bis 3.6) auf der Grundlage der von den zuständigen Bundes- und Landesbehörden zur Verfügung gestellten Daten an. Ziel der Anwendung ist es, diejenigen Gebiete zu ermitteln, in denen mindestens ein Ausschlusskriterium als erfüllt gilt. Diese Gebiete werden im weiteren Verlauf des Verfahrens nicht weiter berücksichtigt.

Die Anwendung der Ausschlusskriterien wird in jeder weiteren Phase des Standortauswahlverfahrens zur Festlegung übertägig bzw. untertägig zu erkundender Standortregionen bzw. Standorte wiederholt. Sollten also im weiteren Verlauf des Verfahrens neue Erkenntnisse zu einzelnen Gebieten gewonnen werden, können sich neue ausgeschlossene Gebiete ergeben bzw. bereits bestehende ausgeschlossene Gebiete vergrößert werden.

3.1 Großräumige Vertikalbewegungen

In Gebieten mit hohen Hebungsraten und einer damit zusammenhängenden verstärkten Erosion des Deckgebirges kann für die Sicherheit eines Endlagers keine positive Prognose gegeben werden. Mit dem Kriterium "Großräumige Vertikalbewegungen" werden daher Gebiete ausgeschlossen, in denen großräumige geogene Hebungen von durchschnittlich mehr als 1 mm pro Jahr über den Nachweiszeitraum von einer Million Jahren zu erwarten sind, was einer Hebung von 1.000 m im Nachweiszeitraum entspricht.

Im Zuge der Datenabfragen bei den Bundes- und Landesbehörden hat die BGE Daten zu aktuellen großräumigen Hebungsdaten sowie Prognosen für Regionen abgefragt, in denen im Nachweiszeitraum großräumige Hebungsdaten zu erwarten sind inklusive der erwarteten Hebungszeiträume.

Der Geologische Landesdienst Thüringen (TLUBN Abt. 8) hat hierzu mit entsprechenden Hinweisen auf relevante Publikationen und deren Hintergrunddaten informiert sowie auf Ansprechpartner (BGR, ThL-VermGeo) zur Information über aktuelle Bodenbewegungen hingewiesen.

Da insbesondere zur Prognostizierbarkeit großräumiger Vertikalbewegungen seitens der angefragten Bundes- und Landesbehörden keine Informationen vorliegen, hat die BGE hierzu eine Studie bei der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Auftrag gegeben (Jähne-Klingberg et al. 2019). Nach deren Ergebnis deutet keines der entwickelten Szenarien darauf hin, dass nach aktueller Datengrundlage und dem derzeitigen geologischen Prozessverständnis Hebungsbeträge von mehr als 1 mm pro Jahr für den Nachweiszeitraum von einer Million Jahre in Deutschland zu erwarten sind. Auf Basis der Studie werden durch die BGE daher keine ausgeschlossenen Gebiete zu dem Kriterium ermittelt.

3.2 Aktive Störungszonen

Störungszonen, in denen Gesteine gegeneinander versetzt oder stark zerrüttet sind, können die Sicherheit eines Endlagers und seiner Barrieren generell beeinträchtigen. Sind diese Störungszonen geologisch aktiv, führen diese einschließlich eines abdeckenden Sicherheitsabstandes zum Ausschluss von Gebieten.

Unter aktiven Störungszonen werden nach § 22 Abs. 2 Nr. 2 StandAG Brüche in den Gesteinsschichten der oberen Erdkruste wie Verwerfungen mit deutlichem Gesteinsversatz sowie ausgedehnte Zerrüttungszonen mit tektonischer Entstehung definiert, an denen nachweislich oder mit großer Wahrscheinlichkeit im Zeitraum Rupel bis heute, also innerhalb der letzten 34 Millionen Jahre, Bewegungen stattgefunden haben (Kap. 3.2.1).

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 nach § 22 Abs. 2 Nr. 2 S. 3 StandAG wie diese zu behandeln (Kap. 3.2.2).

3.2.1 Tektonische Störungszonen

Im Zuge der Datenabfrage hat die BGE bei den Bundes- und Landesbehörden Daten zu aktiven Störungszonen abgefragt. Der Geologische Landesdienst Thüringen (TLUBN Abt. 8) hat zur Erfassung der räumlichen Lage und Erstreckung von Störungszonen Informationen aus geologischen Kartenwerken, Archivberichten und dem geologischen 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens geliefert (Anhang E: Zusammenstellung und Kategorisierung nach GeolDG §§ 17 + 29 für Daten, die vom TLUBN (R81) im Zuge des StandAG § 12 (3) der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) bis zum 30.06.2020 übermittelt wurden).

Hinsichtlich der Aktivität von Störungen ist die BGE auf Veröffentlichungen zu Vertikalbewegungen und aktiven Störungszonen hingewiesen worden, die auf geodätische Präzisionsmessungen der Höhenivellements der Netze 1. und 2. Ordnung in den Zeiträumen 1952-1958 und 1977-1981 beruhen. Die in diesen Veröffentlichungen gekennzeichneten aktiven Störungszonen sind vom Geologischen Landesdienst Thüringen (TLUBN Abt. 8) im Störungsmuster der abgedeckten Geologischen Übersichtskarte von Thüringen 1 : 200.000 als aktiv ausgewiesene Störungszonen entsprechend attribuiert worden,

um ihren Verlauf genauer bestimmen zu können. Bezüglich der nicht als aktiv gekennzeichneten Störungen ist die BGE darauf hingewiesen worden, dass ihre Aktivität nicht bekannt, per se aber nicht auszuschließen ist.

Zusätzlich zu den vom Geologischen Landesdienst Thüringen (TLUBN Abt. 8) übermittelten Daten hat die BGE auf Basis der Geologischen Übersichtskarte Deutschland im Maßstab 1 : 250.000 (BGR 2019) aktive Störungszonen identifiziert. In diesem Kartenwerk erfolgt die Ausweisung durch die Verschneidung von Störungsspuren mit geologischen Einheiten, die ein Alter von 34 Millionen Jahren oder jünger aufweisen (BGE 2020h, S. 40f). Darüber hinaus werden tektonisch aktive Großstrukturen, wie z. B. geologische Grabensysteme in Deutschland abgegrenzt, die nachweislich während der letzten 34 Millionen Jahre aktiv waren und in denen mit dem Auftreten zahlreicher aktiver Störungszonen zu rechnen ist.

Mit Hilfe dieser Datengrundlagen ermittelt die BGE ausgeschlossene Gebiete für aktive Störungszonen unter Berücksichtigung eines beidseitigen Sicherheitsabstandes (Pufferzone) von 1.000 m. Die Länge der Störungsspuren und Höhe der Versatzbeträge werden nicht berücksichtigt. Die Pufferzone wird von der Geländefläche vertikal in die Tiefe projiziert. Ist für die Störungszone die Raumlage, z.B. aus 3D-Modellen, näher bekannt, wird die Pufferzone parallel zum Verlauf der Störungsfläche im dreidimensionalen Raum angelegt. Um diese 3D-Information in einer 2D-Karte darstellen zu können, wird der sich ergebende Raum vertikal an die Geländeoberfläche projiziert.

3.2.2 Atektonische Vorgänge

Als atektonische Vorgänge, die nach § 22 Abs. 2 Nr. 2 S. 3 StandAG wie aktive Störungszonen zum Ausschluss von Gebieten führen können, werden von der BGE grundsätzlich Lösungsvorgänge im Untergrund durch Subrosion, Deformationen in Folge von Kompaktionsprozessen von unverfestigten Sedimenten, Rutschungen durch Hanginstabilitäten, Deformationen des Untergrundes durch Gletscherüberfahrungen und Impaktereignisse (Meteoriteneinschläge) verstanden. Mit Blick auf den für ein Endlager relevanten Bereich in Tiefen ≥ 300 m unter der Geländeoberfläche werden mit Subrosionserscheinungen und Impaktereignissen nur diejenigen Vorgänge weiter betrachtet, die bis in diese Tiefen wirken können.

Der Geologische Landesdienst Thüringen (TLUBN Abt. 8) hat zur Anwendung des Kriteriums Daten aus Geologischen Kartenwerken, Archivberichten sowie einen Auszug von 12.228 digital erfassten Subrosionsobjekten und Hohlformen in Thüringen mit Stand vom 12.06.2018 übermittelt (Anhang E: Zusammenstellung und Kategorisierung nach GeolDG §§ 17 + 29 für Daten, die vom TLUBN (R81) im Zuge des StandAG § 12 (3) der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) bis zum 30.06.2020 übermittelt wurden).

Die von den angefragten Bundes- und Landesbehörden übermittelten Daten sind von der BGE in atektonische Vorgänge mit Entstehungstiefen > 300 m und < 300 m unter der Geländeoberfläche unterteilt worden. Für atektonische Vorgänge in Entstehungstiefen ≥ 300 m ermittelt die BGE analog zur Verfahrensweise bei aktiven Störungen ausgeschlossenen Gebiete unter Berücksichtigung eines Sicherheitsabstandes (Pufferzone) von 1.000 m für sämtliche endlagerrelevanten Tiefen. Bei Subrosionserscheinungen an Salzstöcken und Salzkissen, die im Standortauswahlverfahren dem Wirtsgestein Steinsalz in stratiformer Lagerung zugeordnet werden, erfolgt der Ausschluss nur bis zur Oberkante des Salzes, da die Lösungsprozesse primär lokal und im obersten Bereich der Salzstruktur stattfinden.

3.3 Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit

Vorhandene alte Bohrungen dürfen nach § 22 Abs. 2 Nr. 3 StandAG die Barrieren eines Endlagers, die den sicheren Einschluss gewährleisten, in ihrer Einschlussfunktion nachweislich nicht beeinträchtigen.

Darüber hinaus kann eine gegenwärtige oder frühere bergbauliche Tätigkeit das Gebirge so schädigen, dass seine Eignung als einschlusswirksamer Gebirgsbereichs oder vorgesehener Endlagerbereich beeinträchtigt ist. Anhand der räumlichen Lage von vorhandenen Bohrungen (Kap. 3.3.1) sowie gegenwärtig oder ehemals genutzter Bergwerke (Kap. 3.3.2) werden daher ausgeschlossene Gebiete durch die BGE ermittelt.

3.3.1 Bohrungen

Für die Anwendung des Ausschlusskriteriums „Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit“ sind für die BGE unabhängig vom Erkundungszweck alle Bohrungen relevant, die den endlagerrelevanten Bereich zwischen 300 m und 1.500 m unter der Geländeoberfläche vollständig oder teilweise durchdringen.

Zum Ausschlusskriterium hat die BGE daher bei den Bundes- und Landesbehörden am 02.08.2017 Daten zur räumlichen Lage aller Bohrungen ab einer Tiefe ≥ 300 m abgefragt. In einer zweiten Datenabfrage vom 02.02.2018 ist um die Übermittlung von Bohrrdaten in einer Tiefe von 100 m bis 1.500 m unter der Geländeoberfläche mit Angaben zum Bohransatz und Bohrendpunkt, zur Länge, Bezeichnung, Nutzung und zum Verlauf und Zustand des Bohrlochs gebeten worden.

Der Geologische Landesdienst Thüringen (TLUBN Abt. 8) hat zur Anwendung des Kriteriums im Zuge der ersten Anfrage einen Auszug von 7.823 digital erfassten Bohrungen in Thüringen mit Stand vom 18.09.2017 übermittelt, im Zuge der zweiten Anfrage einen Auszug von 14.675 digital erfassten Bohrungen mit Stand vom 07.06.2018. Nach einem Fachgespräch mit der BGE fand eine Überprüfung der Angaben zur Neigung und zum Verlauf einzelner Bohrungen statt, zusätzlich wurden die Bohrpfade von Bohrungen aus dem 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens nachgeliefert.

Mit Hilfe dieser Datengrundlagen ermittelt die BGE ausgeschlossenen Gebiete mit einem Sicherheitsabstand von 25 m um den Bohrfad mit einer Endtiefe > 275 m unter der Geländeoberfläche. Für Bohrungen ohne nähere Angaben zum Verlauf wird ein vertikaler Bohrfad angenommen. Ist der Verlauf der Bohrung näher bekannt, wird der Sicherheitsabstand parallel zum Verlauf des Bohrpades im dreidimensionalen Raum angelegt. Um diese 3D-Information in einer 2D-Karte darstellen zu können, wird der sich ergebende Raum vertikal an die Geländeoberfläche projiziert.

3.3.2 Bergwerke

Zur Ermittlung von Ausschlussgebieten infolge gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit hat die BGE Informationen zu Bezeichnungen, maximalen Teufen und lateralen Ausdehnungen der an die Oberfläche projizierten Grubengebäude einschließlich ihrer Einwirkungsbereiche auf das umliegende Gebirge bei den Landesbehörden abgefragt. Die letzte Datenabfrage zielte dabei ausschließlich auf Bergwerke und Kavernen, die eine Tiefe ≥ 300 m unter der Geländeoberfläche erreichen.

Daten zu bergbaulichen Tätigkeiten wurden durch das TLUBN Referat 86 an die BGE übermittelt.

Wenn Beeinflussungsbereiche bergbaulicher Aktivität nicht von den Landesbehörden gemäß oder in Anlehnung an die Bergverordnung über Einwirkungsbereiche (EinwirkungsBergV) ausgewiesen worden sind, wird von der BGE zunächst eine das Grubengebäude umhüllende Grenze konstruiert, die sich aus der größten lateralen Erstreckung des Grubengebäudes ergibt (Abb. 5).

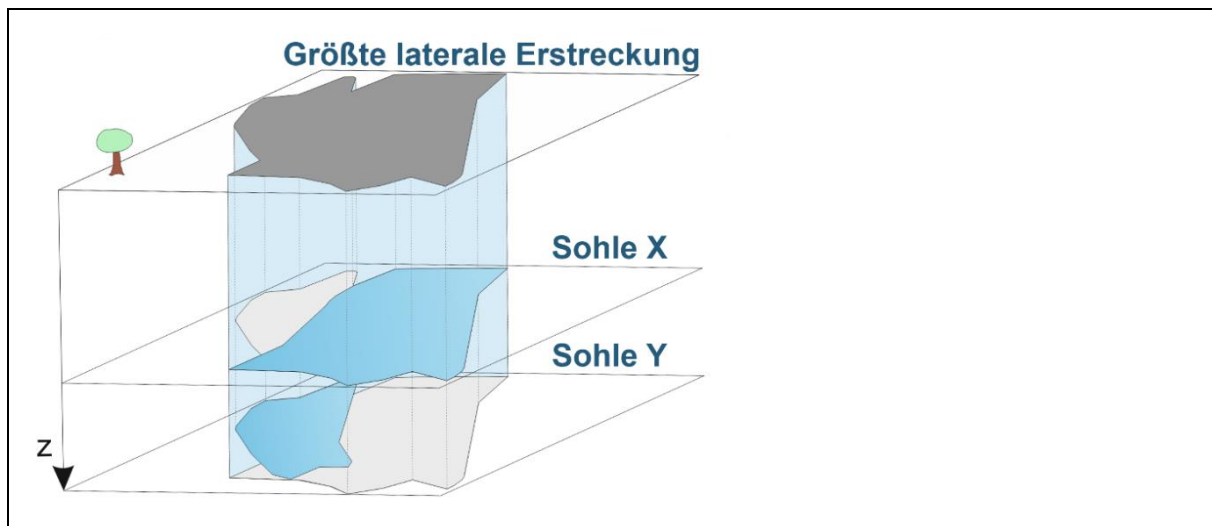


Abb. 5: Graphische Darstellung zur Ermittlung der größten lateralen Erstreckung eines Bergwerkes (BGE 2020g, S. 65).

Anschließend wird vom tiefsten Punkt des Grubengebäudes entlang der Grubenumhüllenden und mit Hilfe eines Grenzwinkels von 76.5° ein trichterförmiger Körper zur Geländeoberfläche aufgespannt. Der einheitlich angewendete Grenzwinkel entspricht dem steilsten Einwirkungswinkel nach der EinwirkungsbergV. Der auf diese Weise ermittelte laterale Ausschlussbereich an der Geländeoberfläche wird vertikal nach unten über den gesamten endlagerrelevanten Tiefenbereich projiziert (Abb. 6).

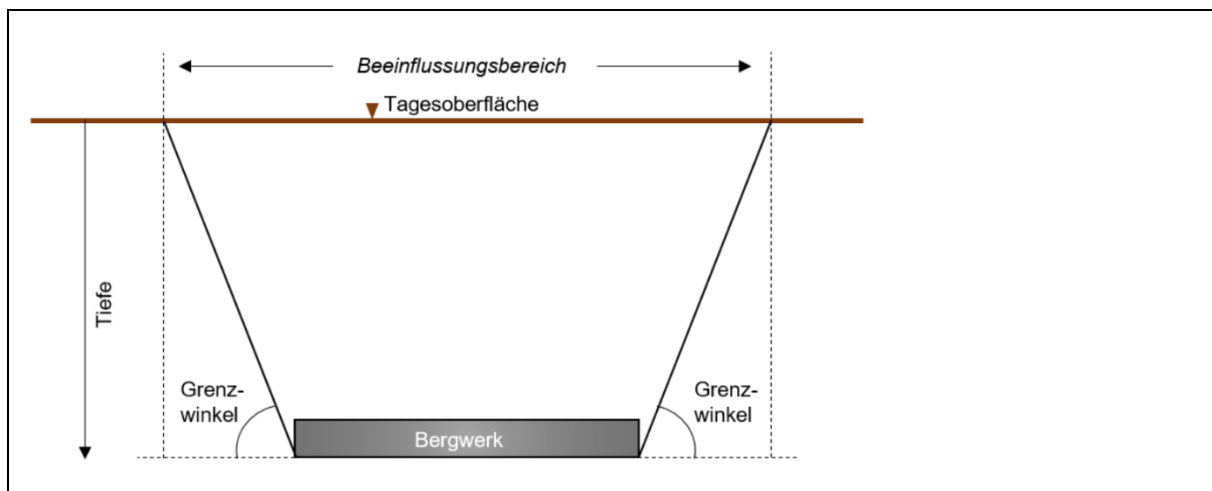


Abb. 6: Schematische Darstellung der Ausweisung des Beeinflussungsbereichs um die größte laterale Erstreckung des Bergwerkes anhand der Teufe und des Grenzwinkels (BGE 2020g, S. 66).

Für weitere, bisher vorgemerkte bergbauliche Tätigkeiten mit untertägigen Hohlräumen bis in den endlagerrelevanten Tiefenbereich konnte die oben beschriebene Ausschlussmethodik aufgrund noch unzureichender Datenlage nicht umgesetzt werden. Dies betrifft in Thüringen die in Tab. 2 aufgelisteten Bergwerke und Kavernen. Darüber hinaus ist das Kavernenfeld Dörnfeld, dessen genaue Lagebestimmung anhand vorliegender Daten durch die BGE bereits möglich ist, vorgemerkt worden.

Tab. 2: Übersicht der vorgemerkten Bergwerke und Kavernen in Thüringen für das Ausschlusskriterium „Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit – Bergwerke“ (nach BGE 2020h, S. 116).

Nummer	Name	Lage
1	Kavernenfeld Kehmstedt	Ortschaft Kehmstedt
2	Gewerkschaften Hüpstedt, Beberstedt und Felsenfest	bei Hüpstedt
3	Steinsalzbergwerk Ilversgehofen (Erfurt)	bei Erfurt
4	Hain I und II	nördlich von Sondershausen
5	Schwarzburg	Ortschaft Seega
6	Kalibergwerk Oldisleben	bei Oldisleben
7	Salzbergwerk Heldrungen II	bei Oberheldrungen
8	Kaliwerke Gewerkschaft Walter und Irmgard	bei Hauteroda

3.4 Seismische Aktivität

Nach § 22 Abs. 2 Nr. 4 StandAG ist ein Gebiet nicht als Endlagerstandort geeignet, wenn die örtliche seismische Gefährdung größer ist als in Erdbebenzone 1 nach der DIN EN 1998-1/NA:2011-01. Die der DIN-Norm zu Grunde liegende Methodik zur Ausweisung von Erdbebenzonen ist in Grünthal (1988) bzw. BGE (2020g, Kap. 4.2.5) näher beschrieben.

Der Geologische Landesdienst Thüringen (TLUBN Abt. 8) hat im Zuge der Datenabfragen der BGE zur Anwendung der Ausschlusskriterien ausgewiesene Erdbebenzonen und Untergrundklassen nach DIN 4149 für die Gemarkungen im Freistaat Thüringen nach Bekanntmachung im ThürStAnz Nr. 50/2006 S. 2032-2036 vom 14. November 2006 und ThürStAnz Nr. 35/2007 S. 1655 vom 1. August 2007 übermittelt (Anhang E).

Aufgrund der Heterogenität und Übermittlung thematisch verwandter Daten durch die angefragten Bundes- und Landesbehörden hat sich die BGE entschieden, die auszuschließenden Bereiche direkt aus der „Karte der Erdbebenzonen“ in DIN EN 1998-1/NA:2011-01 zu vektorisieren. Die Flächen mit einer örtlichen seismischen Gefährdung (nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01) größer als Erdbebenzone 1 sind nachfolgend selektiert und in endlagerrelevante Tiefen projiziert worden. Die auf diese Weise entstehenden Volumenkörper stellen das ermittelte ausgeschlossene Gebiet dar.

3.5 Vulkanische Aktivität

Gemäß § 22 Abs. 2 Nr. 5 StandAG ist ein Gebiet nicht als Endlagerstandort geeignet, wenn quartärer Vulkanismus vorliegt oder zukünftig vulkanische Aktivität über den Nachweiszeitraum von einer Million Jahre zu erwarten ist.

Der Geologische Landesdienst Thüringen (TLUBN Abt. 8) hat im Zuge der Datenabfragen der BGE zur Anwendung der Ausschlusskriterien mitgeteilt, dass der jüngste bekannte Vulkanismus in Thüringen auf tertiäre Alter (ca. 20 - 14 Ma) datiert worden ist.

Da zur Prognostizierbarkeit über zukünftigen Vulkanismus im Nachweiszeitraum seitens der angefragten Bundes- und Landesbehörden keine Informationen vorliegen, hat die BGE hierzu eine Studie bei der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Auftrag gegeben (May 2019). Demzufolge kann die Ausbruchshäufigkeit für die nächsten eine Million Jahre auf Grundlage des derzeitigen Prozessverständnisses quantitativ nicht vorhergesagt werden. Eine andauernde Aktivität der quartären Vulkangebiete der Eifel und der Region Vogtland-Oberpfalz gilt als wahrscheinlich, da die mehrere Millionen Jahre andauernde Aktivitätsdauer der tertiären Vulkanfelder auch für die quartären Felder

angenommen werden kann (May 2019). Ein Wiederaufleben des Vulkanismus auch in tertiären Vulkanfeldern und ihren Einflussgebieten im Nachweiszeitraum wird für möglich gehalten bzw. ist nicht auszuschließen.

Die in Hoth et. al (2007, S. 43) dargestellten quartären Eruptionszentren sind von der BGE mit weiteren Angaben aus der Fachliteratur (BGE 2020g, S. 76) überarbeitet worden. Mit Hilfe dieser Datengrundlagen berücksichtigt die BGE einen Sicherheitsradius (Pufferzone) von 10 km um jedes Eruptionszentrum und ermittelt ausgeschlossene Gebiete für vulkanische Aktivität anhand der sich hieraus ergebenden Gesamtfläche. Eine mögliche räumliche Verlagerung zukünftiger vulkanischer Aktivität wird aufgrund der nicht belastbaren Datengrundlage nicht berücksichtigt.

3.6 Grundwasseralter

Nach § 22 Abs. 2 Nr. 6 StandAG ist ein Gebiet nicht als Endlagerstandort geeignet, wenn in Gebirgsbereichen, die als ewG oder Einlagerungsbereich in Betracht kommen, junge Grundwässer nachgewiesen wurden. Der Nachweis junger Grundwässer erfolgt anhand der Konzentration der radioaktiven Isotope Tritium (^3H) und Kohlenstoff-14 (^{14}C) im Grundwasser.

Der Geologische Landesdienst Thüringen (TLUBN Abt. 8) hat im Zuge der Datenabfragen der BGE zur Anwendung der Ausschlusskriterien keine Daten zu dem Kriterium übermittelt. Vorhandene Einzelmessungen wurden durch Probenahme aus Bohrungen oder in Bergwerken gewonnen. Sie führen zu keinem weiteren Ausschluss, da diese Bereiche bereits durch das Ausschlusskriterium Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit (Kap. 3.3) ausgeschlossen werden.

3.7 Validierung der Anwendung der Ausschlusskriterien

3.7.1 Validierung der Anwendung der Ausschlusskriterien in Phase 1 des Standortauswahlverfahrens

Die BGE wendet die Ausschlusskriterien in der Phase 1 des Standortauswahlverfahrens mit dem Verfahrensgrundsatz an, ausgeschlossene Gebiete im Zweifel flächenhaft eher zu unter- als zu überschätzen (BGE 2020h, S. 19). Damit soll möglichst verhindert werden, dass voreilig ausgeschlossene Gebiete bei der nochmaligen Anwendung der Ausschlusskriterien in späteren Phasen des Standortauswahlverfahrens wieder in den Suchraum miteinbezogen werden müssen.

Diese Verfahrensweise des „vorsichtigen“ Ausschlusses sowie die stark schematisierte Anwendung der Kriterien, z.B. bei der Verwendung pauschaler, gering gewählter Sicherheitsabstände, erscheint dem TLUBN zum jetzigen Verfahrenszeitpunkt und in Anbetracht der derzeitigen, oftmals noch heterogenen und unvollständigen Datengrundlage als grundsätzlich nachvollziehbar und plausibel.

In nachfolgenden Phasen des Standortauswahlverfahrens hält es das TLUBN dagegen für zwingend erforderlich:

- neue Kenntnisse der Forschung, insbesondere zu den Kriterien Großräumige Vertikalbewegungen, Aktive Störungszonen und Vulkanische Aktivität zu berücksichtigen. Insbesondere bei dem Kriterium Vulkanische Aktivität gilt es grundsätzlich zu bedenken, ob neben dem quartären auch der tertiäre Vulkanismus mit seinen indirekten Folgeerscheinungen als Ausschlussgrund betrachtet werden muss. Zwingende Argumente hierfür sind nach Ansicht des TLUBN zahlreiche untertägige CO_2 -Ausblasungen, die im Bergbau Thüringens bereits mehrfach zu verheerenden Unfällen und Schäden geführt haben und mit den durch tertiären Vulkanismus gebildeten CO_2 -Vorkommen in Südthüringen in Zusammenhang stehen.
- die bisher gering gewählten Sicherheitsabstände um aktive tektonische Störungszonen und atektonische Vorgänge (1.000 m), Bohrungen (25 m) und vulkanische Eruptionszentren

(10 km) sowie den Einwirkungsbereich bergbaulicher Aktivität (Kap. 3.3.2) zu überprüfen und ggf. zu vergrößern.

- das Kriterium Seismische Aktivität auf Basis der weiter entwickelten DIN und unter Einbeziehung der vom TLUBN übermittelten ausgewiesenen Erdbebenzonen und Untergrundklassen nach DIN 4149 für die Gemarkungen im Freistaat Thüringen nach Bekanntmachung im ThürStAnz Nr. 50/2006 S. 2032-2036 vom 14. November 2006 und ThürStAnz Nr. 35/2007 S. 1655 vom 1. August 2007 übermittelt (Anhang E) zu bewerten.

3.7.2 Validierung der Anwendung der Ausschlusskriterien für die Thüringer Landesfläche

Im Falle der Kriterien Großräumige Vertikalbewegung, Vulkanische Aktivität und Grundwasseralter sind in Thüringen keine Ausschlussgebiete ermittelt worden. Das Kriterium Seismische Aktivität wird von der BGE entsprechend der derzeit im StandAG festgeschriebenen DIN-Norm in Thüringen korrekt angewendet. Bei der Anwendung der Kriterien Aktive Störungszonen und Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit sieht das TLUBN methodische Fehler in der Anwendung für die Thüringer Landesfläche.

3.7.2.1 *Methodische Fehler in der Anwendung des Kriteriums Aktive Störungszonen – tektonische Störungszonen in Thüringen*

Für alle vom TLUBN als nachweislich aktiv eingestufte Störungszonen wurde der Sicherheitsabstand von 1.000 m vertikal in die Tiefe projiziert (BGE 2020g, S. 55).

Zusätzlich zu den umfangreichen Informationen aus geologischen Kartenwerken zum Verlauf von Störungszonen an der Erdoberfläche hat das TLUBN der BGE am 08.05.2018 auch Informationen zum Tiefenverlauf von 59 Störungsflächen im Untergrund übermittelt, die aus dem Geologischen 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens stammen (TLUG 2014). Die Modellflächen geben zumeist den Verlauf von Störungszonen wieder, die als nachweislich aktiv eingestuft worden sind. Diese wesentlichen Informationen zum Einfallen der Störungszonen sind bei der Anwendung des Kriteriums und der Ermittlung ausgeschlossener Gebiete nicht berücksichtigt worden.

Bei korrekter Anwendung ergibt sich für die in Thüringen ausgewiesenen Teilgebiete eine Verschiebung der Teilgebietsgrenzen an der Grenze zu Ausschlussgebieten aktiver Störungszonen, die in Abhängigkeit von der Tiefe und des Einfallens der Störungszone mehrere Hundert Meter betragen kann (Abb. 7).

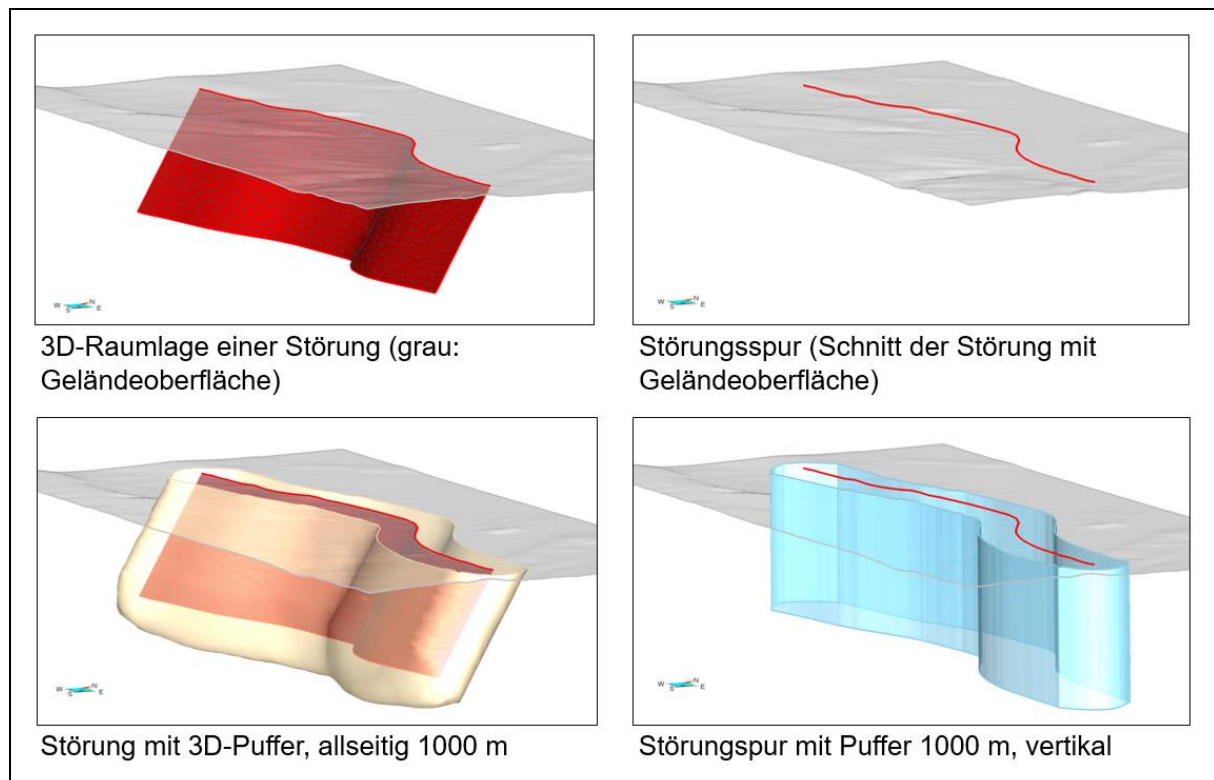


Abb. 7: Bestimmung des Sicherheitsabstandes um aktive Störungszonen unter Berücksichtigung des Tiefenverlaufs der Störung (links) bzw. durch vertikale Projektion der Störungsspur an der Geländeoberfläche (rechts) (Erstellung TLUBN).

Bei den von der BGE in der Geologischen Übersichtskarte Deutschland im Maßstab 1 : 250.000 (BGR 2019) als aktiv identifizierte Störungszonen in Thüringen handelt es sich um wenige, kurze Störungssegmente. Für diese wird methodisch korrekt ein Sicherheitsabstand von 1.000 m vertikal in die Tiefe projiziert, da zum jetzigen Zeitpunkt keine weiteren Informationen zum Verlauf der Störungen in der Tiefe vorliegen.

Die Ausweisung einer Ausschlussfläche nördlich von Arnstadt (Abb. 8) ist hingegen nicht nachvollziehbar. In diesem Bereich sind weder in der abgedeckten Geologischen Übersichtskarte von Thüringen 1 : 200.000 noch in der BGR (2019) Störungszonen erfasst. Die Ausschlussfläche lässt sich auch nicht durch eine versehentliche Lageverschiebung eines einige Hundert Meter nordwestlich gelegenen Störungssegmentes erklären, da die Ausschlussfläche auf Basis dieses Segmentes anders geformt wäre.

Hier ist nach Ansicht der TLUBN entweder ein methodischer Fehler unterlaufen oder die BGE stützt sich auf weitere, nicht dem Zwischenbericht Teilgebiete zu entnehmende Datengrundlagen zur Anwendung des Kriteriums.



Abb. 8: Ausschlussflächen im Raum Arnstadt. Grüne Störungslinien stammen aus der GÜK 200 Thüringen oder BGR (2019). In der nördlich Arnstadt gelegenen Ausschlussfläche sind keine Störungen erfasst.

3.7.2.2 Methodische Fehler in der Anwendung des Kriteriums Aktive Störungszonen – atektonische Vorgänge in Thüringen

Die BGE weist für das Kriterium lediglich eine einzige punktuelle Subrosionserscheinung aus 12.228 digital erfassten Subrosionsobjekten und Hohlformen in Thüringen aus (BGE 2020g, S. 59). Die in geologischen Karten und Archivberichten erfassten Subrosionssenkungen in Thüringen werden bei der Anwendung der Ausschlusskriterien nicht berücksichtigt.

Der Methodik der BGE zur Auswertung der durch das TLUBN gelieferten Daten ist aus den folgenden Gründen in Frage zu stellen:

- Ausschließlich Subrosionserscheinungen zu betrachten, deren Ursprung in endlagerrelevanten Tiefen von 300 m bis 1.500 m unter der Geländeoberfläche nachgewiesen sind, führt dazu, dass die Subrosion ausreichend mächtiger und z.T. in endlagerrelevanten Tiefen liegender Steinsalze oberhalb 300 m nicht zum Ausschluss führt. Findet der Zutritt von untersättigten Lösungen aufgrund der Schädigung des Deckgebirges weiterhin statt, können Steinsalze auch in endlagerrelevanten Tiefen bis hin zur vollständigen Ablaugung gelöst werden.
- Flächenhaft auftretende Subrosionserscheinungen sind in Südwest-Thüringen in der Geologischen Übersichtskarte von Thüringen erfasst (TLUG 2002). Insbesondere aufgrund des aktiven Bergbaus, mehrerer schwerer Subrosionsereignisse (z. B. Erdfall Tiefenort) sowie umfangreicher Erfassungsarbeiten in dieser Region liegen fundierte Kenntnisse zum Thema Subrosion vor. Die der BGE zur Verfügung gestellten Informationen aus geologischen Karten und Berichten aus Wissenschaft und Industrie (TLUG 2002; Jungmann & Beer 2004, Anlage 1) sind nicht zum Ausschluss von Flächen aufgrund von Subrosionserscheinungen im „Salzhangbereich“ verwendet worden. Infolgedessen beinhaltet das Teilgebiet Werra-Fulda-Becken großflächige Bereiche, die seit Jahrzehnten als Subrosionssenkungen bekannt sind (z. B. Oberzella-Subrosionssenke) und die für die Endlagerung von radioaktiven Abfällen nicht geeignet sind (Abb. 9).

- Der Datenbestand der 12.228 digital erfassten Subrosionsobjekte und Hohlformen in Thüringen ist mit Ausnahme eines Objekts aussortiert worden, obwohl Entstehungshorizont und -tiefe häufig angegeben sind. Darüber hinaus kann durch den Vergleich mit Informationen aus geologischen Karten mit einfachen räumlichen Abfragen auf den Entstehungshorizont geschlossen werden. So kommen beispielsweise in Gebieten mit oberflächlich anstehendem Mittlerem Buntsandstein nur Gesteine des Zechsteins im Untergrund als auslaugungsfähige Gesteine in Betracht. Eine Verknüpfung geologischer Informationen aus unterschiedlichen Daten, die zu einem weitreichenderen Ausschluss führen würde, hat durch die BGE nicht stattgefunden.

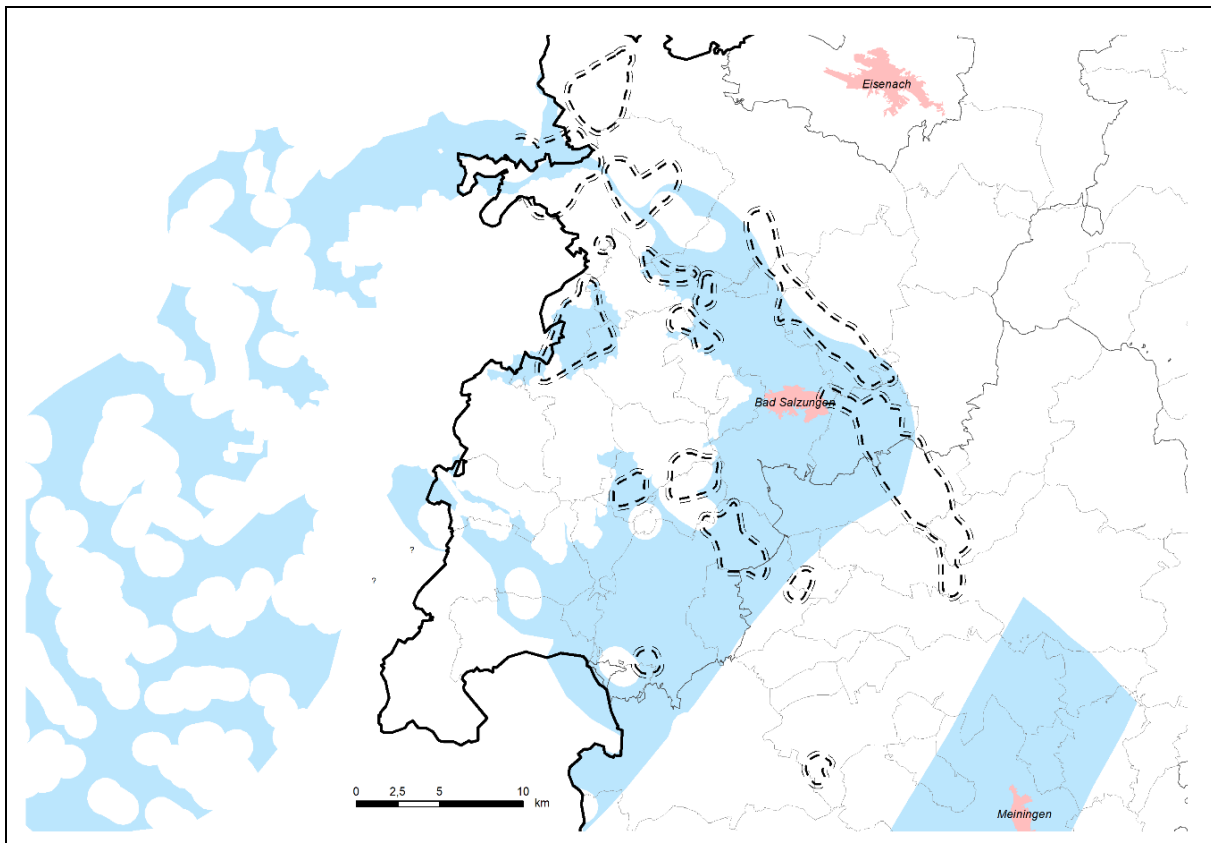


Abb. 9: In der Geologischen Übersichtskarte von Thüringen dargestellte Subrosionssenken (doppelt gestrichelt) im Vergleich zur Lage des Teilgebiets 078_03TG_197_03IG_S_f_z (hellblau).

3.7.2.3 Methodische Fehler in der Anwendung des Kriteriums Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit - Bohrungen in Thüringen

Die ermittelten ausgeschlossenen Gebiete für Bohrungen sind weder in den Teilgebietskarten der interaktiven Web-Anwendung der BGE (BGE 2020ga) sichtbar noch in den zum Download bereitgestellten Shape-Dateien der ermittelten Teilgebiete enthalten (Abb. 10: Ausschnitt des Teilgebietes 009_00TG_194_00IG_K_g_SO (hellrot) im Raum Gera und Lage der an die BGE übermittelten Bohrungen (rot) mit Endteufen ≥ 300 m (Erstellung TLUBN).).

Der BGE zufolge können die ermittelten ausgeschlossenen Flächen um Bohrungen aufgrund des gewählten Maßstabsbereichs in der interaktiven Web-Anwendung und in Kartendarstellungen nur überdimensioniert dargestellt werden (BGE 2020ga; BGE 2020g, S.62). Diese Argumentation ist insoweit nachvollziehbar. Bei den zur Verfügung gestellten Shape-Dateien der Teilgebiete handelt es sich hingegen um maßstabsfreie Vektordaten, in der sämtliche Ausschlussflächen eingearbeitet werden können.

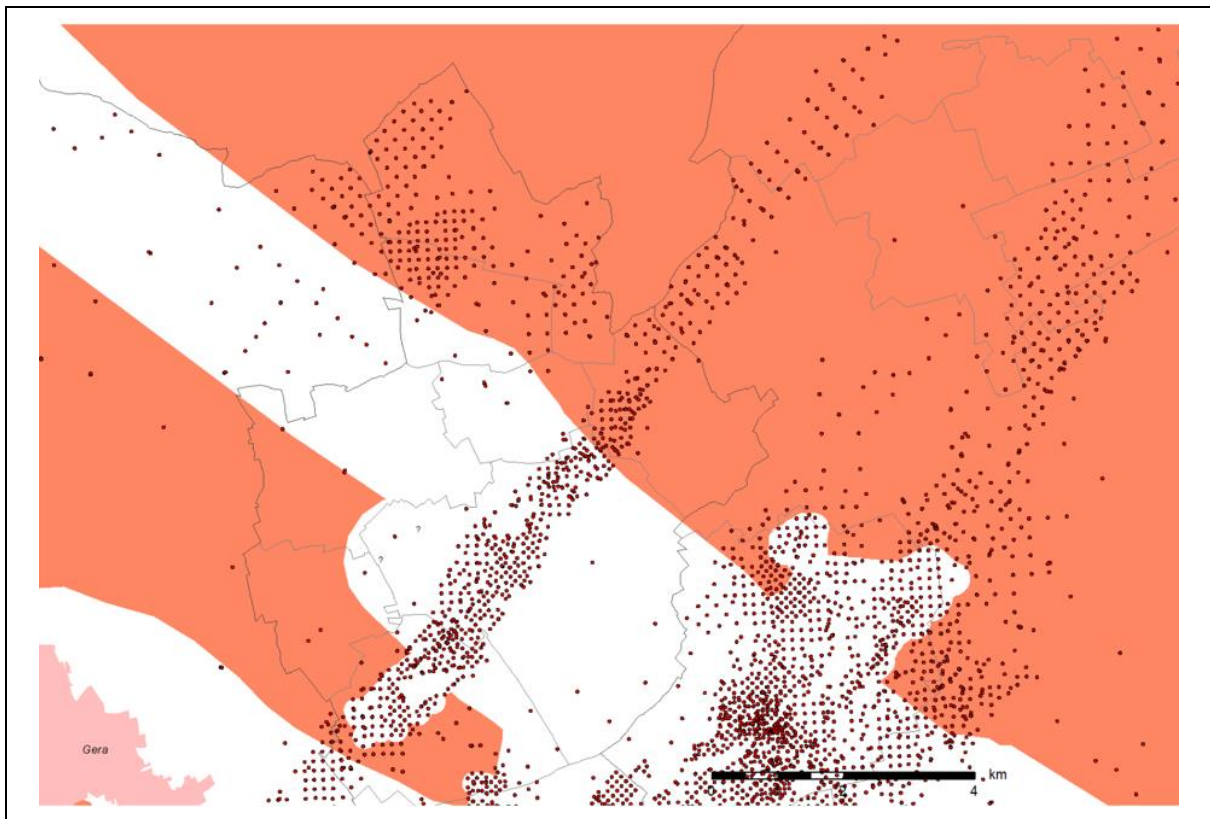


Abb. 10: Ausschnitt des Teilgebietes 009_00TG_194_00IG_K_g_SO (hellrot) im Raum Gera und Lage der an die BGE übermittelten Bohrungen (rot) mit Endteufen ≥ 300 m (Erstellung TLUBN).

3.7.2.4 Zusammenfassung zur Validierung der Anwendung der Ausschlusskriterien in Thüringen

Die Verfahrensweise des „vorsichtigen“ Ausschlusses sowie die stark schematisierte Anwendung der Kriterien ist zum jetzigen Verfahrenszeitpunkt und in Anbetracht der derzeitigen Datengrundlage grundsätzlich für das TLUBN nachvollziehbar und plausibel. Vielfach wird es allerdings zwingend erforderlich sein, in nachfolgenden Phasen des Standortauswahlverfahrens mit neuen Kenntnisständen aus Wissenschaft, Forschung und zusätzlicher Datenerhebung die Ausschlusskriterien erneut anzuwenden.

Die in Kap. 3.7.2.1 und Kap. 3.7.2.3 angesprochenen methodischen Fehler beruhen im Wesentlichen auf Schwierigkeiten, die dreidimensionale Ausdehnung der Ausschlussflächen zweidimensional darzustellen oder die Ausschlussflächen um Bohrungen sauber in die Teilgebiete einzuarbeiten. Dies ist technisch ohne erneute Anwendung des jeweiligen Kriteriums lösbar. Auch bestehende Unklarheiten zu einzelnen ausgeschlossenen Flächen (Abb. 8) lassen sich vermutlich einfach klären und nachbessern. Wesentliche Kritik des TLUBN besteht in der Anwendung des Kriteriums Aktive Störungzonen – atektonische Vorgänge in Thüringen, da hierfür übermittelte Daten durch die BGE nicht berücksichtigt, pauschal aussortiert und nicht miteinander in Beziehung gesetzt wurden. Hier empfiehlt das TLUBN die erneute Anwendung des Kriteriums.

4 Anwendung der Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG

Nach Anwendung der Ausschlusskriterien gemäß § 22 StandAG werden auf den nicht ausgeschlossenen Suchraum die in § 23 StandAG festgelegten Mindestanforderungen angewendet. Durch diesen Arbeitsschritt sollen diejenigen Gebiete ermittelt werden, in denen Wirtsgesteine in ausreichender Tiefenlage und Mächtigkeit vorkommen, die eine hinreichend große Fläche und geringe Gebirgsdurchlässigkeit haben, und bei denen der langfristige Erhalt der Barrierewirkung als gesichert erscheint. Im Ergebnis der Anwendung der Mindestanforderungen entstehen die identifizierten Gebiete, aus denen

wiederum nach Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (Kap. 5) die Teilgebiete abgeleitet werden.

4.1 Begriffsbestimmungen und vorbereitende Arbeiten

4.1.1 Definition der Wirtsgesteine nach BGE

Als Wirtsgesteine kommen gemäß § 1 (3) StandAG grundsätzlich die Wirtsgesteine Steinsalz, Tongestein und Kristallingestein in Betracht. Zu Beginn ihrer Arbeiten wird durch die BGE eine Begriffsdefinition der drei Wirtsgesteinstypen vorgenommen.

4.1.1.1 Definition Steinsalz nach BGE

Nach BGE (2020j, S. 36) muss Halit der gesteinsbildende Hauptbestandteil sein, damit eine Salzformation als potenziell endlagerrelevantes Wirtsgestein „Steinsalz“ angesehen werden kann. Diese Forderung gilt laut BGE als erfüllt, „wenn in der petrographischen Beschreibung vorhandener Bohrungen mit Schichtenverzeichnis Halit/Halinit/Steinsalz ($\wedge_{na}$), Bändersalz ($\wedge_{bds}$), Fasersalz ($\wedge_{fas}$), Hartsalz ($\wedge_{hs}$) oder Chloridgestein ($\wedge_{cl}$) als Hauptkomponente (vgl. Okrusch & Matthes 2014) angegeben wird.“

4.1.1.2 Definition Tongestein nach BGE

Die BGE fasst plastische „Tone“ und diagenetisch verfestigte „Tonsteine“ als „Tongestein“ zusammen, da beide Begriffe im StandAG synonym verwendet werden. Weiterhin definiert die BGE eine geeignete Zusammensetzung von Tongestein in BGE (2020j, S. 38) wie folgt: „Als Tongesteinsformation und Tongesteinsabfolge werden im Folgenden Gesteinsformationen bezeichnet, die überwiegend aus Tongesteinen bestehen, aber noch zusätzlich andere Gesteine wie z. B. Sandsteine oder Karbonatgesteine enthalten. Tongesteinsformationen werden somit nicht ausschließlich durch Tongesteine charakterisiert; eingeschlossen werden damit auch Ton-dominierte Vertreter aus der kontinuierlichen Reihe Kalkstein-Mergel-Tonstein. Nicht zu den endlagerrelevanten Tongesteinen zählen die Tonschiefer, bei denen es sich um metamorphe Tonsteine handelt, die nicht nach Schichtflächen, sondern nach Schieferungsflächen ablösen“.

4.1.1.3 Definition Kristallingestein nach BGE Bericht Mindestanforderungen

Nach Auffassung der BGE sind kristalline Wirtsgesteine (BGE 2020j, S. 38):

- „Plutonite entsprechend der Klassifikation nach (Streckeisen 1974, 1976) [...] und
- Hochgradig regionalmetamorphe Gesteine der Fazies Amphibolit, Eklogit und Granulit nach Eskola (1915), zu welchen u. a. Gneise und Migmatite gezählt werden [...]“

4.1.2 Identifizierte Gebiete

Die BGE erklärt diesen Begriff wie in BGE (2020j, S. 48) wie folgt:

„Der Begriff ‚identifizierte Gebiete‘ stammt aus dem § 13 Abs. 2 Nr. 2 StandAG. Die BGE verwendet diesen Begriff an dieser Stelle, um einen feststehenden Begriff mit folgender Definition einzuführen. Identifizierte Gebiete resultieren aus der Anwendung der geowissenschaftlichen Ausschlusskriterien gemäß § 22 StandAG und der Anwendung der Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG. Die identifizierten Gebiete sind damit solche Gebiete, in denen kein Ausschlusskriterium greift und alle Mindestanforderungen erfüllt sind. Aus den identifizierten Gebieten ermittelt die Vorhabenträgerin durch Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien nach § 24 StandAG die Teilgebiete, die sich auf Basis der Abwägung als günstig erweisen.“

4.1.3 Inventarisierungstabellen

Vor Beginn der konkreten Arbeiten an den Mindestanforderungen zur Ausweisung identifizierter Gebiete wurden die verfügbaren stratigraphische Tabellen von der BGE gesichtet und auf Grundlage der

lithologischen und petrographischen Beschreibung für die Steinsalz-, Tongesteins- und Kristallgesteinsvorkommen inventarisiert.

Folgende Unterlagen wurden dafür verwendet:

- Stratigraphische Tabelle Deutschland (STD)
- Publierte Regionalwerke der Länder
- Standardwerke der deutschen stratigraphischen Kommission und Subkommissionen

Das Resultat ist eine bundesweite Zusammenstellung von allen stratigraphischen Einheiten, die grundsätzlich als endlagerrelevante Gesteinsinformationen in Frage kommen. Diese ist nach Bundesländern untergliedert und in tabellarischer Form in BGE (2020I) Teil 1 und BGE (2020I) Teil 4 veröffentlicht.

Im Ergebnis werden für Thüringen 5 lithostratigraphische Einheiten im Deckgebirge und 69 lithostratigraphische Einheiten im Grundgebirge und Übergangsstockwerk ermittelt, die nach Auffassung der BGE aufgrund ihrer petrographischen Eigenschaften und ihrer in der Literatur beschriebenen Mächtigkeit prinzipiell endlagerrelevant sein könnten und hinsichtlich der Erfüllung der Mindestanforderungen genauer untersucht werden sollten.

Die durch die BGE identifizierten lithostratigraphischen Einheiten werden im Folgenden zusammenfassend dargestellt.

4.1.3.1 Geeignete lithostratigraphische Einheiten für das Wirtsgestein Steinsalz

- Zechstein, Werra-Formation (Werra-Steinsalz)
- Zechstein, Staßfurt-Formation (Staßfurt-Steinsalz)
- Zechstein, Leine-Formation (Leine-Steinsalz)

4.1.3.2 Geeignete lithostratigraphische Einheiten für das Wirtsgestein Tonstein

- Unterer Buntsandstein, Calvörde-Formation
- Mittlerer Keuper, Weser-Formation (ggf. bis Arnstadt-Formation)

4.1.3.3 Geeignete lithostratigraphische Einheiten für das Wirtsgestein Kristallin

- Permokarbonate Plutonite (12 Einheiten): Granite und Granitoide, tlw. als Gänge ausgeprägt
- Baueinheiten des Ruhlaer Kristallins (39 Einheiten): vor allem Gneise, Amphibolite, Quarzite, Phyllite, Glimmerschiefer, Kontaktmetamorphite, Metablastite
- Kyffhäuser Kristallin (15 Einheiten): Amphibolitfazielle Metamorphite, Granit/Granodiorit, Gneis
- Untergrund Thüringer Becken (3 Einheiten): Granitoide

4.1.4 Bundeslandspezifische und länderübergreifende Bearbeitung

Aufgrund der heterogenen Datenlage aus den Lieferungen der SGD konnte die Landesfläche der Bundesrepublik Deutschland von der BGE nicht einheitlich bearbeitet werden. Alle Arbeiten der BGE zu den Mindestanforderungen gliedern sich deshalb in einen bundeslandspezifischen und einen länderübergreifenden Arbeitsschritt (BGE 2020j, S. 61).

Die bundeslandspezifische Bearbeitung orientiert sich dabei an den im jeweiligen Bundesland zur Verfügung stehenden Daten. Dies führt zu einer Vielzahl an unterschiedlichen Workflows in Abhängigkeit vom Bundesland und betrachteten Wirtsgestein. Die Bearbeitung erfolgt je nach Verfügbarkeit von Daten im zweidimensionalen Raum (2D) mithilfe von Geoinformationssystemen (GIS) und/oder im dreidimensionalen Raum (3D) mit der Modellierungssoftware SKUA-GOCAD.

Bei der länderübergreifenden Bearbeitung werden die bundeslandspezifisch ausgewiesenen Gebiete, in denen die Mindestanforderungen erfüllt sind, über Ländergrenzen hinweg zusammengeführt. Das

Ergebnis ist die Ausweisung identifizierter Gebiete, wobei Gebiete, die einer geologischen/tektonischen Großeinheit und/oder derselben stratigraphischen Einheit angehören, zusammengefasst werden. Die Bearbeitung erfolgt in 2D in GIS-Projekten. Das Ziel ist eine länderübergreifende Darstellung der identifizierten Gebiete.

4.2 Berichtsform der BGE und Nachvollziehbarkeit der Arbeitsschritte

Die Ausführungen der BGE zu den einzelnen Arbeitsschritten bei der Bearbeitung der Mindestanforderungen sind sehr umfangreich bei zum Teil zu hoher Detailtiefe. So wird beispielsweise im Rahmen der sogenannten „bundeslandspezifischen Modellierprotokolle“ für den Zechstein in Thüringen die vollständige Abfolge der konkreten Befehle in der verwendeten fachspezifischen Software (ArcGIS und SKUA-GOCAD) inklusive aller Dateibezeichnungen für die aus Zwischenschritten entstandenen Arbeitsdateien dargelegt. Abbildungen, die das inhaltliche Verständnis des Arbeitsprozesses erleichtern würden, fehlen hingegen in diesem wichtigen Berichtsteil vollständig (BGE 2020j). Dies erschwert die Nachvollziehbarkeit des Verfahrens für fachfremde Leser erheblich, da neben Fachkenntnissen in der Geologie Thüringens und allgemeiner Erfahrung im Umgang mit Geodaten auch vertiefte Kenntnisse in den Softwarepaketen ArcGIS und SKUA-GOCAD zum Verständnis der einzelnen Arbeitsschritte notwendig sind.

Der Lese- und Verständnisfluss werden zusätzlich dadurch erschwert, dass sich die inhaltlich relevanten Ausführungen zur Bearbeitung der Mindestanforderungen auf verschiedene Teile des BGE-Zwischenberichts und seiner umfangreichen untersetzenden Unterlagen aufgliedern (Tab. 3).

Die relevanten Informationen, um die Bearbeitungsschritte nachvollziehen und überprüfen zu können, sind auf zahlreiche Einzeldokumente verteilt, und sind hier wiederum inhaltlich zerrissen in verschiedene Unterkapitel und Anhänge. Für mehrere Dokumente fehlen zudem aussagekräftige Inhaltsverzeichnisse, so dass die Informationen häufig nur durch manuelles Durchsuchen der kompletten Dokumente auffindbar sind. Darüber hinaus war teilweise eine eigene aufwendige Datenverarbeitung seitens des TLUBN erforderlich, um anschauliche tabellarische Auflistungen oder Kartendarstellungen für die Validierung zur Verfügung zu haben. Die Aufteilung der Erläuterungen auf verschiedene Dokumente bzw. Dokumententeile bringt es außerdem mit sich, dass Informationen wiederholt dargestellt werden und damit redundant sind, was der Übersicht über die dargebotenen Inhalte und dem allgemeinen Leseverständnis nicht zuträglich ist.

Tab. 3: Aufstellung derjenigen Dokumente, deren Studium für ein Verständnis des Vorgehens zur Anwendung der Mindestanforderungen erforderlich ist.

Relevanter Inhalt	Dokument Zwischenbericht Teilgebiete	Anmerkungen TLUBN
Begriffsbestimmungen, gesetzliche Grundlage, allgemeine verbale Beschreibung des Vorgehens	BGE (2020g): Synthesebericht „Zwischenbericht Teilgebiete“	Sehr grob zusammengefasste Darstellung, Querverweise auf alle weiteren Unterlagen
	BGE (2020j): Untersetzende Unterlage „Anwendung Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG“	Etwas detailliertere Darstellung, zum Synthesebericht teilweise redundant; Querverweise auf weitere Dokumente
Detaillierte Darstellung des bundeslandspezifischen Arbeitsprozesses	BGE (2020l), Teil 2: „Bundeslandspezifische Modellierprotokolle“ in der untersetzenden Unterlage „Datenbericht Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG und geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG“, Teil 2 von 4	Dokument umfasst 950 Seiten; für Thüringen relevant: Kap. 1.2.8, 1.3.3, 1.3.7 und 1.4.8

Detaillierte Darstellung des bundeslandübergreifenden Arbeitsprozesses	BGE (2020j): „Länderübergreifende Modellierprotokolle“, im Anhang der untersetzenden Unterlage „Anwendung Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG“	Verschiedene Anhänge, untergliedert nach Wirtsgestein; für Thüringen relevant: Anhang 4 und Anhang 18
Erläuterungen der 3D-Bearbeitung für Tongesteine und stratiformes Steinsalz	BGE (2020j): Anhang 1 der untersetzenden Unterlage „Anwendung Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG“	Erläuterungen teilweise redundant zu den Erläuterungen in den bundeslandspezifischen Modellierprotokollen
Inventarisierungstabellen	BGE (2020l), Teil 4: Vollständige Arbeitstabellen: untersetzende Unterlage „Datenbericht Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG und geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG“, Teil 4 von 4	Dokument umfasst 319 Seiten mit Tabellen und enthält kein detailliertes Inhaltsverzeichnis; für Thüringen relevant sind Tabellen auf insgesamt 9 Seiten, diese konnten nur durch manuelles Durchsuchen des Gesamtdokumentes ermittelt werden
	BGE (2020l), Teil 1: Daraus extrahierte Mastertabellen (eigentliche Ergebnisdarstellung): untersetzende Unterlage „Datenbericht Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG und geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG“, Teil 1 von 4	Kap. 5 des genannten Dokumentes, insgesamt 159 Seiten mit Tabellen für alle Bundesländer; für Thüringen relevant sind Tabellen auf 14 Seiten; mangels eines detaillierten Inhaltsverzeichnisses konnten diese nur durch manuelles Durchsuchen aller 159 Seiten ermittelt werden
Liste entscheidungserheblicher Bohrdaten	BGE (2020l), Teil 3: Untersetzende Unterlage „Datenbericht Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG und geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG“, Teil 3 von 4	Veröffentlichung in Form von vollständig ausgegrauten Schichtenverzeichnissen; kein detailliertes Inhaltsverzeichnis; insgesamt 2189 Seiten, davon 776 Seiten für Thüringen relevant, Ermittlung durch manuelles Durchsuchen des Dokumentes; Bohrungsliste musste durch TLUBN mittels eigener Datenverarbeitung aufwendig aus den Schichtenverzeichnissen rekonstruiert werden; enthält nach Prüfung des TLUBN nur entscheidungserhebliche Bohrdaten für Salzgestein (nicht für Kristallin)
Liste entscheidungserheblicher 3D-Modelle	BGE (2020l), Teil 3: Untersetzende Unterlage „Datenbericht Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG und geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG“, Teil 3 von 4	Sortierung nach Wirtsgestein; mehrfache Nennung des Influx-Modells des TLUBN in gemeinsamer tabellarischer Darstellung mit Daten anderer Bundesländer (manuelles Durchsuchen des Dokumentes erforderlich, um Einträge zu finden); Information ist redundant zu weiteren Tabellen, z.B. bei den „bundeslandspezifischen Modellierprotokollen“
Liste entscheidungserheblicher thematischer Karten	BGE (2020l), Teil 3: Untersetzende Unterlage „Datenbericht Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG und geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG“, Teil 3 von 4	Tabellarische Auflistung von fünf Isopachenkarten für Zechstein in Thüringen, ermittelbar durch manuelles Durchsuchen des Dokumentes; Nennung der „Reinhold-Karte“ für Kristallin in ganz Deutschland; weitere verwendete Karten („Seidel-Karten“) fehlen; Information ist redundant zu weiteren Tabellen, z.B. bei den „bundeslandspezifischen Modellierprotokollen“

Kurzbeschreibung aller verwendeten 3D-Modelle	BGE (2020I), Teil 1: Untersetzende Unterlage „Datenbericht Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG und geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG“, Teil 1 von 4	Teilweise redundant zu Darstellungen der 3D-Modelle in anderen Dokumenten
Erläuterung allgemeiner Vorgehensweisen bei der Datenaufbereitung von Schichtenverzeichnissen, Karten und weiteren Daten	BGE (2020I), Teil 1: Untersetzende Unterlage „Datenbericht Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG und geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG“, Teil 1 von 4	

Im Rahmen der Validierung des Zwischenberichts Teilgebiete für Thüringen hat das TLUBN die Erläuterungen der BGE durch eigene GIS- und 3D-Modellierarbeiten mit den bei der BGE verwendeten Daten nachvollzogen. Hierfür wurden relevante Daten im TLUBN aufbereitet (z.B. Georeferenzieren von analogem Kartenmaterial, 3D-Darstellung der Lithologie entlang von Bohrpfeilen u.ä.). Außerdem wurden wesentliche Teile des Arbeitsprozesses der BGE anhand der Erläuterungen im Zwischenbericht Teilgebiete im TLUBN mithilfe der Systeme ArcGIS und SKUA-GOCAD nachgestellt (z.B. Interpolation von Informationen aus Karten). Für die vier Thüringer Teilgebiete wurden anhand der veröffentlichten Umriss- und der Ausführungen der BGE dreidimensionale Darstellungen erarbeitet, um sie im 3D-Modell zusammen mit den zur Verfügung stehenden Daten detailliert begutachten zu können.

Aufgrund der wenig anschaulichen Beschreibung des Vorgehens durch die BGE wurden bei der Analyse des Berichts durch das TLUBN eine Reihe von Prinzipdarstellungen entworfen, die das Vorgehen der BGE greifbarer machen sollten. Hierbei wurde versucht, die wesentlichen Charakteristika des BGE-Workflows aufzugreifen und graphisch darzustellen. Wesentliche Arbeitsschritte der BGE erfolgen mit sehr programmspezifischen Befehlen, die Geometrien und zugehörige Attribute von unterschiedlichen geowissenschaftlichen Eingangsdaten miteinander verrechnen (z.B. Feldberechnungen in ArcGIS, Makros in SKUA-GOCAD). Die angesprochenen Prinzipdarstellungen sind vom TLUBN entwickelte geometrische Veranschaulichungen dieser komplexen Rechenschritte. Alle Prinzipdarstellungen sind in den zugehörigen Abbildungsunterschriften als solche gekennzeichnet.

In den Kapiteln 4.3.2 und 4.5.2 wird durch das TLUBN versucht, den Workflow der BGE bei der Anwendung der Mindestanforderungen zusammenhängend darzustellen. Diese Darstellungen sind eine Synthese aus den in Tab. 3 aufgeführten Dokumenten und zwangsläufig vereinfachend, da sie sich zur Sichtbarmachung eines „roten Fadens“ auf die wesentlichen Merkmale des Verfahrens fokussieren und insbesondere auch Wert darauf gelegt wurde, mit so wenig fachspezifischen Begriffen wie möglich zu arbeiten. Zusammen mit den Prinzipdarstellungen soll so auch fachfremden Lesern ein Grundverständnis der Arbeitsweise der BGE sowie auch der jeweiligen Positionen des TLUBN dazu (Kap. 4.4 und 4.6) ermöglicht werden.

4.3 Bearbeitung der Mindestanforderungen im Wirtsgestein Steinsalz

4.3.1 Datengrundlage für die Bearbeitung im Wirtsgestein Steinsalz

4.3.1.1 Datenlieferungen durch das TLUBN

Auf Anforderung der BGE fanden durch das TLUBN insgesamt vier Datenlieferungen im Zusammenhang mit der Bearbeitung der Mindestanforderungen statt (vollständige Zusammenstellung siehe Anhang E: Zusammenstellung und Kategorisierung nach GeoIDG §§ 17 + 29 für Daten, die vom TLUBN (R81) im Zuge des StandAG § 12 (3) der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) bis zum 30.06.2020

übermittelt wurden). Seitens des TLUBN werden dabei folgende Daten für die Kartierung des Wirtsgesteins Steinsalz als relevant erachtet:

- Digital verfügbare Stammdaten und Schichtenprofile von Bohrungen mit Endtiefen ≥ 300 m
- Digital verfügbare Bohrlochmessungen zu insgesamt 177 Bohrungen
- 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens (14 Horizontflächen, 59 Störungsflächen, 2.098 für die Modellierung verwendete Bohrungen mit Schichtmarkern)
- Digitale Geologische Karte von Thüringen im Maßstab 1 : 25.000
- Digitale Geologische Karte von Thüringen im Maßstab 1 : 200.000
- Hydrogeologische Übersichtskarte von Thüringen im Maßstab 1 : 200.000
- Kartendarstellungen zu Tiefenlagen und Mächtigkeiten der Steinsalzhorizonte sowie zur Auslaugung von Salzgesteinen (Tab. 4)

Diejenigen Daten, die von der BGE für die Bearbeitung der Mindestanforderungen im Wirtsgestein Steinsalz verwendet wurden, sind in der obenstehenden Auflistung unterstrichen (BGE 2020I, Teil 2, S. 192).

Tab. 4: Zusammenstellung der vom TLUBN an die BGE gelieferten Kartendarstellungen mit Tiefenlagen, Mächtigkeiten und Auslaugungsgrenzen von Salzgesteinen im Zechstein und Buntsandstein. Farbig markiert: Karte ist in die Bearbeitung der Teilgebiete eingeflossen; unterstrichen: Bestandteil der Karte, der nach Analyse des TLUBN von der BGE verwendet wurde.

Kartenbezeichnung und Maßstab	Für Mindestanforderungen relevanter Inhalt	Abgedecktes Gebiet	Erscheinungsjahr	Von BGE verwendet
Isopachenkarte des Werrasteinsalzes 1 : 200.000	<u>Mächtigkeit und Auslaugungsgrenzen Werra-Steinsalz</u> , Zechsteinausbiss	Thüringer Becken, Südthüringen	1963	ja (verw. nur in Südthüringen)
Isopachenkarte des Staßfurtsteinsalzes 1 : 200.000	<u>Mächtigkeit und Auslaugungsgrenzen Staßfurt-Steinsalz</u> , Zechsteinausbiss	Thüringer Becken	1963	ja
Isopachenkarte des Leinsteinsalzes 1 : 200.000	<u>Mächtigkeit und Auslaugungsgrenzen Leine-Steinsalz</u> , Zechsteinausbiss	Thüringer Becken	1963	ja
Isopachenkarte des Allersteinsalzes 1 : 200.000	<u>Mächtigkeit und Auslaugungsgrenzen Aller-Steinsalz</u> , Zechsteinausbiss	Thüringer Becken	1963	ja
Isopachen P2Na3 1 : 200.000	Mächtigkeit Leine-Steinsalz	Thüringer Becken	1969	nein
Karte der Zechsteinbasis 1 : 200.000	Tiefenlage Zechsteinbasis, Verbreitungsgrenzen Permosiles	Thüringer Becken, Südthüringen	1969	nein
Karte der Mächtigkeit des Rötsalzes und seiner Äquivalente 1 : 200.000	Mächtigkeit und Verbreitung des Rötsalzes, Buntsandsteinausbiss	Thüringer Becken	1972	nein
Werra-Serie und Isopachenschema Zechstein-Basis 1 : 200.000	Tiefenlage Zechsteinbasis, primäre Verbreitung Werra-Steinsalz, Auslaugungsgrenze Werra-Steinsalz, Verbreitung der Werra-Kalilager, Mächtigkeit Weißliegendes, ungefähre Grenze zwischen kalzitischer und dolomitischer Ausprägung im Werra-Karbonat	Südthüringen	1978	nein
Tiefenlinien des Horizontes Z3 (Karte in 5 Einzelteilen) 1 : 200.000	Tiefenlage des seismischen Reflektors Z3 (entspricht Zechsteinbasis)	Thüringer Becken	1978	nein

Karte der Zechsteinbasis 1 : 200.000	Tiefenlage Zechsteinbasis, Verbreitungsgrenzen Permosiles, Verbreitungsgrenzen Werra-Steinsalz, Grenze Zechsteinkalk/Werradolomit, Mächtigkeit Werra-Dolomit, Bohrungen im Werradolomit mit Zufluss-Situation (Gas, Wasser, kein Zufluss)	Thüringer Becken, Südthüringen	1979	nein
Isopachenkarte des Na1 (Gesamtmächtigkeit der Steinsalzhorizonte innerhalb der Werra-Serie) 1 : 200.000	<u>Mächtigkeit und Verbreitungsgrenzen Werra-Steinsalz</u> , Mächtigkeit und nördliche Verbreitungsgrenze des T1γ (unmittelbar an das Werra-Steinsalz anschließender Horizont im oberen Werra-Anhydrit), Ablaugungsgrenze des oberen Werra-Steinsalzhorizontes (unterhalb T1γ)	Thüringer Becken	1984	ja
Verbreitung und Fazies des Kalisalzflözes Staßfurt 1 : 200.000	Verbreitungsgrenze des Staßfurt-Steinsalzes, Verbreitungsgrenze des Staßfurt-Kalisalzes, Grenze der Vererbung Staßfurt-Kalisalz/Hartsalz, Grenze Hartsalz/Mischsalz, Grenze Mischsalz/Carnallit	Thüringer Becken	1984	nein
Isopachen des A1 und Na1 1 : 200.000	Mächtigkeit und Verbreitungsgrenzen Werra-Anhydrit, Mächtigkeit und Verbreitungsgrenzen Werra-Steinsalz	südliche subherzyne Senke (Raum Nordhausen)	1985	nein
Abdeckung des Staßfurt-karbonats 1 : 200.000	Mächtigkeit und Verbreitungsgrenzen Staßfurt-Steinsalz, Verbreitungsgrenzen Staßfurt-Kalisalz, Mächtigkeit und Verbreitungsgrenzen des Leine-Steinsalzes, Verbreitungsgrenzen Röt-Steinsalz, Gaslager im Werra-, Staßfurt- und Leine-Karbonat sowie im Leine-Anhydrit	Thüringer Becken	1984	nein
Werra-Kaligebiet: Salzhangverlauf anhand reflexionsseismischer Tiefenprofile 1 : 50.000	Ablaungsgebiete und Subrosions-senken innerhalb des Werra-Kaligebiets	Südthüringen	2004	nein

4.3.1.2 Daten nach Eigenrecherche der BGE

Die BGE verwendet nach eigener Recherche drei weitere thematische Karten (BGE 2020I Teil 2 S. 193):

- Seidel (2013): Stratigraphie, Fazies und geologische Stellung des Zechsteins und der Trias Thüringens. Beiträge zur Geologie von Thüringen. Neue Folge, Bd. 20, S. 21-78.
 - (1) „Mächtigkeitskarte des Werrasteinsalzes“ Abbildung 4 auf S. 29
 - (2) „Mächtigkeitskarte Staßfurtsalz“ Abbildung 9 auf S. 37
- Ziegler (1989): North German Zechstein facies patterns in relation to their substrate. Geologische Rundschau, 78, S. 105-127.
 - (3) „Werra Anhydrite isopach map including Werra Salt distribution“ Abbildung 3 auf S. 110

4.3.2 Vorgehen der BGE bei der Ausweisung der Teilgebiete im Wirtsgestein Steinsalz

Im Ergebnis der Inventarisierung (Kap. 4.1.3) wurden für Thüringen potenzielle Wirtsgesteine in der Werra-, Staßfurt- und Leine-Formation des Zechsteins identifiziert. Eine eigenständige Abgrenzung der zu behandelnden Steinsalzformationen war in der gegenwärtigen Phase des Standortauswahlverfahrens aufgrund der vorliegenden Datenlage nach Ansicht der BGE nicht oder nicht fachgerecht möglich.

Daher wurden die Mindestanforderungen auf die gesamte Gesteinsabfolge des Zechsteins angewendet.

Aus dem vom TLUBN gelieferten Datenbestand verwendet die BGE vier Isopachenkarten des Werra-, Staßfurt-, Leine- und Aller-Steinsalzes aus dem Jahr 1963, eine Isopachenkarte des Werra-Steinsalzes aus dem Jahr 1984, die Horizontflächen aus dem 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens sowie die digital verfügbaren Schichtenprofile von Bohrungen mit Endtiefen ≥ 300 m. Nach eigener Recherche verwendet die BGE zusätzlich noch zwei Übersichtskarten im Maßstab 1 : 1.000.000 mit Darstellungen der Mächtigkeiten des Werra- und des Staßfurt-Steinsalzes aus Seidel (2013), sowie eine paläogeographische Karte des Zechsteins aus Ziegler (1989) (Kap. 4.3.1).

Die Anwendung der Mindestanforderungen gliedert sich in einen bundeslandspezifischen und einen bundeslandübergreifenden Teil. Während der bundeslandübergreifende Teil vor allem der Harmonisierung der identifizierten Gebiete über die Ländergrenzen hinweg dient, stellt der bundeslandspezifische Teil den Hauptteil bei der Identifizierung von Gebieten dar.

4.3.2.1 Bundeslandspezifischer Teil

4.3.2.1.1 Bearbeitung im Thüringer Becken

4.3.2.1.1.1 Bearbeitung im 3D-Modell

Für das Gebiet des Thüringer Beckens liegt ein 3D-Übersichtsmodell vor (Kap. 4.3.1.1). Zunächst grenzt die BGE anhand dieses 3D-Modells denjenigen Raum ab, in welchem Zechstein-Salz in dem aus dem StandAG abgeleiteten Teufenbereich von 300 m bis 1.500 m unter Gelände vorkommen kann. Hierfür werden die Topfläche des Zechsteins (Zechstein-Top), die Basisfläche des Zechsteins (Zechstein-Basis) sowie ein digitales Geländemodell (DGM) verwendet. Die im Folgenden beschriebenen Arbeitsschritte werden in Abb. 11 visualisiert.

Die Flächen Zechstein-Top und Zechstein-Basis umschließen den Körper des Zechsteins und damit diejenige stratigraphische Einheit, in welcher das Wirtsgestein Steinsalz verbreitet ist. Um die Anteile des Zechsteins zu identifizieren, welche oberhalb von 300 m unter Gelände liegen, wird das DGM um 300 m nach unten verschoben (DGM-300 m). Alle Bereiche des Zechsteins, welche oberhalb der Fläche DGM-300 m liegen, werden entfernt (Mindestanforderung „Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ nach § 23 Abs. 5 Nr. 3 StandAG). Um weiter die Anteile des Zechsteins zu identifizieren, welche unterhalb von 1.500 m unter Gelände liegen, wird das DGM um 1.500 m nach unten verschoben (DGM-1.500 m). Überall dort, wo die Fläche Zechstein-Basis tiefer liegt als die Fläche DGM-1.500 m, wird die Fläche Zechstein-Basis auf das Niveau der Fläche DGM-1.500 m angehoben. Dieser Arbeitsschritt ist geometrisch äquivalent zu einem „Wegschneiden“ aller Anteile des Zechstein-Körpers, die tiefer als 1.500 m unter Gelände liegen („Untere Begrenzung des Suchraums“ nach den Empfehlungen des AkEnd 2002). Im Resultat ist damit zunächst der Raum definiert, in welchem Zechstein im geforderten Teufenbereich verbreitet ist.

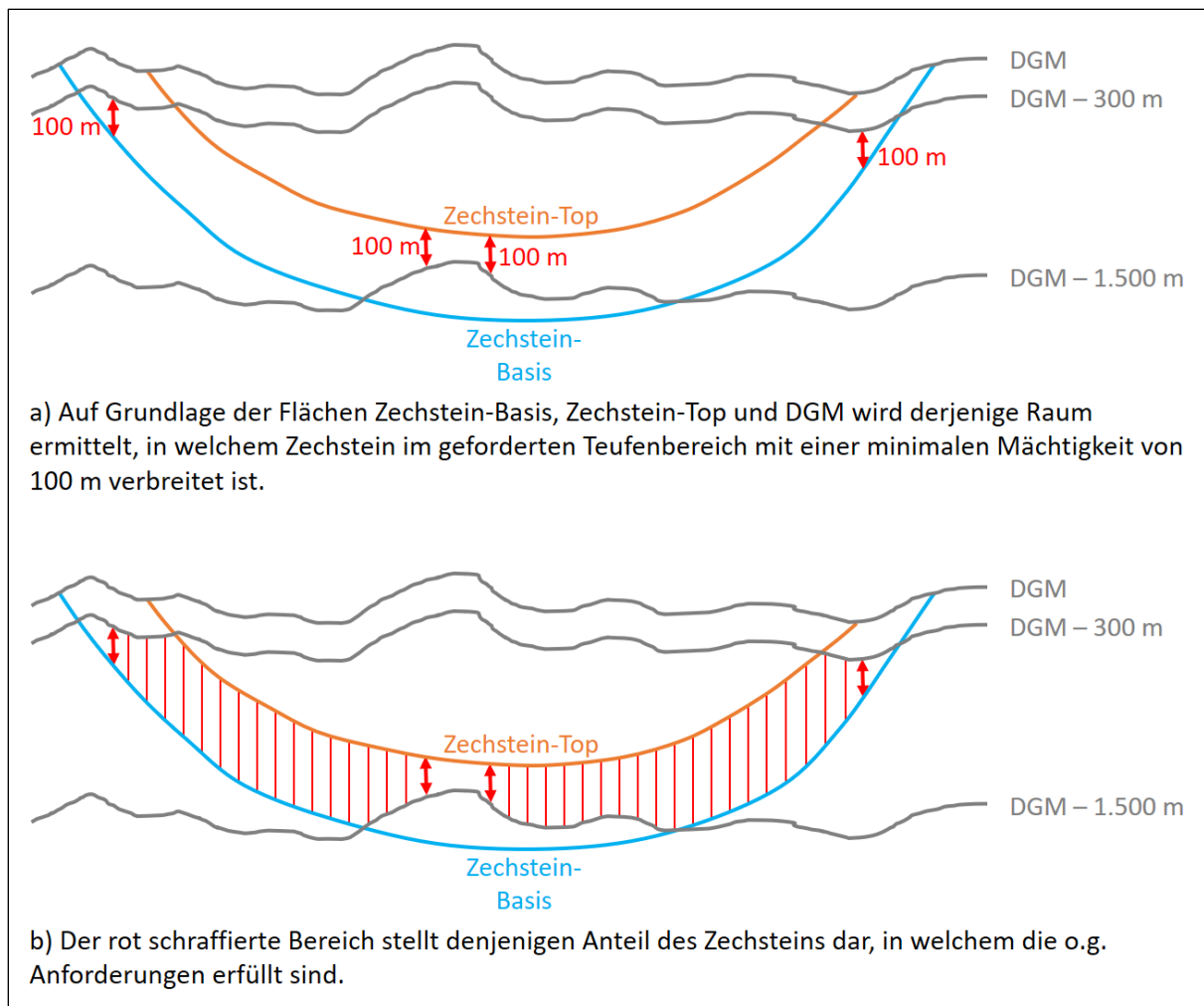


Abb. 11: Eingrenzung des Suchraums anhand des 3D-Übersichtsmodells im Zechstein des Thüringer Beckens (Prinzipdarstellung).

Nachfolgend wird geprüft, ob der Abstand (kürzeste Distanz) zwischen Zechstein-Top und Zechstein-Basis mindestens 100 m beträgt. Alle Bereiche, in denen dies nicht der Fall ist, werden entfernt (Mindestanforderung „Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ nach § 23 Abs. 5 Nr. 2 StandAG).

Im Ergebnis der Bearbeitung im 3D-Modell wird derjenige Raum im Thüringer Becken identifiziert, in welchem Gesteine des Zechsteins im geforderten Teufenbereich mit einer minimalen Mächtigkeit von 100 m verbreitet sind. Die Basisfläche dieses bis hierher identifizierten Gebiets wird extrahiert und als Polygon für die weitere 2D-Bearbeitung nach ArcGIS überführt (Abb. 12).

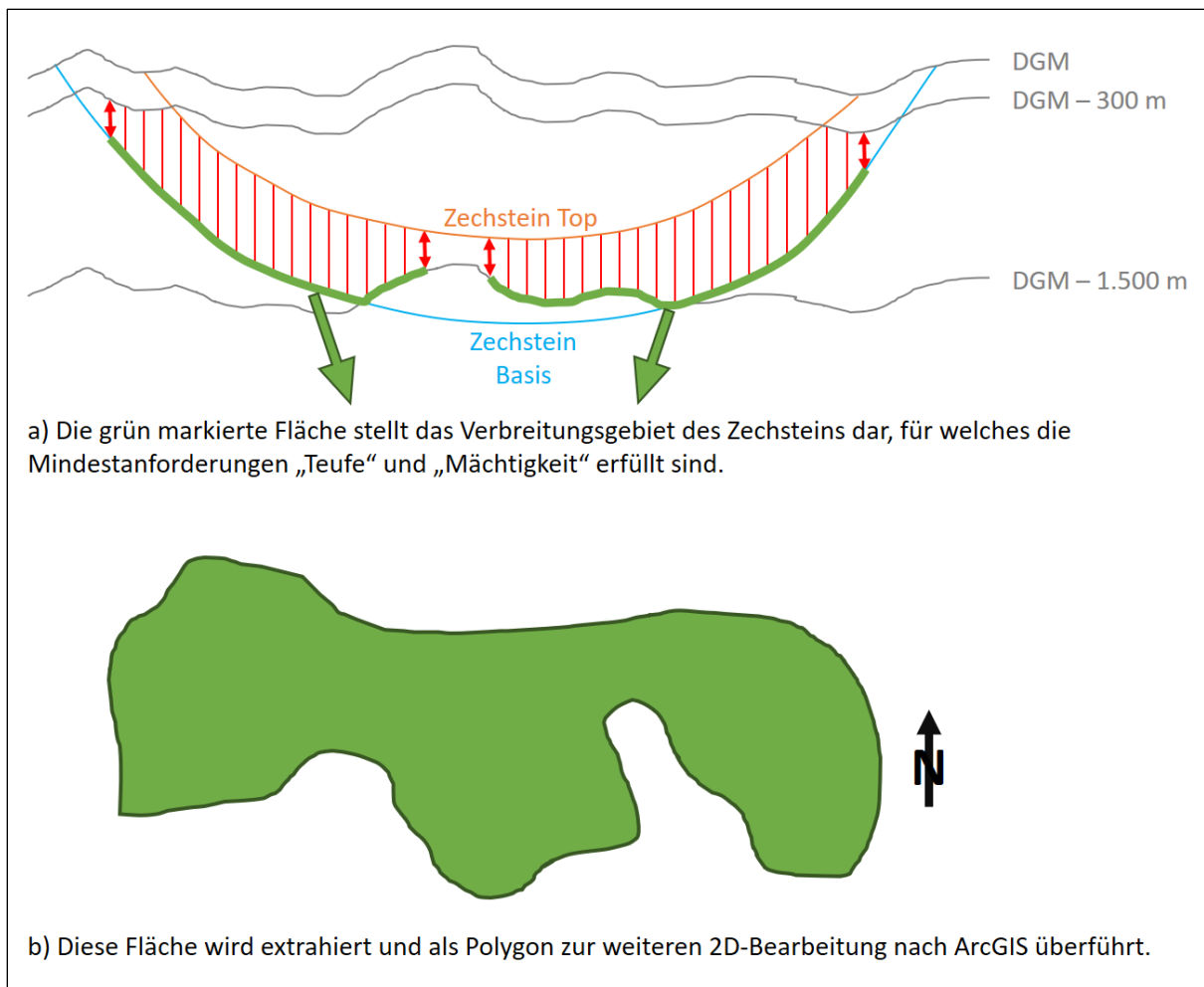


Abb. 12: Erstellung eines Polygons, welches die Verbreitung von Gesteinen des Zechsteins mit ausreichender Mächtigkeit und passender Tiefenlage ausweist. Das Polygon wird als Ergebnis der 3D-Bearbeitung aus dem 3D-Modell extrahiert und in einem späteren Arbeitsschritt in der 2D-Bearbeitung weiterverwendet (Prinzipdarstellung).

4.3.2.1.1.2 2D-Bearbeitung – Isopachenkarten

Bei der anschließenden 2D-Bearbeitung wird geprüft, ob innerhalb des in der 3D-Bearbeitung ausgewiesenen Zechstein-Verbreitungsgebiets ausreichend große Salzmächtigkeiten ausgebildet sind. Hierfür werden von der BGE verschiedene Isopachenkarten des Werra-, Staßfurt-, Leine- und Allersalzes sowie Schichtenverzeichnisse von Bohrungen genutzt (Kap. 4.3.1). Dabei entfällt der größte Teil der Arbeiten auf die Auswertung der Isopachenkarten.

Generell sind auf Isopachenkarten Linien gleicher Mächtigkeit für eine Schicht aufgetragen. Strenggenommen ist die Mächtigkeit aber immer nur entlang einer solchen Linie exakt definiert. Die Schichtmächtigkeit zwischen zwei benachbarten Isopachen ist hingegen nicht exakt definiert. Dabei wäre im Fall der Isopachenkarten ein „natürlicher“ Verlauf der Schichtmächtigkeiten ein Verlauf, bei dem sich die Schichtmächtigkeit zwischen den Isopachen kontinuierlich ohne Brüche zwischen den Linien fortentwickelt. Um zu so einer vollflächigen Information über die Schichtmächtigkeit zu gelangen, muss die Mächtigkeit zwischen den Isopachen interpoliert werden. Aus der Mathematik sind eine große Vielzahl an unterschiedlichen räumlichen Interpolationsmethoden bekannt. Darüber hinaus gibt es eine Reihe von Softwarepaketen, mit denen sich eine solche räumliche Interpolation ausführen lässt. Das einfachste Interpolationsverfahren ist das der stückweise konstanten Interpolation nach der Methode des „nächsten Nachbarn“. Dabei wird einem Bereich zwischen zwei benachbarten Datenpunkten immer ein konstanter Wert zugewiesen, welcher dem nächstgelegenen Datenpunkt entspricht.

Die BGE wählt zur Herstellung einer flächenhaften Mächtigkeitsinformation aus den Isopachenkarten eine eigene, vereinfachte Methodik der stückweise konstanten Interpolation:

Zwischen zwei benachbarten Isopachen konstruiert die BGE jeweils händisch ein Polygon. Dieses Polygon beinhaltet die von den Isopachen begrenzte Fläche vollständig, füllt also die „Datenlücken“ zwischen den Isopachen aus. Dem Polygon wird nun ein konstanter Wert für die Schichtmächtigkeit zugewiesen. Dabei wird der Wert derjenigen angrenzenden Isopache mit der höheren Mächtigkeit verwendet. Weist die Karte also z.B. zwei benachbarte Isopachen mit den Werten 20 m und 30 m aus, dann erhält das konstruierte Polygon und damit die zwischen den Isopachen liegende Fläche einen Mächtigkeitswert von 30 m (Abb. 13).

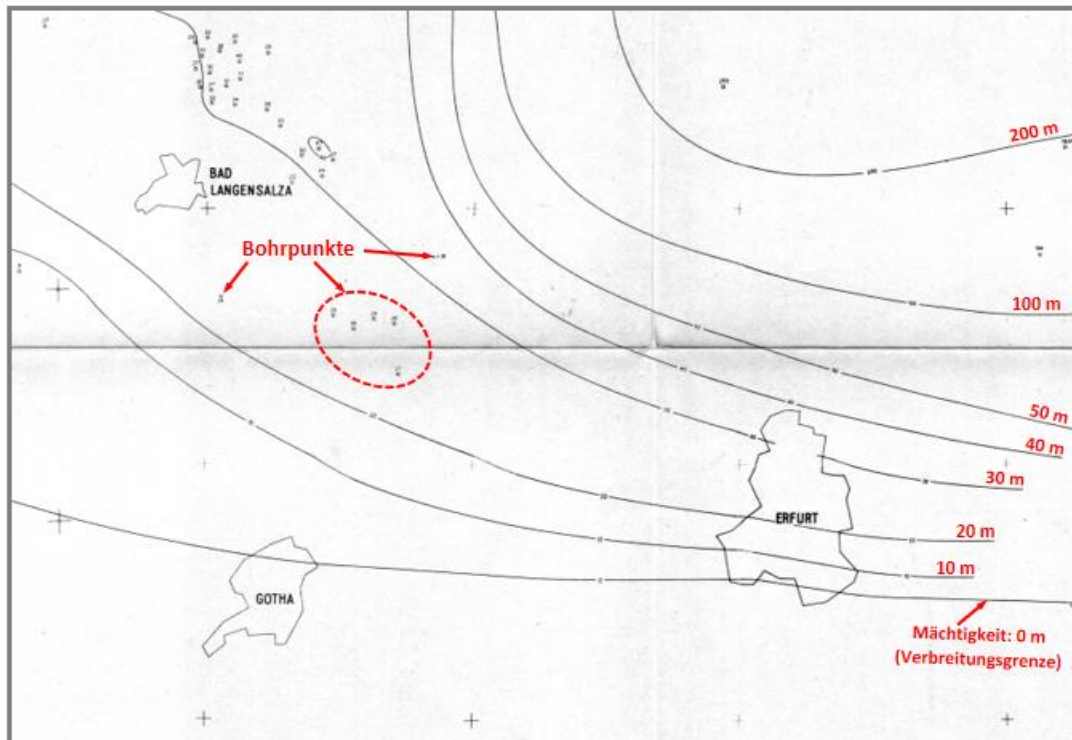
Die BGE füllt alle verwendeten Isopachenkarten des Werra-, Staßfurt-, Leine- und Aller-Steinsalzes vollständig mit Mächtigkeitspolygonen nach dem oben beschriebenen Verfahren aus. In der gegenwärtigen Phase des Standortauswahlverfahrens wird aber keine eigenständige Abgrenzung der zu behandelnden Steinsalzformationen vorgenommen, sondern die Mindestanforderungen werden auf die gesamte Abfolge des Zechsteins angewendet. Daher wird im nächsten Schritt die Gesamtmächtigkeit der salinaren Zechsteinschichten ermittelt. Diese erhält die BGE, indem sie die Werte der Mächtigkeitspolygone aus den Isopachenkarten quasi „übereinanderlegt“ und aufaddiert bzw. kumuliert (Abb. 14).

Die von der BGE erstellten Mächtigkeitspolygone folgen an ihren Rändern immer den Isopachen der zugrundeliegenden Karten. Werden nun die Werte der Mächtigkeiten von mehreren Karten überlagert und aufaddiert, dann kann man sich diesen Rechenprozess geometrisch so veranschaulichen, dass die resultierende Karte ein Schnittmuster aller überlagerten Mächtigkeitspolygone abbildet, wobei die Ränder jeder einzelnen „Parzelle“ immer den Isopachen aus den zugrundeliegenden Karten folgen (Abb. 15). Jede durch die Überlagerung entstandene „Parzelle“ enthält einen Wert für die kumulierte Mächtigkeit der Mächtigkeitspolygone aller in die Berechnung eingeflossenen Karten.

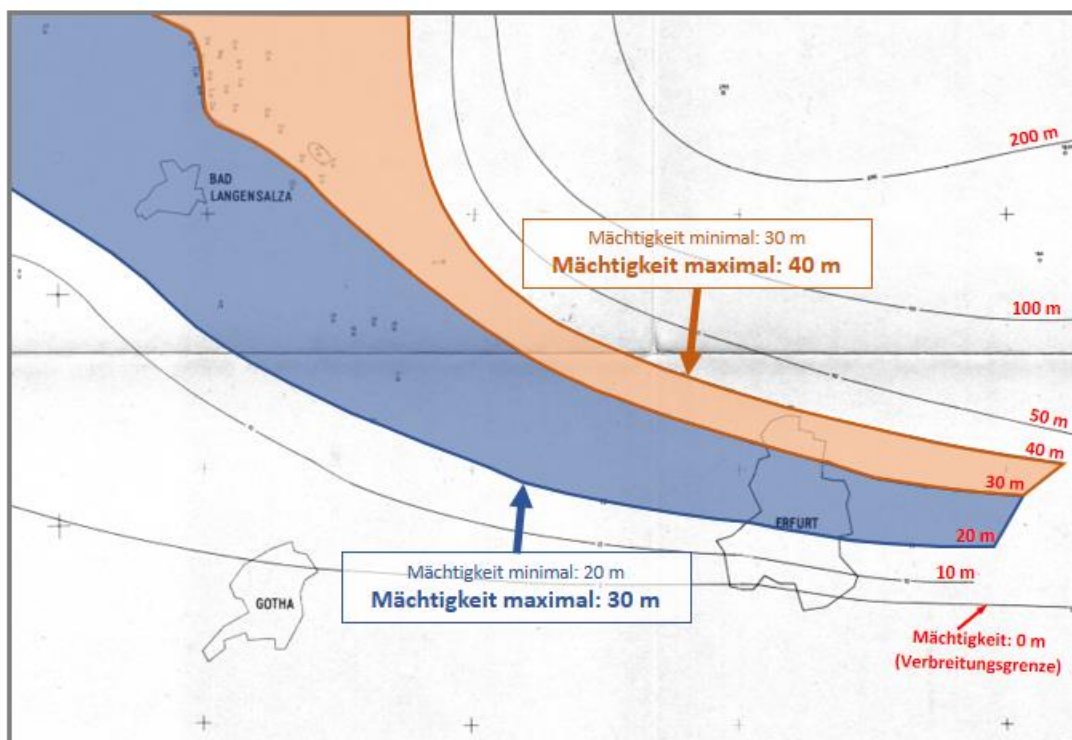
Im nächsten Schritt wird nun geprüft, ob diese kumulierte Mächtigkeit < 100 m oder ≥ 100 m ist. „Parzellen“, in denen die kumulierte Mächtigkeit < 100 m beträgt, werden verworfen. Aus denjenigen „Parzellen“, in denen die kumulierte Mächtigkeit ≥ 100 m beträgt, wird eine neue Verbreitungskarte erstellt. Diese Karte weist Gebiete aus, in denen die kumulierte Steinsalzmächtigkeit im Zechstein mindestens 100 m beträgt.

Die Verbreitungskarte der kumulierten Steinsalzmächtigkeiten ≥ 100 m wird anschließend mit der Karte der Verbreitung des Zechsteins entsprechend der Mindestanforderungen Teufe und Mächtigkeit (Kap 4.3.2.1.1.1 und Abb. 12) verschnitten. Das Resultat ist eine weitere Verbreitungskarte, in der folgende zwei Bedingungen erfüllt sind:

- Zechstein ist mindestens 100 m mächtig und befindet sich in einem Teufenbereich zwischen 300 m und 1.500 m unter Gelände
- Innerhalb des Zechsteins befinden sich Steinsalz-Ablagerungen, deren kumulierte Mächtigkeit mindestens 100 m beträgt



a) Beispiel für eine Mächtigkeitskarte („Isopachenkarte des Staßfurtsteinsalzes“, Version von 1963, Ausschnitt); die Karte zeigt Linien gleicher Mächtigkeit des Staßfurtsteinsalzes im Thüringer Becken sowie die Lage derjenigen Bohrungen, die in die Konstruktion der Karte eingeflossen sind.



b) Konstruktion von Polygonen zwischen benachbarten Isopachen; jedem Polygon wird als Mächtigkeit der Wert der jeweils größeren Isopache zugewiesen.

Abb. 13: Herstellung einer flächenhaften Mächtigkeitsinformation aus Isopachenkarten nach dem Verfahren der BGE. Zwischen zwei benachbarten Isopachen wird immer ein Polygon konstruiert, welches als Mächtigkeit den Wert der angrenzenden Isopache mit der höheren Mächtigkeit erhält (Prinzipdarstellung).

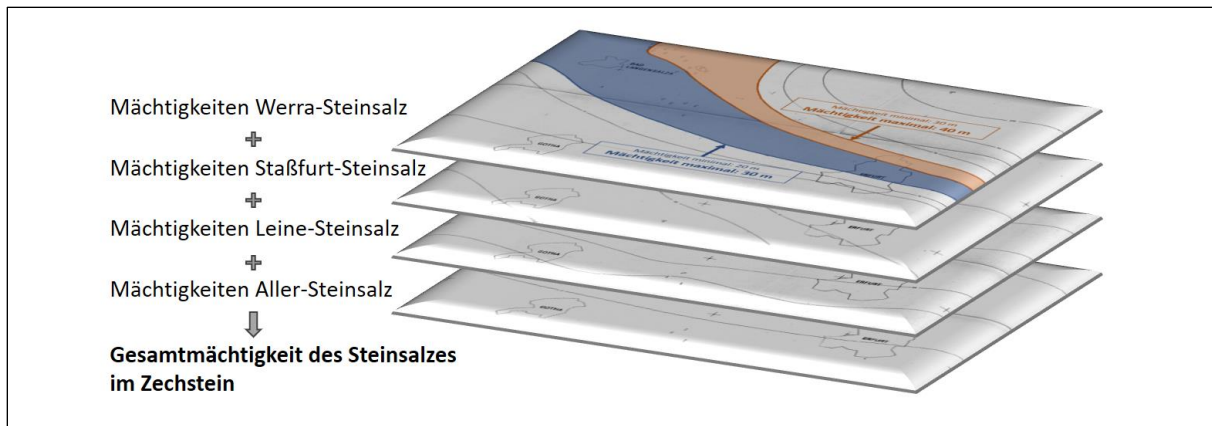


Abb. 14: Aufaddieren der (über die Polygone definierten) Mächtigkeiten für das Werra-, Staßfurt-, Leine- und Aller-Steinsalz zu einer Gesamtmächtigkeit des Steinsalzes im Zechstein (Prinzipdarstellung).

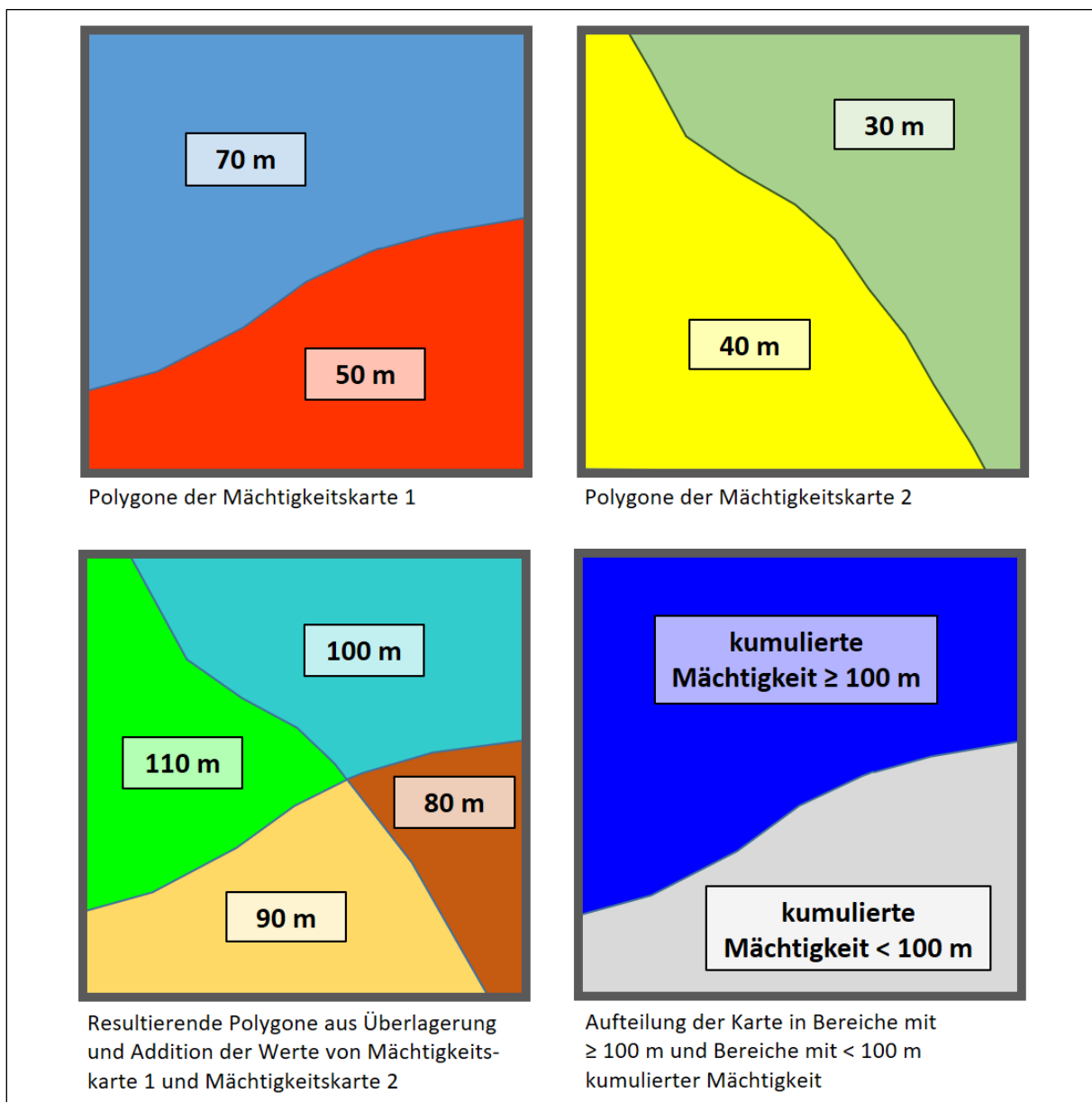


Abb. 15: Ableitung der kumulierten Salzmächtigkeiten ≥ 100 m aus einer Überlagerung der Mächtigkeitspolygone von zwei Karten (Prinzipdarstellung).

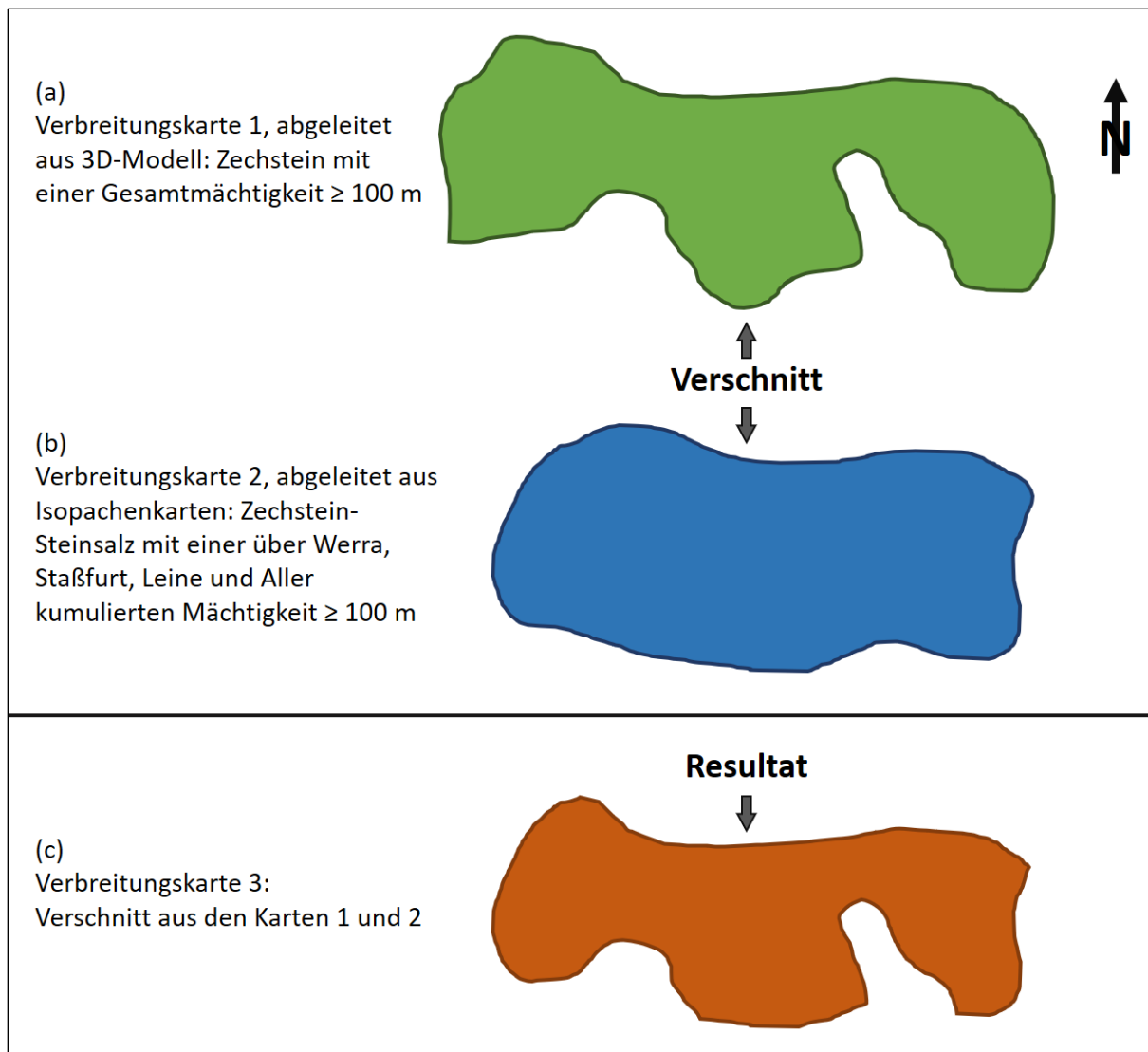


Abb. 16: Erstellung eines Polygons, welches die Verbreitung von Steinsalzen im Zechstein ausweist. Die aus dem 3D-Modell abgeleitete Karte der Verbreitung des Zechsteins im geforderten Teufenbereich mit einer Mindestmächtigkeit von 100 m wird mit der aus den Isopachendarstellungen gewonnenen Verbreitungskarte der kumulierten Steinsalzmächtigkeiten von mindestens 100 m verschnitten. Das Resultat ist eine Verbreitungskarte (c), in der folgendes erfüllt ist: (a) Zechstein ist mit einer Mächtigkeit von mindestens 100 m in einem Teufenbereich zwischen 300 m und 1.500 m unter Gelände vorhanden und (b) die über den gesamten Zechstein kumulierten Steinsalzmächtigkeiten betragen mindestens 100 m (Prinzipdarstellung).

4.3.2.1.1.3 2D-Bearbeitung – Bohrungen

Die erstellte Verbreitungskarte wird abschließend mit den vom TLUBN gelieferten Bohrdaten abgeglichen. Hierbei werden ebenfalls die über den kompletten Zechstein aufsummierten Steinsalzmächtigkeiten zugrunde gelegt. Die Ausführungen der BGE zu diesem Arbeitsschritt sind unpräzise formuliert. Laut BGE (2020I, Teil 2, S. 199) werden zunächst diejenigen Schichten aus den Bohrprofilen gefiltert, „die entweder als erste Komponente Steinsalz [...] oder die passende stratigraphische Einheit aufweisen“. Diese Formulierung wirft zwei inhaltliche Fragen auf:

1. Filtern aller Schichten, „die [...] als erste Komponente Steinsalz“ enthalten: diese Formulierung würde bedeuten, dass neben dem Zechstein auch alle Steinsalz-führenden Schichten aus dem Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper gefiltert und anschließend zusammen mit den Zechstein-Salzen aufsummiert wurden. Diese Vorgehensweise wäre falsch und kann daher nicht die Absicht der BGE gewesen sein.
2. Filtern aller Schichten, die „die passende stratigraphische Einheit aufweisen“: hier wird nicht näher erläutert, welche stratigraphischen Einheiten als „passend“ erachtet werden.

Nach Analyse der von der BGE veröffentlichten entscheidungserheblichen Bohrdaten im Abgleich mit eigenen Versuchen der Filterung von Schichten aus den gelieferten Bohrprofilen war nach Ansicht des TLUBN das Vorgehen der BGE beim Filtern von Schichten aus Bohrprofilen wahrscheinlich folgendermaßen:

Filtern aller Schichten,

1. die als erste Hauptkomponente Steinsalz enthalten *UND* in einer beliebigen Einheit des Zechsteins liegen

ODER

2. die in der stratigraphischen Einheit z1NA (Werra-Steinsalz) *ODER* z2NA (Stäufurt-Steinsalz) *ODER* z3NA (Leine-Steinsalz) *ODER* z4NA (Aller-Steinsalz) liegen (unabhängig von der petrographischen Ansprache)

Nach der Filterung aller (potenziell) Steinsalz-führenden Schichten des Zechsteins aus den digitalen Schichtenverzeichnissen werden die Mächtigkeiten dieser Schichten wieder bohrungsweise aufaddiert (Tab. 5 und Tab. 6). Alle Bohrungen, bei denen die kumulierten Steinsalzmächtigkeiten ≥ 100 m betragen, sind in BGE (2020I, Teil 3) als entscheidungserhebliche Bohrungen aufgelistet. Diese Bohrungen werden mit der auf Grundlage des 3D-Modells und der Isopachenpläne erstellten Verbreitungskarte (Abb. 16) in einer Kartendarstellung abgeglichen. Liegen Bohrungen außerhalb der Verbreitungskarte, so wird das Gebiet der Steinsalzverbreitung passend zur Lage der Bohrung vergrößert. Das genaue Vorgehen dieses Arbeitsschrittes ist anhand der Beschreibung der BGE nicht klar ersichtlich. Der BGE zufolge waren aber ohnehin nur sehr wenige Bohrungen betroffen.

Diejenigen Bohrungen, deren kumulierte Steinsalzmächtigkeiten < 100 m betragen, wurden nicht mit der Verbreitungskarte abgeglichen. Es erfolgte also keine Analyse dahingehend, ob es Bohrdaten gibt, die zu einer Verkleinerung des zuvor kartierten Gebiets führen könnten, da aus ihren Schichtenverzeichnissen hervorgeht, dass die kumulierte Steinsalzmächtigkeit die Mindestmächtigkeit von 100 m nicht erreicht.

Tab. 5: Digitales Schichtenverzeichnis der Bohrung Kal Kehmstedt 114/1989. Bei dieser Bohrung ist in den vorhandenen digitalen Daten lediglich die Stratigraphie beschrieben, die petrographische Ansprache fehlt. Laut stratigraphischer Ansprache enthält die Bohrung zwei potenziell Steinsalz-führende Schichten. Der Bereich des Leine-Steinsalzes (z3NA) reicht von 327 m bis 362,8 m und ist damit 35,8 m mächtig. Der Bereich des Stäufurt-Steinsalzes (z2NA) reicht von 448,5 m bis 533 m, ist also 84,5 m mächtig. Zwischen den beiden Steinsalz-führenden Schichten befindet sich ein Schichtenpaket aus Anhydrit, Tonstein und Kalisalz, welches insgesamt 85,7 m mächtig ist. Keine der beiden Steinsalz-führenden Schichten erreicht für sich allein die Mindestmächtigkeit von 100 m. Die aufsummierte Mächtigkeit über beide Schichten ergibt aber 120,3 m und beträgt damit ≥ 100 m. Die Bohrung wird daher von der BGE in der Liste der entscheidungserheblichen Bohrungen geführt, ist also laut BGE eine Bohrung, für die die Mindestanforderung „Mächtigkeit“ als erfüllt gilt (BGE 2020I, Teil 3, S. 1321).

Tiefe von	Tiefe bis	Mächtigkeit	Petrographie kurz	Petrographie lang	Stratigraphie kurz	Stratigraphie lang
0	305,6	305,6			suC	Calvörde-Folge
305,6	311,5	5,9			z7b-z4AN	Obere Zechstein-Folge z7 bis Aller-Anhydrit
311,5	323,5	12			z4AN	Aller-Anhydrit
323,5	325	1,5			z4ANa	Unterer Aller-Anhydrit (Pegmatitanhydrit, TH)
325	327	2			z4Ta-z3Tb	Unterer Aller-Salztön (Roter Salztön, TH) bis Oberer Leineton
327	362,8	35,8			z3NA	Leine-Steinsalz
362,8	406,6	43,8			z3AN	Leine-Anhydrit (Hauptanhydrit)
406,6	413,7	7,1			z3CA-z2Tb	Leine-Karbonat bis Oberer Stäufurt-Ton

413,7	416	2,3			z2ANb	Staßfurt-Deckanhydrit
416	448,5	32,5			z2KSt	Kaliflöz Staßfurt
448,5	533	84,5			z2NA	Staßfurt-Steinsalz
533	534	1			z2AN	Staßfurt-Anhydrit

Tab. 6: Digitales Schichtenverzeichnis der Bohrung Kal Berka 1/1961. Bei dieser Bohrung ist in den vorhandenen digitalen Daten sowohl Stratigraphie als auch Petrographie beschrieben. Laut petrographischer Ansprache enthält die Bohrung vier Schichten, deren erste Hauptkomponente Steinsalz (^na) ist: (1) Schicht von 702,3 m bis 726,5 m (Stratigraphie: Aller-Steinsalz), (2) Schicht von 756,6 m bis 828,8 m (Stratigraphie: Leine-Steinsalz), (3) Schicht von 907,8 m bis 925,4 m (Stratigraphie: Kaliflöz Staßfurt) und (4) Schicht von 925,4 m bis 985,5 m (Stratigraphie: Staßfurt-Steinsalz). Die Mächtigkeiten betragen dabei: (1) 24,2 m, (2) 72,2 m, (3) 17,6 m und (4) 60,1 m. Zwischen den Schichten (1) und (2) befindet sich ein 30,1 m mächtiges Paket aus Anhydritstein und Tonstein, zwischen den Schichten (2) und (3) ein 79 m mächtiges Paket aus Anhydritstein, Tonstein und Sandstein. Die Schichten (3) und (4) folgen unmittelbar aufeinander und sind zusammen 77,7 m mächtig. Dabei ist zu beachten, dass die Schicht (3) stratigraphisch als Kaliflöz Staßfurt angesprochen wurde (und damit möglicherweise ungeeignet ist), obwohl in der Petrographie Steinsalz beschrieben ist. Keine der Steinsalz-führenden Schichten erreicht für sich allein die Mindestmächtigkeit von 100 m. Die aufsummierte Mächtigkeit über alle Schichten (inklusive der eventuellen Kalisalz-Schicht) ergibt aber 174,1 m und beträgt damit ≥ 100 m. Auch diese Bohrung wird daher von der BGE in der Liste der entscheidungserheblichen Bohrungen geführt, ist also laut BGE eine Bohrung, für die die Mindestanforderung „Mächtigkeit“ als erfüllt gilt (BGE 2020I, Teil 3, S. 1009).

Tiefe von	Tiefe bis	Mächtigkeit	Petrographie kurz	Petrographie lang	Stratigraphie kurz	Stratigraphie lang
0	120	120	M	Mergel	so2,so3,so4	Röt 2 (Bunter Abschnitt), Röt 3 (Rotbrauner Abschnitt), Röt 4 (Grauvioletter Abschnitt)
120	160	40	^ah,^y	Anhydritstein, Gipsstein	so1	Röt 1 (Grauer Abschnitt)
160	208	48	^s,^t	Sandstein, Tonstein	smH,smS	Hardeggen-Folge, Solling-Folge
208	246	38	^s,^t	Sandstein, Tonstein	smD	Detfurth-Folge
246	330	84	^s,^t	Sandstein, Tonstein	smV	Volpriehausen-Folge
330	352	22	^s,^t	Sandstein, Tonstein	sm	Solling-Folge
352	695	343	^t,^s	Tonstein, Sandstein	z6,z7,su	Zechstein-Folge z6, Zechstein-Folge z7, Unterer Buntsandstein
695	702,3	7,3	^t(int)	Tonstein (interpretiert)	z4Tb,z5T	Oberer Aller-Salztön (TH), Ohre-Ton
702,3	726,5	24,2	^na(int)	Steinsalz (interpretiert)	z4NA	Aller-Steinsalz
726,5	727,9	1,4	^ah(int)	Anhydritstein (interpretiert)	z4ANa	Unterer Aller-Anhydrit (Pegmatitanhydrit, TH)
727,9	756,6	28,7	^t(int)	Tonstein (interpretiert)	z3Tb,z4Ta	Oberer Leineton, Unterer Aller-Salztön (Roter Salztön, TH)
756,6	828,8	72,2	^na(int)	Steinsalz (interpretiert)	z3NA	Leine-Steinsalz
828,8	866	37,2	^ah(int)	Anhydritstein (interpretiert)	z2AN	Staßfurt-Anhydrit
866	905,5	39,5	^t	Tonstein	z2Tb,z3Ta	Oberer Staßfurt-Ton, Unterer Leineton (Grauer Salztön)

905,5	907,8	2,3	^{ah} , ^t , ^s	Anhydritstein, Tonstein, Sandstein	z2ANb	Staßfurt-Deckanhydrit
907,8	925,4	17,6	^{na}	Steinsalz	z2KSt	Kaliflöz Staßfurt
925,4	985,5	60,1	^{na}	Steinsalz	z2NA	Staßfurt-Steinsalz
985,5	987,5	2	^{ah}	Anhydritstein	z2ANa	Staßfurt-Basalanhydrit

4.3.2.1.2 Bearbeitung in Südthüringen

Im Gegensatz zum Thüringer Becken existiert für das Gebiet Südthüringens kein 3D-Modell. Daher entfällt hier der Schritt „Bearbeitung im 3D-Modell“. Die Ausweisung von Gebieten mit ausreichend mächtigen Steinsalzen im geforderten Teufenbereich erfolgt ausschließlich in 2D und stützt sich dabei auf Bohrungen und Isopachenkarten.

Die BGE erläutert die reine 2D-Bearbeitung in Südthüringen nicht sehr ausführlich. Insbesondere wird kaum erklärt, wie die Eingrenzung des Suchraums auf einen Teufenbereich von 300 m bis 1.500 m unter Gelände sowie die Ermittlung der Mindestmächtigkeit von 100 m des kompletten Zechsteins erfolgt. Im Thüringer Becken wurde für diesen Arbeitsschritt das vorhandene 3D-Modell verwendet, und der Workflow wurde detailliert dargelegt. Für Südthüringen ist die Prüfung der Kriterien Teufe und Mindestmächtigkeit des kompletten Zechsteins vermutlich mittels einer Auswertung der digitalen Schichtenverzeichnisse der Bohrungen erfolgt, ohne dass der komplette Workflow veröffentlicht wurde.

Durch das TLUBN konnte verifiziert werden, dass in die Ermittlung des Teilgebietes Werra-Fulda-Becken (Kap.2.4) auf jeden Fall die Isopachenkarte des Werrasteinsalzes aus dem Jahr 1963 (Tab. 4) sowie die publizierte Karte des Werrasteinsalzes von Seidel (2013) eingeflossen ist. Eine Reihe von Bohrungen wird zudem von der BGE bei den entscheidungserheblichen Bohrungen aufgelistet, d.h. die Ableitung von Steinsalzmächtigkeiten aus digitalen Schichtenverzeichnissen ist offenbar erfolgt.

Da in Südthüringen auf den verwendeten Isopachenkarten nur die Werra-Formation dargestellt ist, spielt das eher kompliziert anmutende Aufaddieren von Steinsalzmächtigkeiten aus Isopachenkarten, wie im Abschnitt „2D-Bearbeitung“ im Thüringer Becken beschrieben, vermutlich keine Rolle. Was erfolgt zu sein scheint, ist die Konstruktion von Mächtigkeitspolygonen aus den o.g. Werra-Isopachenkarten analog zu dem für das Thüringer Becken beschriebenen Vorgehen (händische Erzeugung eines Polygons zwischen zwei benachbarten Isopachen, das Polygon erhält den Mächtigkeitswert derjenigen Isopache, die den höheren Wert trägt; vgl. Kap. 4.3.2.1.1.2 und Abb. 13).

Nach Beurteilung des Teilgebietes Werra-Fulda-Becken im Vergleich zu vorhandenen Daten stützt sich die Bearbeitung der BGE nach Einschätzung des TLUBN im Wesentlichen auf die Auswertung der beiden Isopachenkarten. Das Teilgebiet ist im westlichen Bereich eine nahezu direkte Umsetzung der Karte aus dem Jahr 1963, und der NNE-SSW-streichende Streifen im Raum Meiningen entstammt der Karte von Seidel (2013). Weiterhin scheint das Gebiet anhand von Bohrdaten überprüft worden zu sein, wobei auch hier wieder Bohrungen mit Salzmächtigkeiten < 100 m nicht zum Gebietsausschluss geführt haben.

4.3.2.2 Bundeslandübergreifende Bearbeitung

Im Wesentlichen werden bei der länderübergreifenden Bearbeitung geologisch zusammengehörige Gebiete, die aus verschiedenen Bundesländern stammen, zusammengefügt. Außerdem werden Gebiete nach Zugehörigkeit zu verschiedenen geologischen Großeinheiten unterteilt. Für das Wirtsgestein Steinsalz in Thüringen bedeutet das praktisch, dass die Verbreitungsgebiete des Zechsteins im

Thüringer Becken sowie des Zechsteins in Südthüringen zwei verschiedenen geologischen Großstrukturen angehören und dementsprechend zu zwei verschiedenen identifizierten Gebieten führen. Außerdem wurde das identifizierte Gebiet im Thüringer Becken mit dem Gebiet in Sachsen-Anhalt zusammengeführt, und das identifizierte Gebiet in Südthüringen mit den Gebieten in Bayern und Hessen. Das bundeslandübergreifende Zusammenführen mit Angleichung der Grenzverläufe der Gebiete geschah manuell.

Weiterhin wurden im Rahmen der bundeslandübergreifenden Bearbeitung die ermittelten Gebiete mit den Ausschlussgebieten (Kap. 3) verschnitten.

Schlussendlich kann ein Gebiet aus mehreren Einzelflächen bestehen. Um die Mindestanforderung „Flächenbedarf“ zu erfüllen, wurden daher am Ende der Bearbeitung die Einzelflächen auf die Erfüllung dieser Mindestanforderung hin überprüft. Alle Flächen, die kleiner als 3 km² waren, wurden gelöscht.

Das Ergebnis der bis hierher beschriebenen bundeslandspezifischen und bundeslandübergreifenden Bearbeitung stellen die identifizierten Gebiete dar. Für das Wirtsgestein Steinsalz sind in Thüringen die beiden identifizierten Gebiete „197_02IG_S_f_z“ (Thüringer Becken) und „197_03IG_S_f_z“ (Südthüringen als Bestandteil der Großstruktur Werra-Fulda-Becken) entstanden (Abb. 17 und Abb. 18).

Im Anschluss an die Identifizierung von Gebieten erfolgt die Anwendung der Abwägungskriterien (BGE 2020k). Beide in Thüringen identifizierten Gebiete des Wirtsgesteins Steinsalz in stratiformer Lagerung werden nach Anwendung der Abwägungskriterien als „geeignet“ eingestuft. Daher entsprechen die identifizierten Gebiete den final ausgewiesenen Teilgebieten. Der Prozess der Anwendung der Abwägungskriterien durch die BGE sowie eine Validierung durch das TLUBN wird in Kap. 5 ausführlich dargestellt.

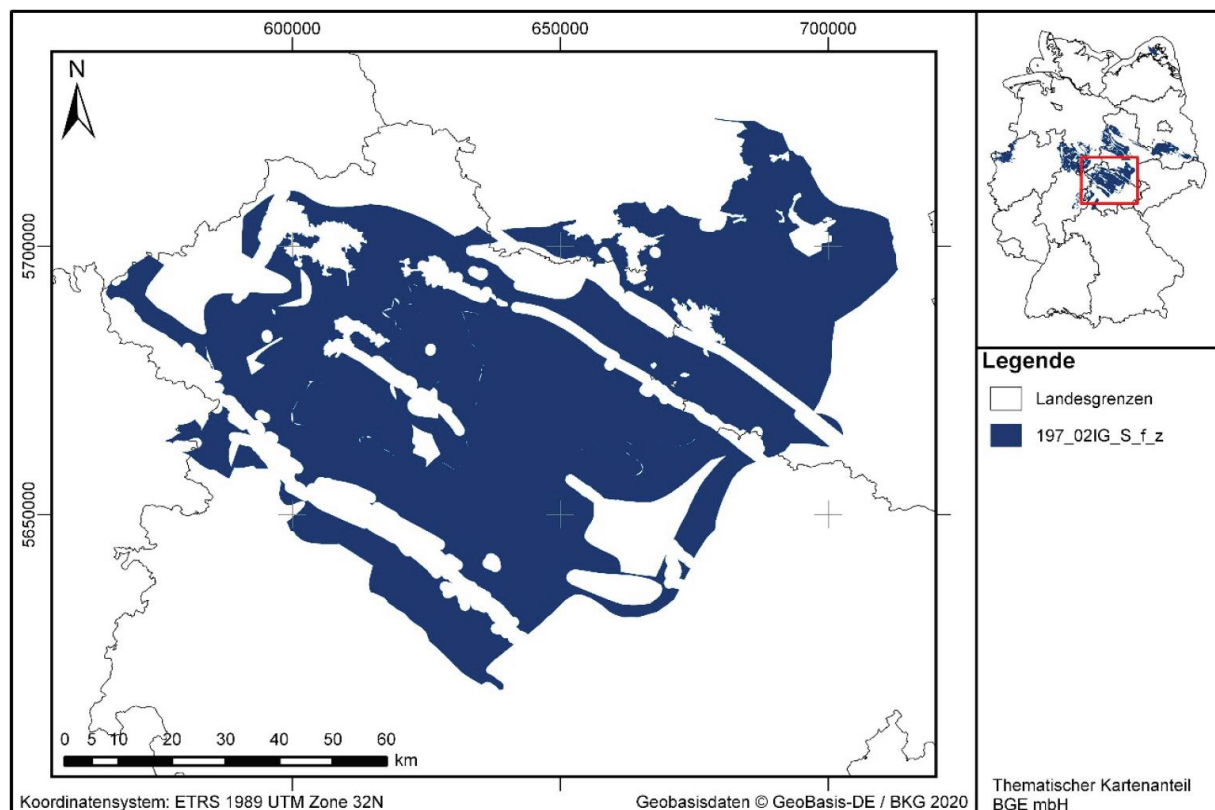


Abb. 17: Identifiziertes Gebiet „197_02IG_S_f_z“ im Thüringer Becken (Abbildung aus BGE 2020j, S. 201).

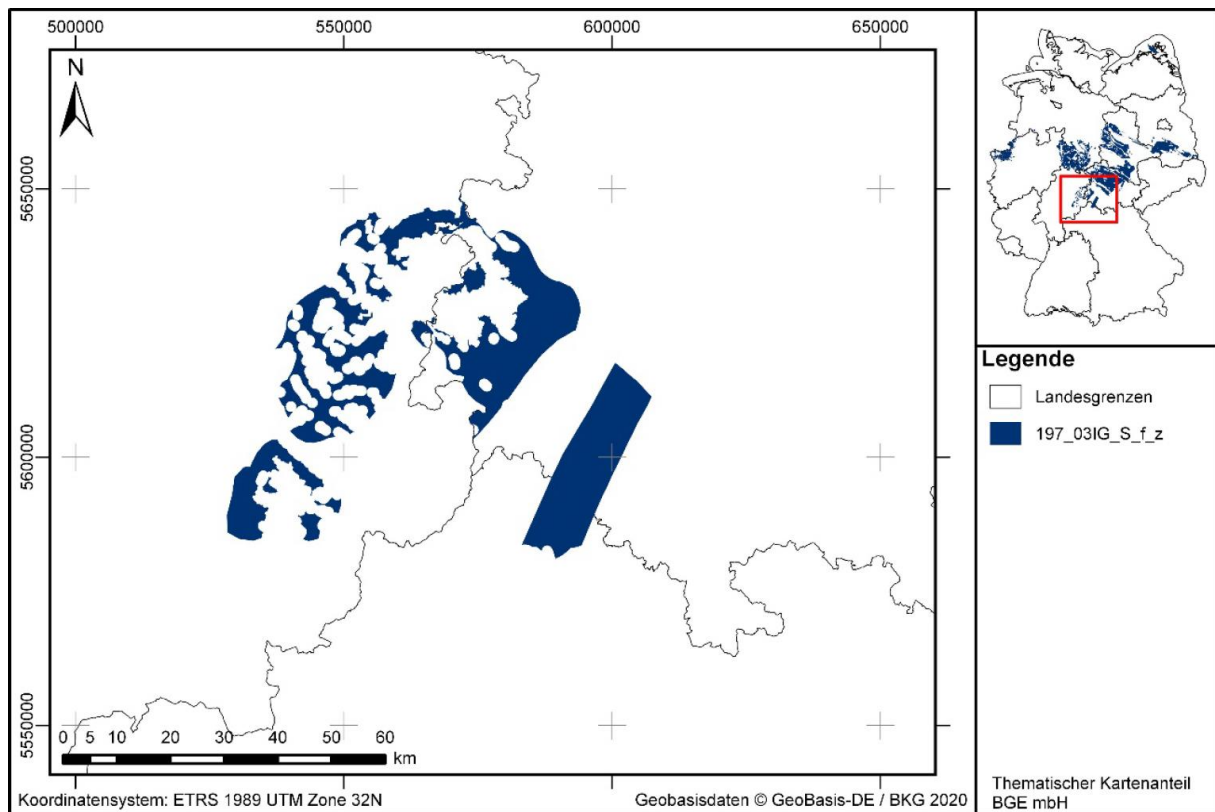


Abb. 18: Identifiziertes Gebiet „197_03IG_S_f_z“ in Südthüringen (Abbildung aus BGE 2020j, S. 202).

4.3.3 Erfüllung der Mindestanforderungen für das Wirtsgestein Steinsalz nach Darstellung der BGE

Es folgt hier zunächst eine kurze Zusammenfassung der Erfüllung der Mindestanforderungen für die identifizierten Gebiete nach der Darstellung in BGE (2020l) Teil 2 S. 200 ff. sowie in BGE (2020j) S. 69 ff. Die Sicht des TLUBN wird im Kap. 4.4.11 dargelegt.

§ 23 Abs. 5 Nr. 1 StandAG, Gebirgsdurchlässigkeit

Nach dieser Mindestanforderung muss die Gebirgsdurchlässigkeit k_f des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs weniger als 10^{-10} m/s betragen. Die BGE nimmt an, dass aufgrund der bekannten Eigenschaften von Steinsalz eine ausreichend geringe Gebirgsdurchlässigkeit vorliegt. Damit ist laut BGE diese Mindestanforderung für die identifizierten Gebiete im Wirtsgestein Steinsalz in Thüringen erfüllt.

§ 23 Abs. 5 Nr. 2 StandAG, Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Diese Mindestanforderung besagt, dass der Gebirgsbereich, der den einschlusswirksamen Gebirgsbereich aufnehmen soll, mindestens 100 m mächtig sein muss. Im Zuge der Anwendung der Mindestanforderungen wird auf Grundlage von 3D-Modellen, thematischen Karten und Bohrungen die Mindestmächtigkeit der Steinsalz-führenden Schichten geprüft, so dass laut BGE diese Mindestanforderung in den identifizierten Gebieten erfüllt ist.

§ 23 Abs. 5 Nr. 3 StandAG, minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Hier wird gefordert, dass die Oberfläche eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mindestens 300 m unter der Geländeoberfläche liegt. Bei der Anwendung der Mindestanforderungen werden nur stratiforme Steinsalzvorkommen, deren Oberfläche tiefer als 300 m unter Gelände liegt, berücksichtigt. Damit ist laut BGE diese Mindestanforderung für die identifizierten Gebiete erfüllt.

§ 23 Abs. 5 Nr. 4 StandAG, Fläche des Endlagers

Nach dieser Mindestanforderung muss ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich über eine Ausdehnung in der Fläche verfügen, die eine Realisierung des Endlagers ermöglicht. Als Orientierungswert für die Einlagerung in das Wirtsgestein Steinsalz wird ein Flächenbedarf von 3 km² angegeben. Die BGE hat alle Einzelflächen der identifizierten Gebiete, deren Flächeninhalt kleiner als 3 km² ist, entfernt, womit für die verbleibenden Anteile der identifizierten Gebiete diese Mindestanforderung erfüllt ist.

§ 23 Abs. 5 Nr. 5 StandAG, Erhalt der Barrierewirkung

Diese Mindestanforderung verlangt, dass keine Erkenntnisse oder Daten vorliegen, welche die Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs, insbesondere die Einhaltung der geowissenschaftlichen Mindestanforderungen zur Gebirgsdurchlässigkeit, Mächtigkeit und Ausdehnung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs über einen Zeitraum von einer Million Jahren zweifelhaft erscheinen lassen. Für die identifizierten Gebiete liegen solche Daten bisher nicht vor, so dass in der gegenwärtigen Phase des Standortauswahlverfahrens (bis ggf. andere Daten vorliegen) diese Mindestanforderung als erfüllt gilt.

4.4 Validierung der Anwendung der Mindestanforderungen im Wirtsgestein Steinsalz

Nach Auffassung des TLUBN sind der BGE bei der Bearbeitung der Mindestanforderungen eine Reihe methodischer Fehler unterlaufen. Diese werden im Folgenden besprochen.

4.4.1 Kumulieren der Steinsalzmächtigkeiten über den kompletten Zechstein

Das Kumulieren (auch Aufaddieren, Aufsummieren) der Steinsalzmächtigkeiten über den kompletten Zechstein ist wohl das schwerwiegendste Problem des Verfahrens der BGE im Wirtsgestein Steinsalz. Der Zechstein gliedert sich von unten nach oben in die Formationen Werra, Staßfurt, Leine, Aller, Ohre, Friesland und Fulda. Die Werra-, Staßfurt-, Leine- und Aller-Formation sind in Thüringen prinzipiell zu unterschiedlichen Anteilen salzföhrnd.

Typisch für die Zechsteinabfolge ist die zyklische Sedimentation, welche vorrangig von Transgressions-Regressions-Zyklen, aber auch von Änderungen des Klimas sowie der Tektonik bestimmt wurden. Aufgrund der wiederholten Verdunstung und Flutung des marinen Zentraleuropäischen Beckens kam es zu einer charakteristischen Reihenfolge der Sedimentation, die im Wesentlichen auf der unterschiedlichen Löslichkeit von im Meereswasser enthaltenen Stoffen bzw. Mineralen beruht. Minerale mit einer geringen Löslichkeit fallen beim Verdunsten einer wässrigen Lösung zuerst aus und sedimentieren auf dem Meeresboden, während Stoffe mit einer höheren Löslichkeit ein stärkeres Verdunsten der Lösung bis zu ihrer Ausfällung als Sediment erfordern. In Thüringen gliedern sich daher die Werra-, Staßfurt-, Leine- und Aller-Formation von unten nach oben vereinfacht ausgedrückt immer in eine Abfolge von: Tonstein, Karbonatgestein (Kalkstein, Dolomit), Sulfatgestein (Gips, Anhydrit), Steinsalz und ggf. eine Kalisalzlage. In den jüngeren Formationen Ohre, Friesland und Fulda ist diese zyklische Sedimentation nicht mehr deutlich zu erkennen.

Darüber hinaus hatte das marine Zechstein-Becken eine morphologische Gestalt mit einem Meeresboden in verschiedenen Tiefenlagen, Inseln, Buchten, Lagunen, Uferzonen und einmündenden Flüssen. Außerdem wurde das Meeresbecken von Lebewesen bevölkert, die ihrerseits zur morphologischen Gestaltung und weiteren Differenzierung des Beckens beitrugen, z.B. riffbildende Korallen. Dadurch erfolgte der oben beschriebene Prozess des Verdunstens nicht wie unter Laborbedingungen in einer einfachen „Schüssel“, in der sich die ausgefallenen Sedimente in idealen Schichten mit lateral konstanter Mächtigkeit ansammeln würden. Vielmehr variieren die Sedimente des Zechsteins deutlich in vertikaler und horizontaler Richtung in ihrer Ausbildung und Mächtigkeit lateral über das Becken hinweg. Im Lauf des Zechsteins wurde so das Relief des Meeresbodens einerseits eingeebnet, andererseits entstanden durch selektive Sedimentation und Präzipitation (Ausfällung) Karbonat- und Sulfatplattformen (Paul & Heggemann & Hug-Diegel 2020). Dies kann zum Beispiel zu lateralen Veränderungen von Steinsalzschiechten föhren, so dass sie zunehmend von sulfatischen Einschaltungen durchsetzt werden, die in ihrer weiteren seitlichen Veränderung dominieren und das Steinsalz vollständig ersetzen können. Die Lagerungsverhältnisse werden zudem durch die spezifische Eigenschaft der Salzgesteine, bei bestimmten Bedingungen unter Auflast plastisch zu reagieren und über geologische Zeiträume fließfähig zu sein, weiter verkompliziert.

Grundsätzlich handelt es sich bei den Sedimenten der Werra-, Staßfurt-, Leine- und Aller-Formation um stark differenzierte und variable Schichten, die unter anderem Steinsalz in ggf. ausreichender Mächtigkeit und Tiefenlage föhren können. Die Steinsalzschiechten der verschiedenen Zechstein-Formationen sind von mächtigen tonigen, karbonatischen und sulfatischen Sedimentgesteinen getrennt. Diese Sedimentgesteine unterscheiden sich zum Teil erheblich in ihren physikalischen Gesteinseigenschaften von denen der Steinsalzschiechten. Einen Überblick über spezifische Gesteinsparameter und Kennwerte unterschiedlicher Zechsteingesteine liefern Liu et al. (2017). Anhand dieser Daten wird deutlich, dass das Kumulieren der Steinsalzmächtigkeiten und somit das Inkludieren steinsalzfremder

Gesteine dazu führt, dass der ausgewiesene Bereich keine homogenen Eigenschaften besitzt und somit als Wirtsgesteinskörper ungeeignet ist (Tab. 5, Tab. 6, Abb. 19 und Abb. 20).

Die BGE führt hierzu an, dass im gegenwärtigen Stadium des Suchverfahrens die Datenlage nicht ausreicht, um den Zechstein in die verschiedenen Steinsalz-führenden Formationen zu untergliedern (BGE 2020j S. 58). Dennoch verwendet die BGE vom TLUBN gelieferte Isopachenkarten, die genau diese Untergliederung vornehmen (BGE 2020i Teil 2 S. 199). Auf Grundlage dieser Karten konstruiert die BGE nach dem in Kap. 4.3.2.1.1.2 beschriebenen Verfahren die Steinsalzmächtigkeiten für jede Karte getrennt. Die BGE differenziert damit in ihrem Arbeitsprozess zunächst sehr wohl die verschiedenen Steinsalz-führenden Formationen, und addiert anschließend die Steinsalzmächtigkeiten über den gesamten Zechstein hinweg auf. Mit dem gewählten Bearbeitungsprozess widerspricht die BGE ihrer eigenen Behauptung, dass die Datenlage gegenwärtig keine Differenzierung des Zechsteins zulässt.

Der Ansatz der BGE, die Steinsalzmächtigkeiten des Zechsteins über alle Formationen hinweg aufzuaddieren, führt daher zu einem grundsätzlich falschen Bild der Verbreitung geeigneter Steinsalze in Thüringen. Durch das Aufaddieren der Mächtigkeiten über alle Formationen des Zechsteins hinweg ergeben sich künstlich erhöhte Mächtigkeiten. Auch in Bereichen geringer Steinsalzmächtigkeiten ist die Mindestanforderung einer Mächtigkeit von ≥ 100 m scheinbar erfüllt, obwohl die einzelnen, voneinander isolierten Steinsalze für sich genommen geringere Mächtigkeiten aufweisen.

Das TLUBN stellt daher fest, dass die gewählte Verfahrensweise der BGE hier zu einer massiven Überschätzung der Größe der Teilgebiete führt. Die Gründe für das Vorgehen der BGE, über alle Formationen des Zechsteins hinweg Steinsalzmächtigkeiten aufzuaddieren, sind dem TLUBN vor dem Hintergrund der übermittelten Daten nicht ersichtlich und können nicht nachvollzogen werden.

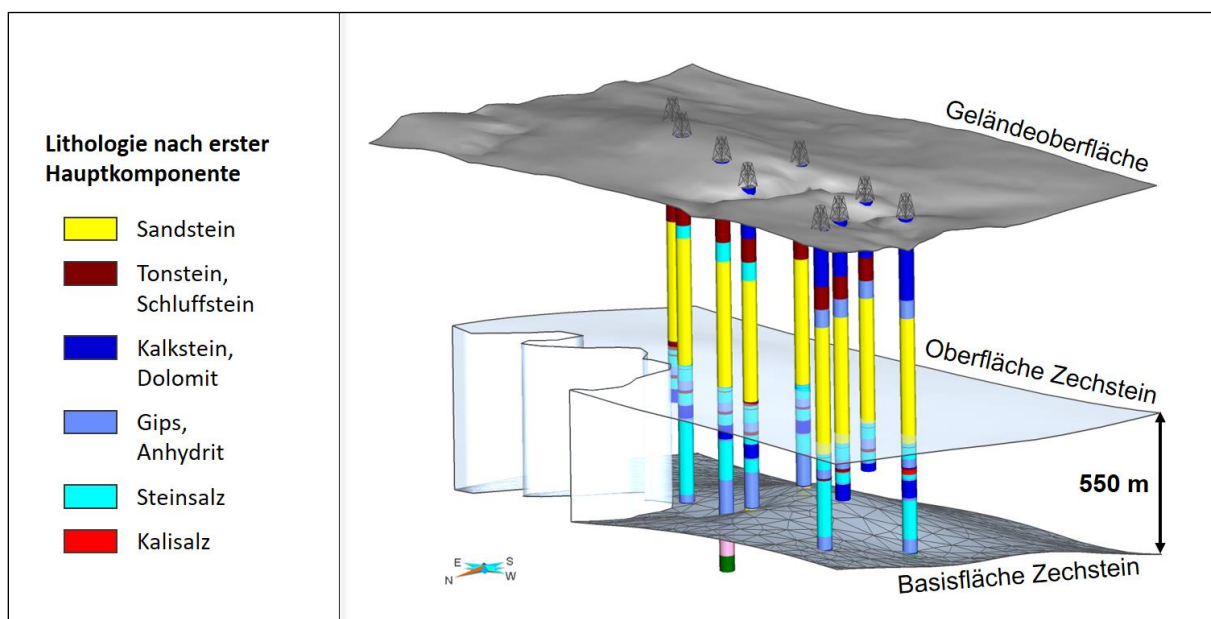


Abb. 19: Im TLUBN angefertigte dreidimensionale Darstellung des Teilgebiets Thüringer Becken, Detailansicht im Raum Mühlhausen, zusammen mit Bohrungen in diesem Bereich. Die dargestellten Bohrungen sind nach vorherrschender Lithologie eingefärbt: neben Steinsalz (in der Abbildung aus der Werra-, Staßfurt- und Leine-Formation) beinhaltet der Zechstein weitere Lithologien, die keine Wirtsgesteine sind.

Zechsteinabfolge – Thüringer Becken							
System	Gruppe	Formation					
PERM	Zechstein	Fulda-Fm. (zFu)	Obere Fulda-Formation (zFuo)	„Bröckel- schiefer“ i.S. von Seidel (1961, 1965)	3. Zyklus		
			Untere Fulda-Formation (zFuu)		2. Zyklus		
		Friesland-Fm. (zFr)	Friesland-Tonstein (zFrT)		1. Zyklus		
			Friesland-Sandstein (zFrS)				
		Ohre-Fm. (zO)	Graugrüne Grenzbank (zOGG)		Oberste „Zechstein-Letten“		
			Ohre-Tonstein (zOT)				
		Aller-Fm. (zA)	Oberer Aller-Tonstein (zATo)	„Grenzanhydrit“			
			Oberes Aller-Sulfat (zAANo)				
			Aller-Steinsalz (zANA)	„Pegmatitanhydrit“			
			Unteres Aller-Sulfat (zAANu)				
			Unterer Aller-Tonstein (zATu)				„Roter Salzton“
		Oberer Leine-Tonstein (zLTo)					
		Leine-Fm. (zL)	Leine-Steinsalz (zLNA)	Anhydritmittelsalz (zLNAoAM)			
			Leine-Sulfat (zLAN)	„Hauptanhydrit“			
			Leine-Karbonat (zLCA)	„Plattendolomit“			
			Unterer Leine-Tonstein (zLTu)	„Grauer Salzton“			
			Oberer Staßfurt-Tonstein (zSTo)				
		Staßfurt-Fm. (zS)	Oberes Staßfurt-Sulfat (zSKAN)		Leitbänke 1–19		
			Kalisalzflöz Staßfurt (zSKST)	Decksteinsalz (zSKNA)			
			Staßfurt-Steinsalz (zSNA)	Südharzsteinsalz (zSNAo) Hauptsalz (zSNAm) Steinsalzanhydrit (zSNAm2) Anhydritregion (zSNAm1)			Leitbänke I–X
			Unteres Staßfurt-Sulfat (zSANu)	„Basalanhydrit“			
			Staßfurt-Karbonat (zSCA)	„Hauptdolomit“			
			Unterer Staßfurt-Tonstein (zSTu, nur lokal)				
			Werra-Fm. (zW)	Oberes Werra-Sulfat (zWANO)		„Braunroter Salzton“	
				Oberer Werra-Tonstein (zWTo)			
		Unteres Werra-Sulfat (zWANu)		„Kupferschiefer“			
		Werra-Steinsalz (zWNA)					
		Mittlerer Werra-Tonstein (zWTm, nur lokal)					
		Werra-Karbonat (zWCA)					
		Mutterflöz (zWTuCA, nur lokal)					
		Unterer Werra-Tonstein (zWTu)					
		Werra-Basalkonglomerat (zWC, nur lokal)					

Abb. 20: Stratigraphisches Profil des Zechsteins im Thüringer Becken (nach TLUBN, Arbeitsstand April 2021). Rot markiert sind die Steinsalz-führenden Horizonte. Die Steinsalzhorizonte werden durch Schichten voneinander getrennt, deren Lithologien nicht wirtsgesteinstauglich sind. Eine Kumulation der Mächtigkeiten über alle Steinsalzhorizonte des Zechsteins ist daher für die Ausweisung von Teilgebieten nicht zielführend.

4.4.2 Gemeinsame Verwendung von Karten unterschiedlicher Alter, Maßstäbe, Zielstellungen, Bearbeiter und Bearbeitungsstände

Die Bearbeitung des Wirtsgesteins Steinsalz durch die BGE stützt sich in hohem Maße auf die Auswertung von Isopachenkarten (BGE 2020I Teil2 S. 198). Die von der BGE verwendeten Karten stammen aus:

- (1) dem „Ergebnisbericht über die Kalisalzführung des Zechsteins im Südtteil der DDR mit Berechnung prognostischer Vorräte“ (1963),

- (2) dem Bericht „Neueinschätzung der Erdöl-Erdgas-Perspektivität des Staatsgebiets der DDR 1985 – Zwischenbericht“ (1984),
- (3) der Publikation „Stratigraphie, Fazies und geologische Stellung des Zechsteins und der Trias Thüringens“ (Seidel 2013).

Aufgrund ihrer Jahrzehnte auseinanderliegenden Bearbeitungszeiträume repräsentieren die Karten unterschiedliche Wissensstände. Sie wurden von verschiedenen Bearbeitern mit unterschiedlichen Zielstellungen entworfen, und sind zudem in verschiedenen Maßstäben erstellt (Tab. 7).

Tab. 7: Bearbeitungsjahr und Maßstab der von der BGE für die Ermittlung der Teilgebiete Thüringer Becken und Werra-Fulda-Becken verwendeten Isopachenkarten.

Steinsalz-horizont	Verwendete Karten im Thüringer Becken		Verwendete Karten in Südthüringen	
	Jahr der Bearbeitung	Maßstab	Jahr der Bearbeitung	Maßstab
Werra	1984	1 : 200.000	1963 2013	1 : 200.000
	2013	1 : 1.000.000		1 : 1.000.000
Staßfurt	1963	1 : 200.000	(entfällt)	
	2013	1 : 1.000.000		
Leine	1963	1 : 200.000	(entfällt)	
Aller	1963	1 : 200.000	(entfällt)	

Insgesamt liegt der BGE als Basis für die inhaltliche Bearbeitung umfangreiches kartographisches Material vor (Tab. 4). Die Entscheidungsgrundlage für die Auswahl der durch die BGE verwendeten Karten bleibt aber unklar und wirkt inhaltlich beliebig, da sie von der BGE im Zwischenbericht nicht näher begründet wird.

Für die Steinsalzablagerungen in den vier relevanten Formationen des Zechsteins werden von der BGE unterschiedliche Kartengrundlagen verwendet. Teilweise werden verschiedene Karten für Steinsalz derselben Formation genutzt (Werra- und Staßfurt-Steinsalz im Thüringer Becken, vgl. Tab. 7). Die ausgewiesenen Teilgebiete stellen damit inhaltlich eine Vermengung aus unterschiedlichen Wissensständen dar, die nur sehr schwer im Detail nachzuvollziehen ist.

Für das Werra-Salinar im Thüringer Becken wurden beispielsweise die Karte aus Seidel (2013) sowie die Karte aus dem Bericht „Neueinschätzung der Erdöl-Erdgas-Perspektivität des Staatsgebiets der DDR 1985 – Zwischenbericht“ (1984) gemeinsam verwendet. Es lässt sich klar belegen, dass Informationen aus beiden Karten in die Ausweisung des Teilgebiets eingeflossen sind, da z.B. Teilgebietsgrenzen mal der einen, und mal der anderen Karte folgen. Bei einem Vergleich der beiden Karten untereinander fällt aber auf, dass sie inhaltlich recht deutlich voneinander abweichen (Abb. 21). Unabhängig davon, welche der beiden Kartendarstellungen die „richtigere“ ist, stellt sich die Frage, wie verlässlich die Ausweisung der Teilgebiete ist, wenn ohne nachvollziehbare Begründung mal die eine, mal die andere Karte als Grundlage verwendet wird.

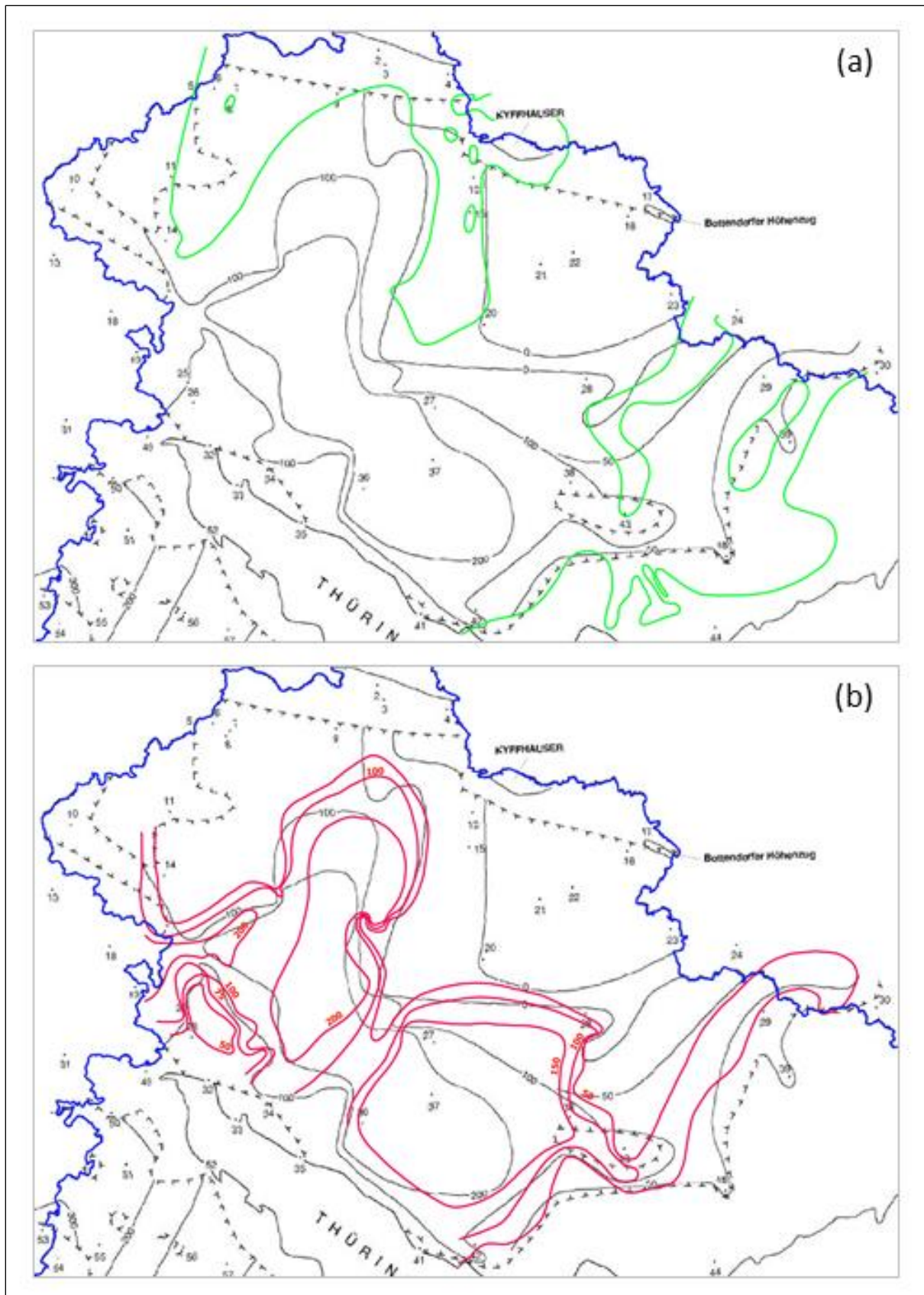


Abb. 21: Vergleich der ausgewiesenen Mächtigkeit und Verbreitung des Werra-Salinars im Thüringer Becken zwischen der Karte von Seidel (2013) und der Karte aus dem Bericht „Neueinschätzung der Erdöl-Erdgas-Perspektivität des Staatsgebiets der DDR 1985 – Zwischenbericht“ (1984). Teil a) Verbreitungsgrenzen nach Seidel (gestrichelte Linien im Hintergrundbild) im Vergleich zu Verbreitungsgrenzen nach Kartierung 1984 (grüne überlagernde Linien); die Verbreitungsgrenzen unterscheiden sich stark. Teil b) Isopachen nach Seidel (durchgezogene Linien im Hintergrundbild) im Vergleich zu Isopachen nach Kartierung 1984 (rote überlagernde Linien); die Isopachen unterscheiden sich ebenfalls deutlich.

Nach Ansicht des TLUBN stellt die oben beschriebene gemeinsame Verwendung der unterschiedlichen Kartengrundlagen kein wissenschaftlich korrektes Vorgehen dar, da im Detail kaum nachvollzogen werden kann, welche Information aus welcher Karte stammt und wie belastbar die Informationen damit in ihrer Gesamtheit sind.

4.4.3 Primäre Verwendung von veralteten Informationen aus Isopachenkarten anstelle von Bohrungen

Die von der BGE für die Ausweisung der Teilgebiete Thüringer Becken (Kap. 2.3) und Werra-Fulda-Becken (Kap. 2.4) primär verwendeten Isopachenkarten stammen zu einem großen Teil aus älteren Berichten, in denen die Stein- und Kalisalzverbreitung in Thüringen zusammenfassend dargestellt und bewertet wurde. Die Karten bieten aus Sicht des TLUBN einen guten Überblick für den Einstieg in die Thematik. Trotz der veralteten Darstellungen wird auf den Isopachenkarten zügig erkennbar, in welchen Gebieten Thüringens und in welchen Formationen des Zechsteins prinzipiell mit mächtigeren stratiformen Steinsalzschichten zu rechnen ist.

Aufgrund des Alters der Karten existiert aber eine Vielzahl an Bohrungen neueren Datums, die nicht in die Karten eingeflossen sind (Abb. 22). Außerdem kann nicht mehr verifiziert werden, auf welchen geometrischen und inhaltlichen Prinzipien die Konstruktion der Isopachen beruht.

Im Anschreiben wie auch in Form einer begleitenden ReadMe-Datei war die Datenlieferung des TLUBN vom 30.06.2018 zur Anwendung der Mindestanforderungen daher mit dem deutlichen Hinweis versehen, dass es sich bei den Kartendarstellungen um stark interpretierte Daten handelt, die oft bereits vor mehreren Jahrzehnten erzeugt wurden. Im Zuge der Datenübermittlung wie auch mehrfach im fachlichen Austausch hat das TLUBN der BGE seine grundsätzliche Auffassung mitgeteilt, dass insbesondere die übermittelten Bohrdaten die „härtesten“ Daten sind, auf deren Grundlage z. B. Mächtigkeitsberechnungen von Wirtsgesteinen erfolgen sollten. Das TLUBN stellt hierzu fest, dass die BGE diese Empfehlungen bei ihrer Vorgehensweise zur Anwendung der Mindestanforderungen in keiner Weise berücksichtigt hat.

Darüber hinaus wählt die BGE aus den Isopachenkarten mit verschiedenen Altern (Tab. 4) bevorzugt die ältesten Karten aus dem Jahr 1963 aus. Durch die primäre Verwendung generell veralteter Informationen aus den Isopachenkarten – und hier wiederum mit dem Fokus auf die ältesten Karten – entspricht nach Ansicht des TLUBN die Ausweisung der Teilgebiete nicht dem aktuellen Kenntnisstand.

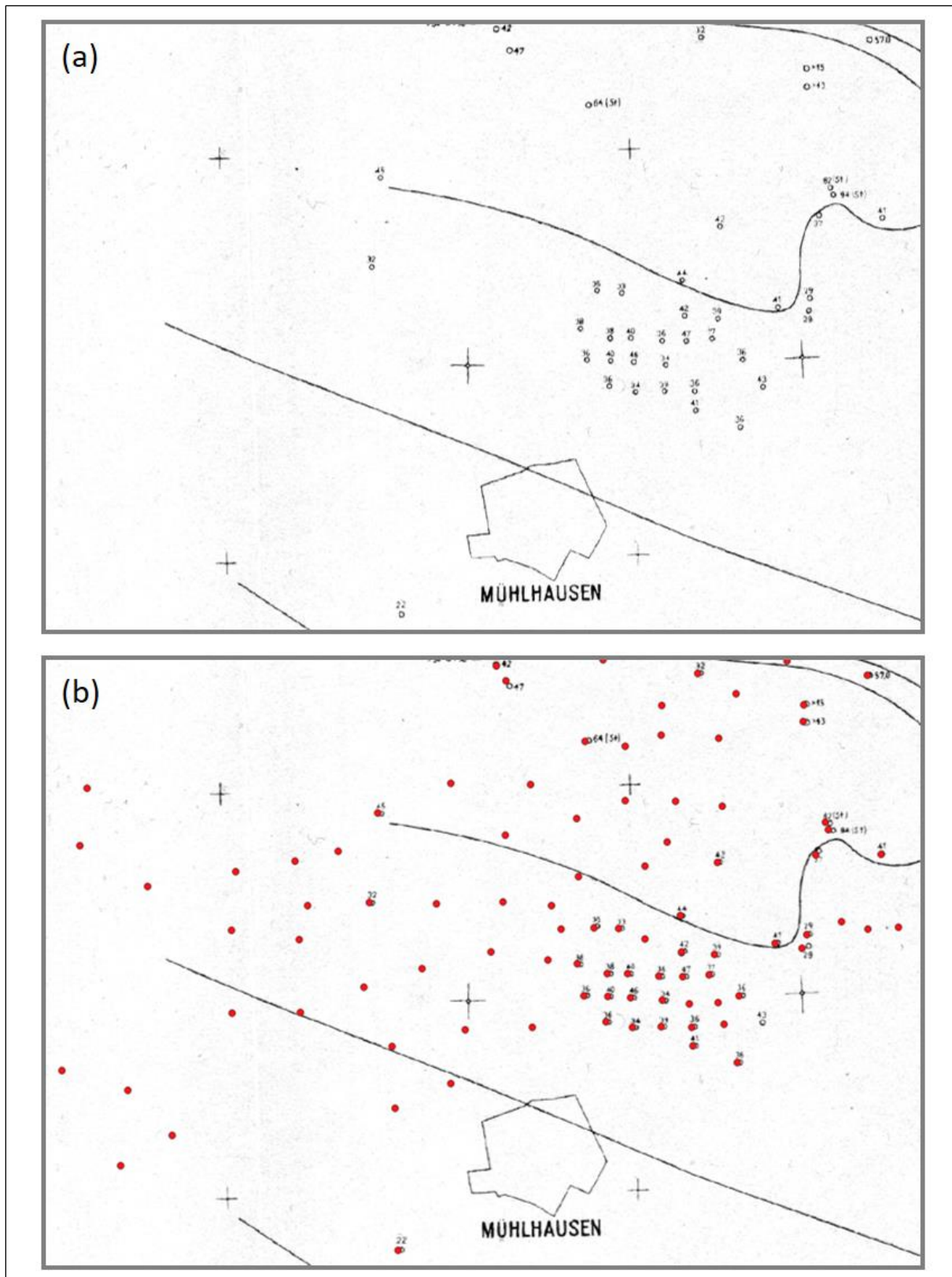


Abb. 22: Ausschnitt aus der von der BGE verwendeten Isopachenkarte des Staßfurt-Steinsalzes aus dem „Ergebnisbericht über die Kalisalzführung des Zechsteins im Südteil der DDR mit Berechnung prognostischer Vorräte“ (1963) im Raum Mühlhausen. Teil a): Die Karte weist die Lage von Bohrpunkten aus, die in die Konstruktion der Karte eingeflossen sind. Die Isopachen laufen gegen den westlichen Kartenbereich „blind“ aus, da vermutlich im Jahr 1963 keine Bohrdaten in diesem Bereich vorhanden waren. Teil b): Derselbe Kartenausschnitt, zusammen mit der Lage aller bis zum heutigen Datum beim TLUBN vorhandenen Bohrungen, die das Staßfurt-Salinar erbohren. Erkennbar wird, dass seit dem Jahr 1963 sehr viele Bohrungen neu hinzugekommen sind. Insbesondere im westlichen Kartenbereich sind jetzt auch Bohrdaten vorhanden. Die damit verbundenen Erkenntnisse fanden durch Verwendung der veralteten Karte bei der Ausweisung des Teilgebiets keine Berücksichtigung.

4.4.4 Geometrische Konsequenzen des Kumulierens der Mächtigkeit auf Grundlage der Isopachenkarten

In Kap. 4.4.1 wird ausgeführt, dass das Kumulieren von Steinsalzmächtigkeiten über die gesamte Zechsteinabfolge hinweg generell zu falschen Ergebnissen führt, da nur zusammenhängende Steinsalzablagerungen mit einer Mächtigkeit von ≥ 100 m als Wirtsgesteinskörper zulässig sind. Insofern ist das Kumulieren von Steinsalzmächtigkeiten auf Basis der Isopachenkarten grundsätzlich falsch. Es ist Aufgabe des TLUBN, die im Zwischenbericht Teilgebiete dargelegte Methodik der BGE zu validieren. Da die BGE den Ansatz des Kumulierens von Steinsalzmächtigkeiten gewählt hat, wird im Folgenden durch das TLUBN formal geprüft, welche Auswirkungen dieses Vorgehen beim Verwenden der Isopachenkarten hat.

Nach Analyse des TLUBN hat das Kumulieren der Steinsalzmächtigkeiten auf Grundlage der Isopachenkarten geometrische Konsequenzen. Wie in Kap. 4.3.2.1.1.2 zur Veranschaulichung der Methodik der BGE dargestellt, folgen die Grenzen der Teilgebiete durch das Aufaddieren der Mächtigkeitspolygone immer Abschnitten aus den zugrundeliegenden Isopachen der Karten (vgl. Abb. 13, Abb. 14 und Abb. 15).

Dadurch entstehen teilweise unplausible Grenzverläufe an den Teilgebietsgrenzen mit Krümmungen und Knicken, die einzig auf einen eher zufälligen Verschnitt-Effekt der aufaddierten Mächtigkeitspolygone zurückgehen und geologisch nicht begründbar sind. Dieser Sachverhalt wird beispielhaft in Abb. 23 veranschaulicht: Das Teilgebiet Thüringer Becken hat im Raum Mühlhausen ein polygonales „Loch“, welches sich nur dadurch erklären lässt, dass hier die verschiedenen Isolinien der Mächtigkeitspolygone durch die Überlagerung der Isopachenkarten so miteinander verschnitten wurden, dass die Mindestmächtigkeit genau für den Bereich des „Loches“ gerade nicht erfüllt war. Die Form dieses „Loches“, bzw. die Tatsache, dass exakt innerhalb dieses Bereichs die Mindestmächtigkeit nicht erfüllt sein soll, lässt sich aber aus geologischer Sicht nicht rechtfertigen.

Ein weiterer zu berücksichtigender Aspekt ist, dass die Isopachen der Karten teilweise „blind“ enden. Es handelt sich bei den Isopachenkarten um handgezeichnete Darstellungen, die nicht die Absicht einer quantitativen EDV-gestützten Auswertung verfolgten, und aufgrund ihres Alters auch gar nicht verfolgen konnten. Die Isopachen sind anscheinend immer nur dort vollständig gezeichnet worden, wo gesicherte Informationen vorlagen. Möglicherweise waren auch nicht alle Gebiete Thüringens gleichermaßen interessant für die inhaltliche Auswertung. Das führt dazu, dass Isopachen teilweise offen im dargestellten Gebiet enden. Aus dem Gesamtkontext wird ersichtlich, dass diese „offenen Enden“ keine Verbreitungsgrenzen darstellen, sondern auf Informationsdefizite zurückzuführen sind bzw. Kartierergrenzen aufgrund unterschiedlich intensiver Explorationstätigkeiten darstellen.

Nach Analyse des Zwischenberichts und der ausgewiesenen Teilgebiete der BGE im Zusammenhang mit den Isopachenkarten wird deutlich, dass die BGE nur dort Mächtigkeitspolygone konstruiert hat, wo Isopachen vorhanden waren. Bei „blinden Enden“ von Isopachen wurden offenbar die Mächtigkeitspolygone genau bis zum Isopachen-Ende konstruiert, und der Bereich jenseits dieses „blinden Endes“ geht nicht in die Berechnung der Mächtigkeiten ein. Sehr augenfällig wird dies im Teilgebiet Werra-Fulda-Becken (Abb. 24).

Es entstehen somit zum einen durch das Kumulieren der Informationen aus den Isopachenkarten nach dem Verfahren der BGE unrealistische Geometrien an den Rändern der Teilgebiete. Zum anderen ist die Datengrundlage für eine quantitative Auswertung nach dem Verfahren der BGE generell nicht geeignet. Insgesamt stellt daher aus Sicht des TLUBN die Methodik des Kumulierens der Mächtigkeiten aus den Isopachenkarten auf Grundlage der konstruierten Mächtigkeitspolygone kein geeignetes Vorgehen zur adäquaten Ausweisung der Teilgebiete dar.

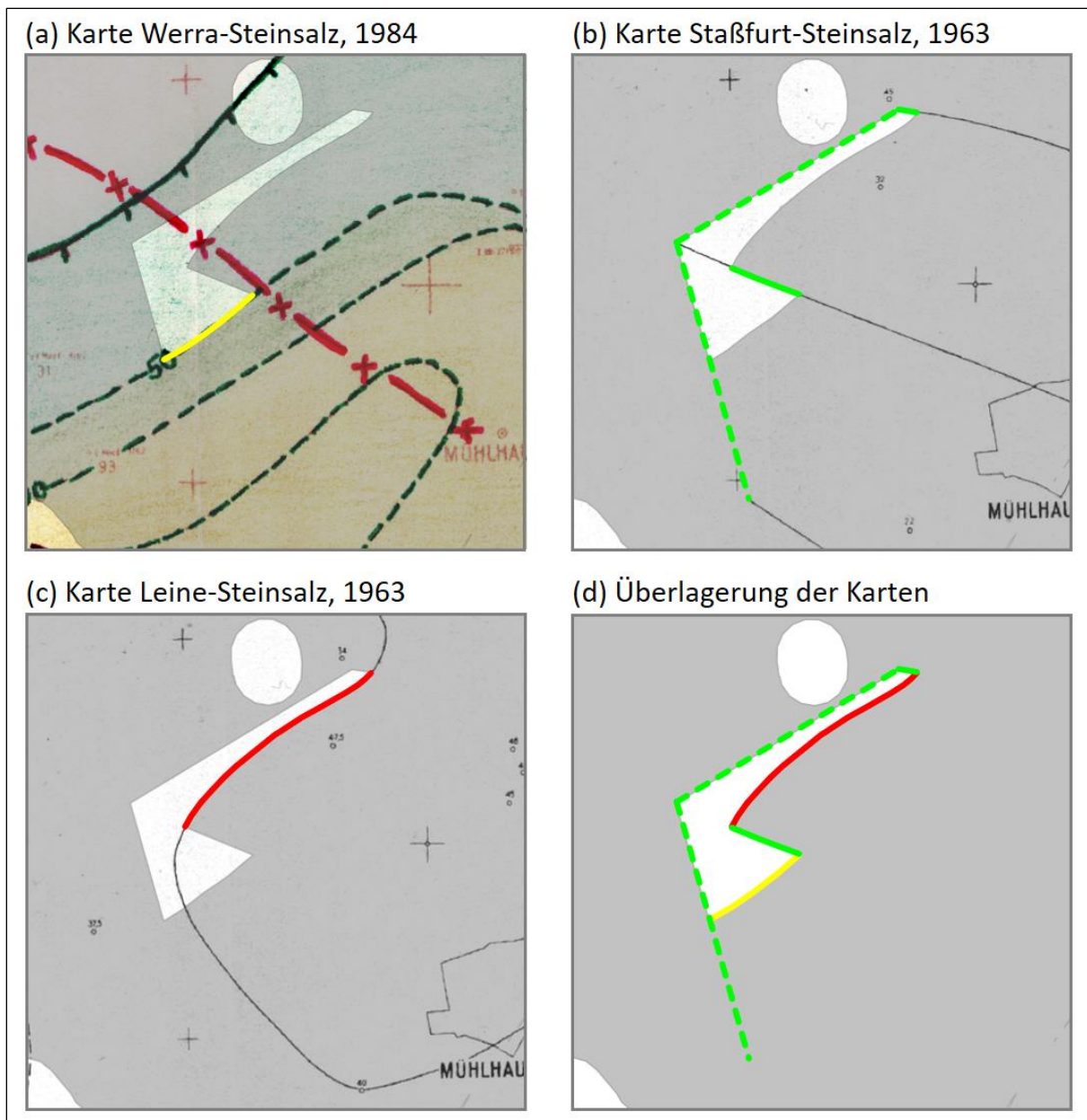


Abb. 23: Analyse der Geometrie des „Loches“ im Teilgebiet Thüringer Becken nordwestlich von Mühlhausen. Die grau-transparente Fläche stellt das Teilgebiet dar, unterlagert sind jeweils die in die Ausweisung des Teilgebiets eingeflossenen Karten. a) Ein Teil der Begrenzung des „Loches“ verläuft entlang einer Isopache aus der Karte des Werra-Steinsalzes (gelbe durchgezogene Linie). b) Zwei Randabschnitte verlaufen entlang von Isopachen aus der Karte des Staßfurt-Steinsalzes (grüne durchgezogene Linien). Zwei weitere Randabschnitte ergeben sich aus der direkten Verbindung von Isopachen-Enden für die Konstruktion der Mächtigkeits-Polygone (grüne gestrichelte Linien). c) Der letzte Teil des Randes verläuft auf einer Isopache aus der Karte des Leine-Steinsalzes (rote durchgezogene Linie). d) Aus der Überlagerung der aus den drei Karten konstruierten Mächtigkeitspolygone ergibt sich die vollständige Umrandung des „Loches“ als Verschnitt der Isopachen der verwendeten Karten.

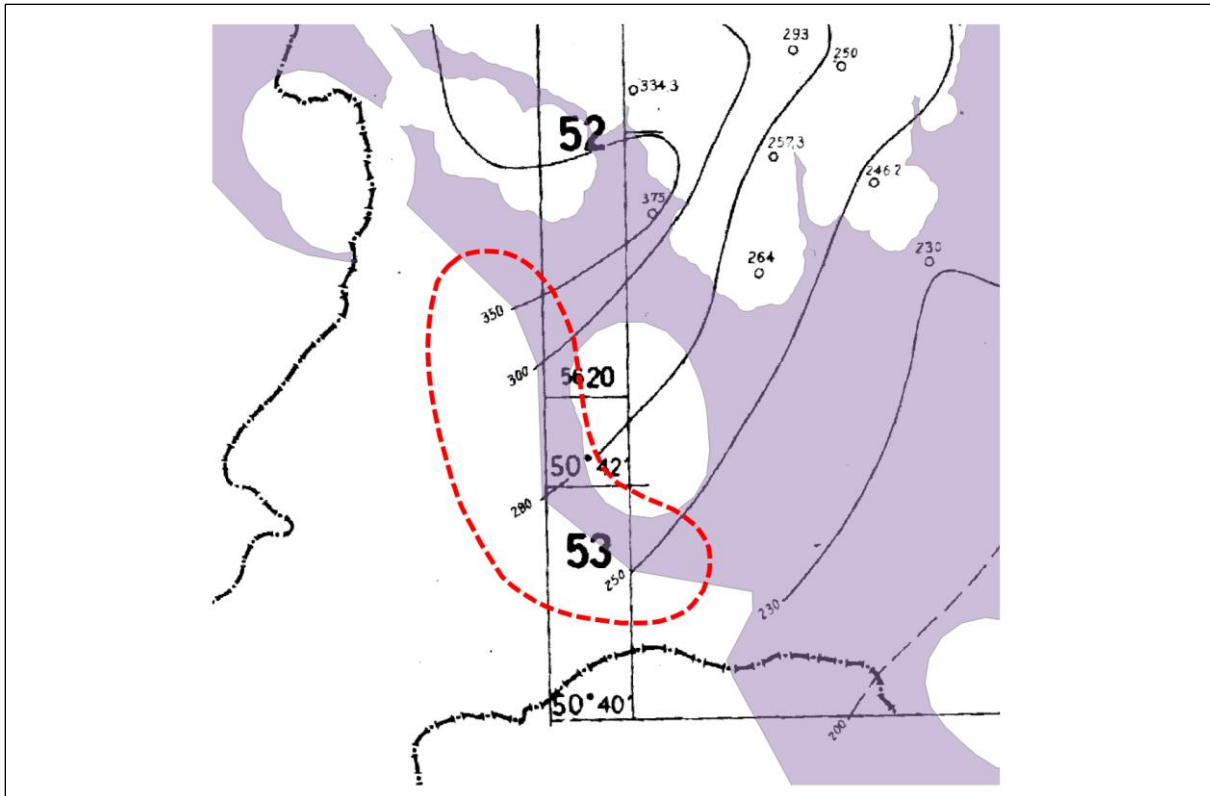


Abb. 24: Detail-Ausschnitt des südwestlichen Randbereichs des Teilgebiets Werra-Fulda-Becken im Raum Geisa, zusammen mit der Isopachenkarte des Werra-Steinsalzes aus dem „Ergebnisbericht über die Kalisalzführung des Zechsteins im Südteil der DDR mit Berechnung prognostischer Vorräte“ (1963). Die Isopachen der verwendeten Karte weisen Mächtigkeiten zwischen 250 m und 350 m aus, und enden im rot umrandeten Bereich. Es handelt sich hier sehr wahrscheinlich um eine Kartiergrenze und nicht um eine Verbreitungsgrenze. Das von der BGE ausgewiesene Teilgebiet (violette Fläche) endet aber exakt mit den Isopachen.

4.4.5 Unkritische Verwendung der Karten von Seidel (2013) und fehlerhafte Beschreibung des Vorgehens

Die BGE verwendet zur Ausweisung der Teilgebiete mit Steinsalz in stratiformer Lagerung zwei Isopachenkarten zur Verbreitung und Mächtigkeit des Werra- und Staßfurt-Steinsalzes aus Seidel (2013) (BGE 2020I, Teil 2, S. 193). In dieser Veröffentlichung werden in sehr komprimierter Form die Stratigraphie, Fazies und geologische Stellung des Zechsteins, Buntsandsteins, Muschelkalks und Keupers in Thüringen dargestellt. Die Karten sind im Maßstab 1 : 1.000.000 dargestellt und nicht, wie von der BGE beschrieben, im Maßstab 1 : 500.000 (grüne Unterstreichung in Abb. 25). Nach Aussage der BGE wurden die Karten nur zur Kontrolle und in seltenen Fällen als Ergänzung verwendet (blaue Unterstreichung in Abb. 25). Nach Analyse des TLUBN haben die Karten hingegen größeren Einfluss auf die finale Ausweisung der Teilgebiete mit Steinsalz in stratiformer Lagerung, da Teilgebietsgrenzen sowohl im Thüringer Becken als auch im Werra-Fulda-Becken in weiten Bereichen den Kartenabbildungen in Seidel (2013) folgen (Abb. 26 und Abb. 27).

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

1. „Mächtigkeitskarte des Werrasteinsalzes“ Abbildung 4 auf S. 29
2. „Mächtigkeitskarte Staßfurtsalz“ Abbildung 9 auf S. 37

Die beiden Mächtigkeitskarten genannten Karten liegen für das gesamte Landesgebiet von Thüringen im Maßstab 1:500.000 vor. Die Auflösung der Isopachen ist gering im Vergleich zu den vom TLUG gelieferten Karten (vgl. Tabelle 53, Nr. 5 bis 9). Die Mächtigkeitsinformationen wurden daher nur als Kontrolle herangezogen und dort, wo aus den anderen Karten keine Informationen vorliegen (südlich des Thüringer Waldes und Osten des Thüringer Beckens). Auslaugungslinien sind enthalten und wurden äquivalent verwendet. Relevante Bohrungen mit Mächtigkeitsangaben sind für die angrenzenden Gebiete in Hessen, Bayern und Sachsen-Anhalt eingetragen und dienen als Orientierung für die dortige Bearbeitung.

Abb. 25: Screenshot aus BGE (2020I), Teil 2, S. 193. Der Screenshot zeigt die Beschreibung der BGE zur Verwendung der Karten von Seidel (2013) im Zusammenhang mit dem sogenannten „Länderspezifischem Modellierprotokoll“ für Zechstein in Thüringen und Bayern. Farbige Unterstreichungen durch TLUBN, Erläuterungen zu den einzelnen unterstrichenen Punkten siehe Text.

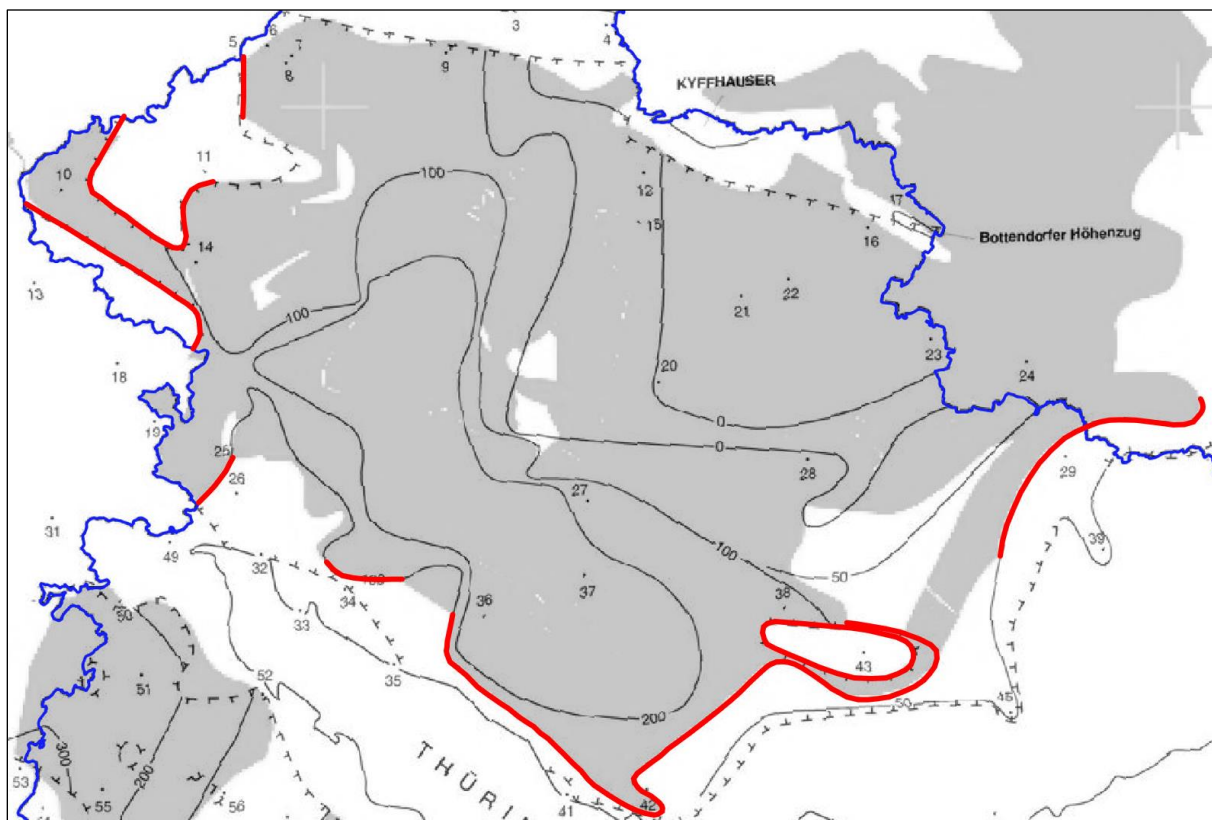


Abb. 26: Überlagerung der Mächtigkeitskarte des Werrasteinsalzes aus Seidel (2013, Abb.4) mit der Karte des identifizierten Gebiets des Zechsteins im Thüringer Becken (grau hinterlegte Fläche). Letztere stellt die Ausdehnung des identifizierten Gebiets **vor Verschnitt mit den ausgeschlossenen Gebieten** dar (aus BGE 2020I, Teil 2, S. 203). In dieser überlagerten Darstellung lässt sich rekonstruieren, inwieweit die Karte aus Seidel (2013) in die Ausweisung des identifizierten Gebiets eingeflossen ist. Rot markiert sind diejenigen Bereiche, in denen die Grenzen des identifizierten Gebiets mit Isopachen oder Auslaugungslinien der Karte aus Seidel (2013) zusammenfallen. Man erkennt, dass die Karte aus Seidel (2013) einen nennenswerten Einfluss auf den Grenzverlauf und damit auf die finalen Abmessungen des ausgewiesenen Teilgebiets hat.

Die Isopachenkarten aus Seidel (2013) weisen nach Analyse des TLUBN geometrische Mängel auf. Auf den Karten sind Mächtigkeitslinien der jeweiligen Steinsalzformation zusammen mit Auslaugungsgren-

zen dargestellt. An einer Auslaugungsgrenze beträgt die Mächtigkeit des Steinsalzes per Definition genau 0 m. Bei der Betrachtung der Karten fällt auf, dass Isopachen mit Mächtigkeitswerten > 0 m (z.B. 100 m, oder 200 m) direkt auf Auslaugungsgrenzen (Mächtigkeit 0 m) zulaufen (Abb. 27). Das Steinsalz kann jedoch nicht in einem Punkt eine Mächtigkeit von beispielsweise 100 m aufweisen, und im direkt anschließenden Punkt ohne Übergang auf 0 m Mächtigkeit „springen“. Es kann nur vermutet werden, dass in den Kartendarstellungen von Seidel (2013) die primären Mächtigkeiten (Mächtigkeitslinien) mit den sekundären Verbreitungsgrenzen (Auslaugungslinien) gemischt wurden. Dies macht die Karten ungeeignet für eine quantitative Auswertung der rezenten Steinsalzmächtigkeiten, wie es für die Endlageruche erforderlich wäre.

Insgesamt stellen daher die Isopachenkarten aus Seidel (2013) nach Ansicht des TLUBN aufgrund des ungeeigneten Maßstabs und der oben beschriebenen geometrischen Fehler keine geeignete Datengrundlage für die Ermittlung von Mächtigkeiten und Verbreitungen stratiformer Steinsalze in Thüringen dar, wie sie für die Anwendung der Mindestanforderungen im Rahmen des Standortauswahlverfahrens erforderlich ist.

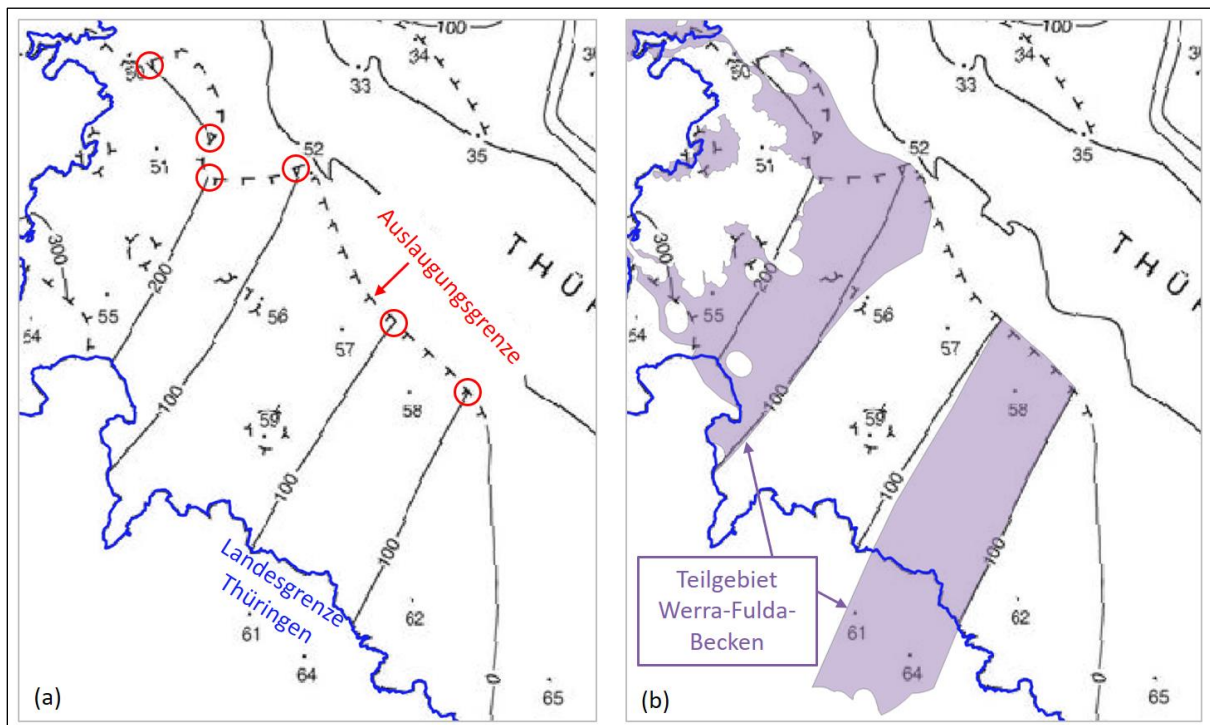


Abb. 27: Ausschnitt aus der Mächtigkeitskarte des Werrasteinsalzes von Seidel (2013, Abb. 4) zusammen mit dem Teilgebiet Werra-Fulda-Becken in Südthüringen. a) Isopachen der Mächtigkeitswerte 50 m, 100 m und 200 m laufen direkt gegen die Auslaugungsgrenze (rot eingekreiste Bereiche), welche per Definition eine Mächtigkeit von 0 m hat. b) Das Teilgebiet Werra-Fulda-Becken folgt teilweise exakt der Darstellung der Karte, obwohl diese geometrisch fehlerbehaftet ist.

Zuletzt soll noch der in Abb. 25 orange unterstrichene Satz (aus BGE 2020I, Teil 2, S. 193) besprochen werden. Die BGE legt hier dar, dass auf den Karten von Seidel (2013) Bohrlokalationen mit Mächtigkeitsangaben eingetragen wären, die bei der Bearbeitung der Teilgebiete auch als Orientierung für den Anschluss an die Nachbarbundesländer dienten.

Nachprüfungen des TLUBN haben ergeben, dass zum einen die in den Karten von Seidel (2013) eingetragenen Punkte nicht immer Bohrungen sind und zum anderen die begleitenden Werte keine Mächtigkeitsangaben darstellen. Bei den Punkten handelt es sich vielmehr um Bohrpunkte, Aufschlusspunkte oder Ortsangaben, die für die Lokalisation dieses Punktes in der Kartenlegende fortlaufend nummeriert wurden (Abb. 28).

Die Tatsache, dass die BGE alle eingetragenen Punkte für Bohrpunkte mit Mächtigkeitsangaben hält, lässt darauf schließen, dass man sich nur sehr unzureichend inhaltlich mit der Kartengrundlage auseinandergesetzt hat. Die Legende wurde offenbar nicht betrachtet. Ob und in welchem Maße die Nummerierungen der Punkte auf den Karten tatsächlich als Mächtigkeitswerte in die Auswertungen eingeflossen sind, ist für das TLUBN nicht näher aus der Dokumentation der BGE ersichtlich.

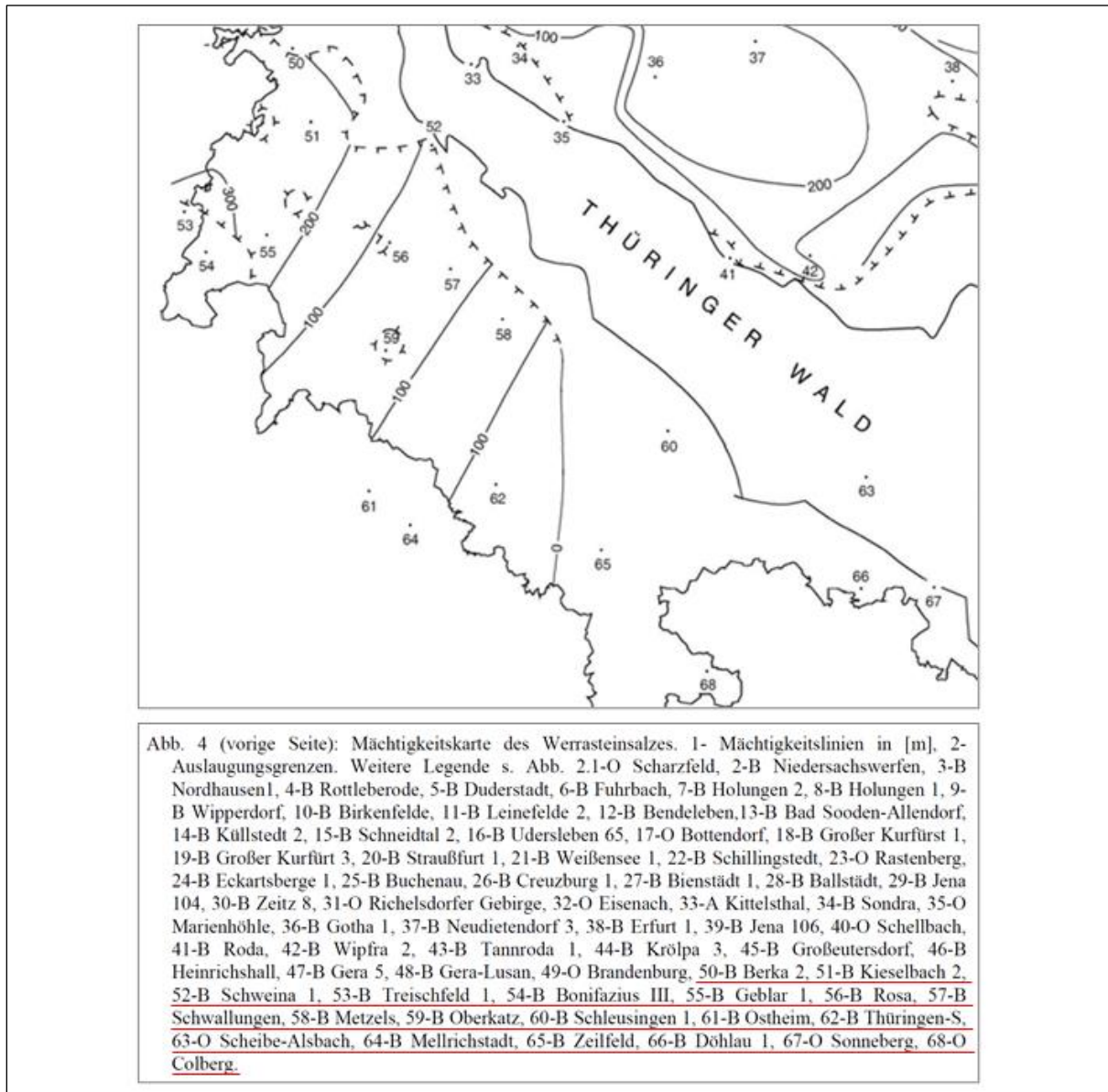


Abb. 28: Mächtigkeitskarte des Werrasteinsalzes aus Seidel (2013, Abb. 4), Ausschnitt für Südthüringen, mit Legende (in Publikation umseitig angeordnet, Unterstreichungen durch TLUBN). Man erkennt in der Karte für Südthüringen Lokationen, die fortlaufend von 50 (oben links) bis 68 (unten rechts) nummeriert sind. Es handelt sich dabei laut Seidel um „wichtige Bohrungen, Aufschlüsse und Orte [...]“, B-Bohrung, A-Aufschluss, O-Ort bzw. Gebirge“ (in Seidel 2013 so erläutert anhand Abbildung 2). Die Lokationen in Südthüringen (rote Unterstreichungen) sind zum größten Teil Bohrungen. Es sind aber auch zwei Ortsangaben darunter: Nr. 67 – Sonneberg und Nr. 68 – Colberg.

4.4.6 Mangelnder Bezug zu den Inventarisierungstabellen

Zu Beginn ihrer Arbeiten zur Anwendung der Mindestanforderungen hat die BGE Inventarisierungstabellen erstellt, in denen alle als Wirtsgestein in Frage kommenden lithostratigraphischen Einheiten je Bundesland aufgelistet werden (Kap. 4.1.3). Diese Arbeiten hatten zum Ziel, zunächst alle potenziellen Wirtsgesteine zu identifizieren, um im Anschluss die Erfüllung der Mindestanforderungen für diese Einheiten zu prüfen.

In den Inventarisierungstabellen werden drei Formationen des Zechsteins als relevant erachtet: Werra, Staßfurt und Leine (Abb. 29). Nachfolgend werden dann aber bei der Prüfung der Mindestanforderungen vier Formationen des Zechsteins in Betracht gezogen: Werra, Staßfurt, Leine und Aller. Es stellt sich dabei die Frage, warum bei der Prüfung der Mindestanforderungen von den Ergebnissen der Inventarisierung abgewichen wird.

Der Arbeitsprozess der BGE ist an dieser Stelle inkonsistent und kann aus Sicht des TLUBN nicht nachvollzogen werden, da zunächst ein zu untersuchendes geologisches Inventar definiert wird, von dem dann in späteren Bearbeitungsschritten ohne Begründung wieder abgewichen wird.

Tabelle 48: Potenzielle Wirtsgesteine in Thüringen

Strat. Einheit	Mächtigkeit	Lithologie	Wirtsgestein	Bemerkungen
Zechstein, Leine-Formation	Leine-Steinsalz: 0-153 m	Halitit	Steinsalz	Thüringer Becken
Zechstein, Staßfurt-Formation	Staßfurt-Steinsalz: 0-617 m	Halitit	Steinsalz	Thüringer Becken
Zechstein, Werra-Formation	Werra-Steinsalz: 0-375 m	Halitit, z. T. tonig, z. T. anhydritisch, weiß bis weißgrau	Steinsalz	Thüringer Becken und Werra-Gebiet
Unterer Buntsandstein, Calvörde-Formation	70-180 m	überwiegend tonig mit Schluff und Sand: 10 Kleinzyklen zu je 8-25 m mit sandiger Basis und fining-Upwards; tonig-schluffige Abschlussglieder besonders ausgeprägt; Unterscheidung in untere tonige Sandsteinschichten und obere sandige Tonsteinschichten	Tonstein	Thüringer Becken
Mittlerer Keuper, Weser-Formation ggf. bis Arnstadt-Formation	Weser-Formation: 67-161 m	überwiegend rotbunte und grüne Tongesteine (dolomitische Tonsteine und Tonmergelsteine), meist mit Sulfatknollen und dünnen Dolomitbänken; in mehreren Horizonten Einschaltungen von knolligen, teilweise auch geschichteten Sulfatbänken	Tonstein	Thüringer Becken

Abb. 29: Screenshot aus BGE (2020I), Teil 1, S. 87, sogenannte „Master-Inventarisierungstabelle“ mit potenziellen Wirtsgesteinen in Thüringen (der Screenshot zeigt für eine bessere Darstellung nur Spalte 1 bis 5, die Zeilen sind vollständig). Im Zechstein wurden Steinsalze aus der Werra-, Staßfurt- und Leine-Formation inventarisiert. Die Aller-Formation wurde nicht in das zu prüfende geologische Inventar aufgenommen.

4.4.7 Verwendung von ungenauen und falschen Begriffen für die Definition des Wirtsgesteins Steinsalz, Literaturangabe nicht adäquat

In BGE (2020j) S. 36 definiert die BGE im Rahmen der Begriffsbestimmungen zu den Wirtsgesteinen, welche Einträge in Schichtenverzeichnissen von Bohrungen auf das Wirtsgestein Steinsalz schließen lassen: Halit muss der gesteinsbildende Hauptbestandteil sein, und diese Anforderung gilt als erfüllt, „wenn in der petrographischen Beschreibung vorhandener Bohrungen mit Schichtenverzeichnis Halit/Halitit/Steinsalz (^{^na}), Bändersalz (^{^bds}), Fasersalz (^{^fas}), Hartsalz (^{^hs}) oder Chloridgestein (^{^cl}) als Hauptkomponente [...] angegeben wird.“ Zur Unterstützung dieser Definition führt die BGE das Literaturzitat Okrusch & Matthes (2014) an (Abb. 30).

Die zitierte Literatur (blaue Unterstreichen in Abb. 30) liegt dem TLUBN vor. Es handelt sich um ein Lehrbuch, welches an Studierende der Geowissenschaften in den unteren Semestern gerichtet ist und eine allgemeine Einführung in die spezielle Mineralogie, Petrologie und Lagerstättenkunde bietet. Das Buch behandelt keine endlagerrelevanten Themen. Da die Begriffe „Bändersalz“, „Fasersalz“, „Hartsalz“ und „Chloridgestein“ nach Auffassung des TLUBN keine Begriffe sind, welche darauf schließen lassen, dass Halit zwangsläufig der gesteinsbildende Hauptbestandteil ist (s.u.), wurde die Definition der BGE anhand von Okrusch & Matthes (2014) vom TLUBN überprüft.

Dabei fiel auf, dass in diesem Lehrbuch an keiner Stelle die Definition wie von der BGE vorgenommen untermauert wird. Die Begriffe „Bändersalz“, „Fasersalz“ und „Chloridgestein“ kommen im gesamten

Lehrbuch nicht vor. Der Begriff „Hartsalz“ wird erläutert, aber anders, als von der BGE verwendet (s.u.). Einzig die (nach Auffassung des TLUBN) korrekten Begriffe „Halit/Halitit/Steinsalz“ werden in Okrusch & Matthes (2014) auch so wie definiert besprochen.

Die Literaturangabe „Okrusch & Matthes (2014)“ ist daher nicht adäquat, um die von der BGE vorgenommene Begriffsdefinition zu unterstützen.

Für Salzformationen in stratiformer und steiler Lagerung ist gleichermaßen entscheidend, dass Halit der gesteinsbildende Hauptbestandteil ist, damit sie als potentiell endlagerrelevantes Wirtsgestein „Steinsalz“ angesehen werden können. Diese Anforderung gilt als erfüllt, wenn in der petrographischen¹ Beschreibung vorhandener Bohrungen mit Schichtenverzeichnis ⁽¹⁾Halit/Halitit/Steinsalz (^na), ⁽²⁾Bändersalz (^bds), ⁽³⁾Fasersalz (^fas), ⁽⁴⁾Hartsalz (^hs) oder ⁽⁵⁾Chloridgestein (^cl) als Hauptkomponente (vgl. Okrusch & Matthes 2014) angegeben wird.

Abb. 30: Screenshot aus BGE (2020j) S. 36 zur Definition des Wirtsgesteins Steinsalz (farbige Unterstreichung und Nummerierung durch TLUBN).

3.2.2.1.9 Salzgesteine (a)	Begriffsdefinitionen: (b)
^ev Evaporit ^cl Chloridgestein ^na Steinsalz ^bds Bändersalz ^fas Fasersalz ^ka Kalisalz ^sy Sylvinit ^so Sulfatgestein ^ah Anhydritstein ^ahg Gekröseanhydritstein ^ahd Dolomitanhydritstein (Seite 269) (Seite 270) ^aht Tonanhydritstein ^ahp Pegmatitanhydrit ^ya Gips-Anhydrit-Stein ^y Gipsstein ^yg Gekrösegipsstein ^yd Dolomitgipsstein ^yt Tongipsstein ^hs Hartsalz ^kmg Bittersalz ^ct Carnallit	Chloridgestein (^cl): Chemisch-sedimentäres Festgestein, das überwiegend aus leicht löslichen Salzmineralen (Chloriden) besteht, die aus eingedunsteten Lösungen auskristallisieren. Steinsalz (^na): NaCl, Mineral- und Gesteinsbezeichnung. Bändersalz (^bds): Steinsalz mit dunkelgrauen Ton- und/oder Sulfatbändern. Fasersalz (^fas): In Klüften und Rissen ausgeschiedenes, faseriges Salzgestein innerhalb oder in Nachbarschaft eines Salzlagers. Hartsalz (^hs): Salzgestein aus Sylvinit und Steinsalz und/oder Kieserit und/oder Polyhalit.

Abb. 31: Auszug aus dem Symbolschlüssel Geologie (LBEG 2015) zur Verschlüsselung und Begriffsdefinition von Salzgesteinen. a): Auszug aus Kap. „3.2.2.1.9 Salzgesteine“ auf den Seiten 269 und 270 in Band 1, Hervorhebung und Seitenangabe durch TLUBN. b): Definition der in a) hervorgehobenen Begriffe nach dem Glossar in Band 2.

Eine anschließende Analyse des TLUBN, auf welcher fachlichen Grundlage die obige Begriffsdefinition der BGE basiert, führt zum Symbolschlüssel Geologie (LBEG 2015). Der Symbolschlüssel Geologie ist eine Sammlung hierarchisch gegliederter Kürzel zur Verschlüsselung geologischer Begriffe (Band 1). Um ihre eindeutige Verwendung zu ermöglichen, ist die Bedeutung für jedes Kürzel in einem Glossar recherchierbar (Band 2). Die von der BGE verwendeten Begriffe finden sich auf den Seiten 269 und 270

in Band 1 des Symbolschlüssels Geologie im Kap. „3.2.2.1.9 Salzgesteine“ und werden im Glossar entsprechend definiert (Abb. 31).

Anhand der Abb. 31 zum Symbolschlüssel Geologie werden inhaltliche Schwächen der von der BGE vorgenommenen Begriffsdefinition zum Wirtsgestein Steinsalz schnell ersichtlich:

„Chloridgestein“ (Nr. 5 in Abb. 30) ist der Oberbegriff für alle Salze, die aus Chloridverbindungen hervorgehen. Das Wirtsgestein Steinsalz (NaCl) ist ein Chlorid. Andere Chloride - allesamt keine Wirtsgesteine - sind beispielsweise Sylvinit (KCl), Carnallit ($\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) oder Bischofit ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) (s. z.B. Rösler 1981). Daher ist der Begriff „Chloridgestein“ nicht geeignet, um das Wirtsgestein Steinsalz zu identifizieren.

Der Begriff „Hartsalz“ (Nr. 4 in Abb. 30) bezeichnet ein Salzgestein, welches aus Sylvinit (= Kalisalz) zusammen mit Steinsalz und/oder Kieserit und/oder Polyhalit besteht. Kieserit ($\text{Mg}[\text{SO}_4] \cdot \text{H}_2\text{O}$) und Polyhalit ($\text{K}_2\text{MgCa}_2[\text{SO}_4]_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) sind Sulfate (z.B. Rösler 1981). Okrusch & Matthes (2014) beschreiben das Hartsalz in leicht anderer Form als der Symbolschlüssel Geologie:

„Hartsalze sind Kalisalze mit zusätzlichen Sulfatgehalten:

- kieseritisches Hartsalz: es besteht aus Kieserit + Sylvinit + Halit,
- anhydritisches Hartsalz: es besteht aus Anhydrit + Sylvinit + Halit ± Kieserit“

In jedem Fall ist Hartsalz kein Wirtsgestein.

Etwas schwieriger wird es bei der Auslegung der Begriffe „Bändersalz“ und „Fasersalz“. In Abb. 31 wird erkennbar, dass sich diese beiden Begriffe in der Hierarchie des Symbolschlüssels Geologie unterhalb des Begriffes „Steinsalz“ befinden. Daraus ließe sich ableiten, dass „Bändersalz“ und „Fasersalz“ ebenfalls Steinsalze sind. Nach Auffassung des TLUBN ist hier möglicherweise der Symbolschlüssel Geologie in seiner strengen Hierarchisierung nicht ganz korrekt. Betrachtet man beispielsweise das Glossar aus Band 2, dann ist die Zugehörigkeit der beiden Begriffe zum Oberbegriff „Steinsalz“ schon nicht mehr so klar:

„Bändersalz“ (Nr. 2 in Abb. 30) bezeichnet ein Steinsalz mit dunkelgrauen Ton- und/oder Sulfatbändern. Das heißt, es handelt sich nicht um reines Steinsalz, sondern das Steinsalz ist lagenweise verunreinigt, wobei der Begriff „Bändersalz“ eher auf das makroskopische Gefüge abzielt als auf den Chemismus. Noch klarer wird hier z.B. Füchtbauer (1988). Füchtbauer führt den Begriff „Bändersalz“ im Zusammenhang mit dem makroskopischen Gefüge von Salzgesteinen wie folgt ein: „Mächtige Steinsalzlagen sind durch Einlagerungen fast immer in ± regelmäßige Bänke von 3 – 5 cm gegliedert, die man bei scharfer Trennung der Bänke als ‚Liniensalz‘, bei verschwommen-schichtiger Anordnung der Verunreinigungen als ‚Bändersalz‘ und bei völlig diffuser Verteilung als ‚Schwadensalz‘ bezeichnet.“ Das heißt, man kann schon erwarten, dass der Hauptbestandteil eines Bändersalzes Halit ist. Die Verwendung des Begriffes „Bändersalz“ ist insofern nicht grundsätzlich falsch, aber unscharf. Die Einstufung des Begriffes „Bändersalz“ im Symbolschlüssel Geologie (2015) unterhalb des Begriffes „Steinsalz“ ist zumindest diskutabel.

Der Begriff „Fasersalz“ (Nr. 3 in Abb. 30) beschreibt laut Glossar des Symbolschlüssels Geologie ein „in Klüften und Rissen ausgeschiedenes, faseriges Salzgestein innerhalb oder in Nachbarschaft eines Salzlagere“. Aus dieser Begriffsbestimmung geht nicht hervor, dass es sich dabei zwingend um Steinsalz handeln muss, sondern jedes Salzgestein kann als Fasersalz ausgebildet sein. Diagnostisches Merkmal ist hier die faserige Ausscheidung in Klüften und Rissen. Der Begriff „Fasersalz“ zielt damit klar auf Gefüge und ggf. auch Genese eines Salzgesteines ab, nicht aber auf den Chemismus. Auch aus anderer Literatur lässt sich ableiten, dass es sich um einen Begriff zur Beschreibung des Gefüges handelt. Beispielsweise findet sich bei Stolle & Döhner (1970) folgende Beschreibung im Zusammenhang mit den Mikrogefügetypen: „Parallelgefüge: Parallelfaserige, meist senkrecht auf Kluftwänden aufgewachsene

Aggregate von Gips, Anhydrit, Halit, Carnallit u.a.“. Nach Ansicht des TLUBN ist der Begriff „Fasersalz“ daher in der Hierarchie des Symbolschlüssels Geologie nicht korrekt eingeordnet. Der Begriff beschreibt ein fasriges Gefüge von Salzen jeder Art und ist keine Unterform von Steinsalz. Insbesondere ist Fasersalz auch nicht als Wirtsgestein geeignet.

Die Bezeichnungen der Salzgesteine sind maßgeblich durch den Bergbau geprägt. Salzgesteine werden vorrangig von halogeniden Mineralen in unterschiedlicher Konzentration aufgebaut. Der Hauptbestandteil von Steinsalz ist Halit (NaCl). Als Nebenbestandteile treten gehäuft Ton- und Sulfatminerale (z.B. Anhydrit, Kainit, Kieserit, Polyhalit) sowie weitere Halogenide (Carnallit, Sylvin) in unterschiedlicher Konzentration auf. Steinsalz mit einem sehr hohen Halit-Gehalt wird als Halitit bezeichnet. Insofern sind die Begriffe „Halit/Halitit/Steinsalz“ (Nr. 1 in Abb. 30) zwar nicht synonym, können aber gleichermaßen für die Identifikation des Wirtsgesteins Steinsalz verwendet werden.

Die Definition des Begriffes „Steinsalz“ ist eine wesentliche Grundlage für weitere Bearbeitungsschritte der Mindestanforderungen im Wirtsgestein Steinsalz, da hiermit die Frage geklärt wird, welche Begriffe aus Schichtenverzeichnissen zur Identifizierung des Wirtsgesteins herangezogen werden können. Die Begriffe wurden von der BGE nach Auffassung des TLUBN nicht ausreichend auf tatsächliche fachliche Anwendbarkeit geprüft. Der Begriff „Steinsalz“ des Symbolschlüssels Geologie wird von der BGE ohne kritische Prüfung zusammen mit Begriffen, die in der Hierarchie unmittelbar darüber und darunter stehen (Chloridgestein, Bändersalz, Fasersalz) verwendet. Aus nicht ersichtlichem Grund wird der Begriff „Hartsalz“ zum Wirtsgestein Steinsalz gerechnet. Die Begriffsdefinitionen wurden fachlich nicht hinterfragt und sind durch Literaturzitate nicht korrekt belegt.

Nach Auffassung des TLUBN sollten die Begriffsdefinitionen zu den von der BGE betrachteten Wirtsgesteinen eindeutig und fachlich korrekt angewendet werden und die zitierte Primärliteratur geeignet sein, getroffene Definitionen und Anwendungsschritte inhaltlich zu untermauern.

4.4.8 Bohrungen wurden nur berücksichtigt, wenn sie zur Gebietsvergrößerung führten

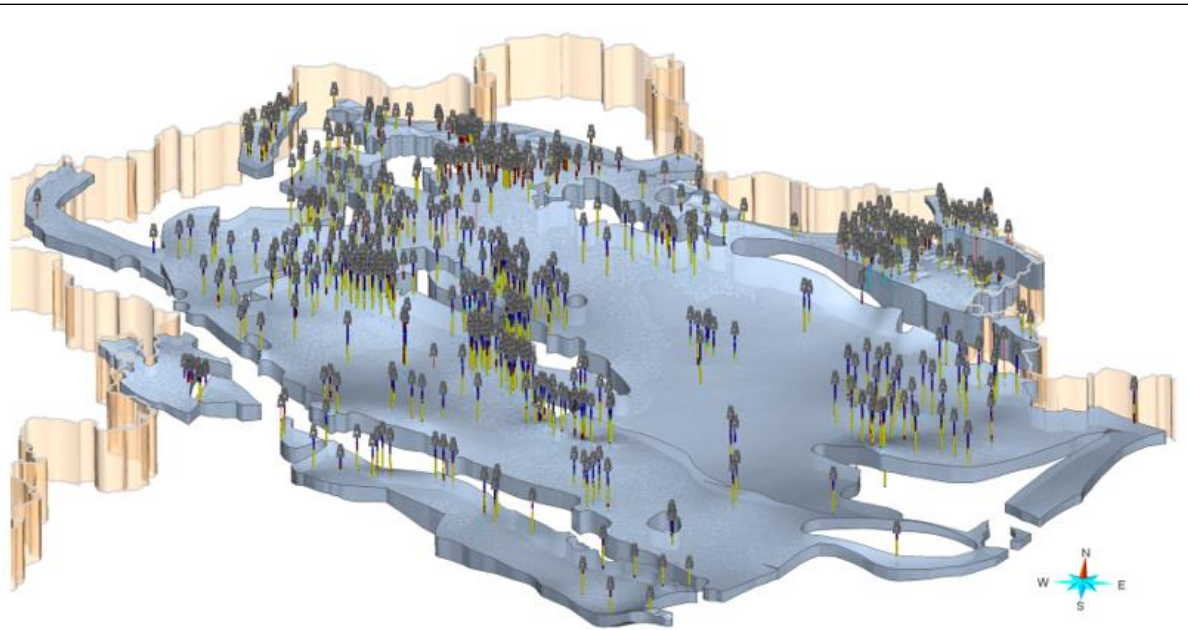
Im Anschluss an die Arbeit mit den Isopachenkarten werden von der BGE die digitalen Schichtenverzeichnisse von Bohrungen ausgewertet (BGE 2020I Teil 2, S. 200). Dabei werden ebenfalls die Salzmächtigkeiten über den Zechstein hinweg kumuliert. Bohrungen, die außerhalb der bis dahin ermittelten Gebiete liegen und deren kumulierte Salzmächtigkeiten ≥ 100 m betragen, werden von der BGE dahingehend berücksichtigt, dass sie zu einer Vergrößerung der Gebiete führen. Bohrungen, die eine kumulierte Salzmächtigkeit von < 100 m aufweisen, werden von der BGE nicht weiter betrachtet und von weiteren Arbeitsschritten ausgeschlossen. Somit wird nicht geprüft, ob die ermittelten Gebiete aufgrund dieser Bohrdaten hätten verkleinert werden müssen.

Wie in Kap. 4.4.1 dargelegt, führt das Kumulieren von Steinsalzmächtigkeiten über die gesamte Zechsteinabfolge hinweg grundsätzlich zu falschen Ergebnissen, da nur zusammenhängende Steinsalzablagerungen mit einer Mächtigkeit von ≥ 100 m als Wirtsgesteinskörper zulässig sind. Daher ist auch das Vorgehen des Kumulierens von Steinsalzmächtigkeiten auf der Grundlage von Bohrdaten generell falsch. Da die BGE aber die Methodik des Kumulierens von Steinsalzmächtigkeiten gewählt hat, wird an dieser Stelle seitens des TLUBN formal geprüft, inwieweit diese Methode in sich konsistent angewendet wurde.

Nach Auswertungen des TLUBN existieren sowohl im Thüringer Becken als auch in Südthüringen eine Vielzahl an Bohrungen, deren kumulierte Salzmächtigkeit < 100 m beträgt (Abb. 32). Oft wird allerdings durch diese Bohrungen der Zechstein nicht vollständig durchteuft und es werden damit nicht alle potenziell salzführenden Schichten des Zechsteins aufgeschlossen, so dass hier eine genauere geologische Untersuchung erforderlich wäre, inwieweit unterhalb der jeweiligen Endteufen noch Salz zu erwarten ist.

Für beide Teilgebiete mit Steinsalz in stratiformer Lagerung lassen sich allerdings beispielhaft Bohrungen identifizieren, die einen eindeutigen Nachweis erbringen, dass auch die über den gesamten Zechstein kumulierten Steinsalzmächtigkeiten 100 m nicht übersteigen. Diese Bereiche dürfen demnach nicht innerhalb der Teilgebiete liegen (Abb. 33).

Nach Auffassung des TLUBN hätte in diesem Arbeitsschritt eine genauere und intensivere Analyse der Bohrdaten durch die BGE erfolgen müssen, so dass ausgewertete Schichtenverzeichnisse von Bohrungen nicht nur zur Vergrößerung, sondern ggf. auch zur Verkleinerung der Gebiete geführt hätten.



a) Alle Bohrungen mit digitalen Schichtenverzeichnissen im Teilgebiet Thüringer Becken (Anzahl: 702)



b) Bohrungen im Teilgebiet Thüringer Becken, die Zechstein erbohren und keine kumulierten Salzmächtigkeiten von ≥ 100 m aufweisen (Anzahl: 343)

Abb. 32: Im TLUBN angefertigte dreidimensionale Darstellung des Teilgebiets Thüringer Becken zusammen mit Bohrungen. a): Insgesamt befinden sich 702 Bohrungen mit digitalen Schichtenverzeichnissen im Teilgebiet. b): Nach Auswertung des TLUBN weisen davon 343 Bohrungen, die den Zechstein erbohren, keine kumulierte Steinsalzmächtigkeit von ≥ 100 m auf. Ein Teil der Bohrungen durchteuft den Zechstein nicht vollständig und erbohrt möglicherweise deshalb keine ausreichend hohen Steinsalzmächtigkeiten. Es konnten aber auch eindeutig Bohrungen identifiziert werden, die den Zechstein soweit durchteufen, dass alle potenziell salzföhrnden Schichten aufgeschlossen werden, und deren kumulierte Steinsalzmächtigkeit trotzdem unter 100 m betragt. Die BGE wertet dies aber nicht aus, so dass Bohrungen mit zu geringer Steinsalzmächtigkeit nicht zu einer Gebietsverkleinerung föhren.

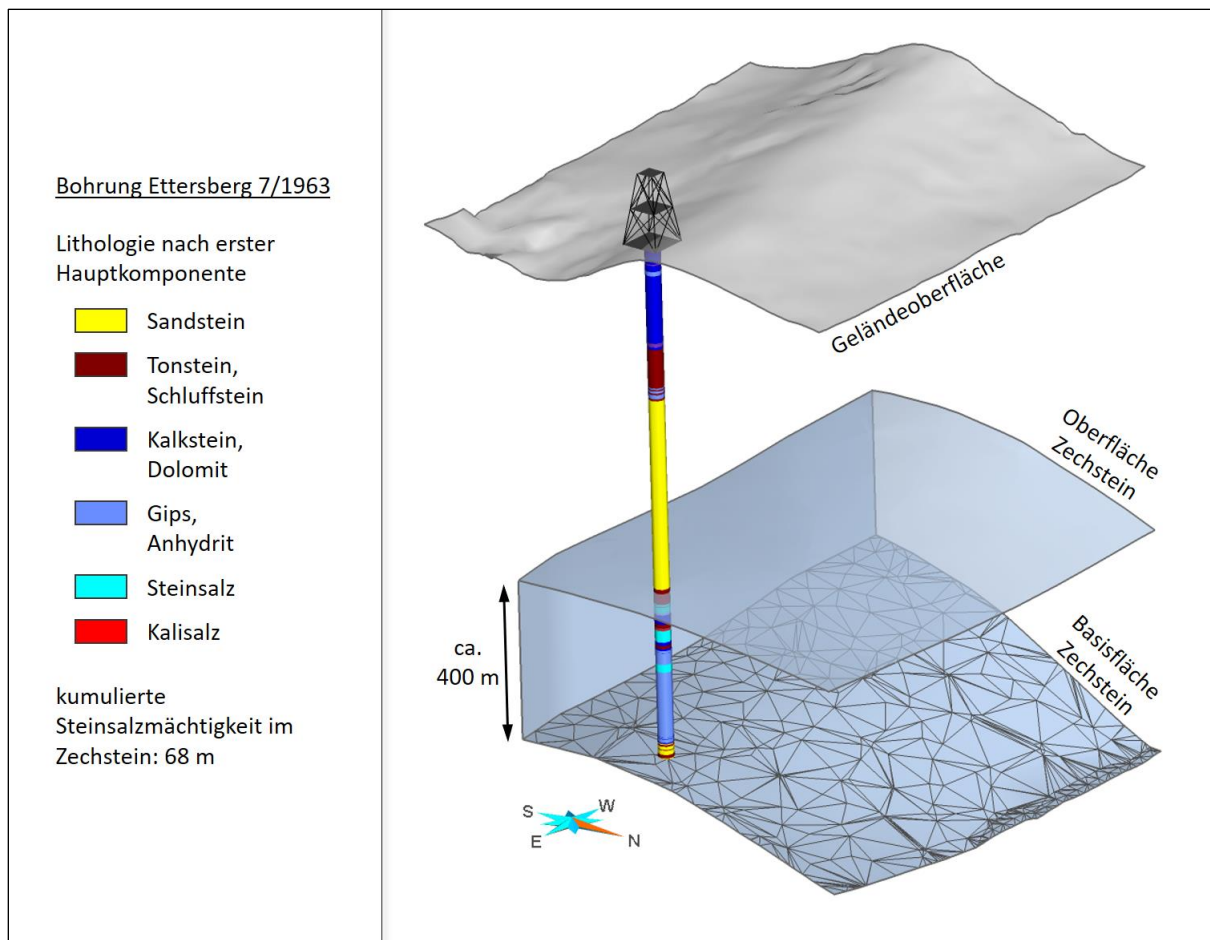


Abb. 33: Bohrung Ettersberg 7/1963, zusammen mit einem Detail-Ausschnitt aus dem Teilgebiet Thüringer Becken im Raum Weimar-Schöndorf (dreidimensionale Darstellung des Teilgebiets erstellt im TLUBN). Die Bohrung durchteuft den Zechstein vollständig und erbohrt dabei Steinsalz in der Werra-, Staßfurt- und Leine-Formation. Die über den gesamten Zechstein kumulierte Steinsalzmächtigkeit beträgt 68 m. Die Bohrung erbringt den Nachweis, dass auch die kumulierte Steinsalzmächtigkeit hier nicht ausreicht, um ein Teilgebiet zu rechtfertigen. Trotzdem führt noch nicht einmal das Schichtenverzeichnis dieser Bohrung zur Verkleinerung des ermittelten Gebiets in diesem Bereich.

4.4.9 Verschnittreste, die die Anforderung an den minimalen Flächenbedarf nicht erfüllen

Die BGE hat die identifizierten Gebiete (Kap 4.1.2) auf die Mindestanforderung „minimaler Flächenbedarf“ geprüft und alle isolierten Flächenteile entfernt, deren Flächeninhalt $< 3 \text{ km}^2$ beträgt (Kap. 4.3.2.2). Allerdings ergeben sich die identifizierten Gebiete und nachfolgend die Teilgebiete durch einen Verschnitt mit den Ausschlussgebieten. Da die Ausschlussgebiete teilweise sehr kleinräumige und komplexe Geometrien aufweisen, ergeben sich in Folge des Verschnittes eher irreguläre Grenzverläufe für die identifizierten Gebiete. Die beiden Teilgebiete mit Steinsalz in stratiformer Lagerung zeigen daher an ihren Rändern zahlreiche Verschnittreste mit merkwürdig anmutenden Einbuchtungen und Ausstülpungen (Abb. 34).

Die Ausstülpungen sind oft in ihrer Form sehr länglich und schmal und weisen zum Teil Breiten von weniger als 100 m auf. Da sie nicht isoliert auftreten und mit der überwiegenden Fläche des jeweiligen Teilgebiets verbunden sind, sind sie nicht bei der Anwendung der Mindestanforderung „minimaler Flächenbedarf“ aus dem Prozess herausgefallen. Dennoch sind diese Verschnittreste quasi-isoliert vom „großen Rest“ der Fläche. Daher muss der Flächeninhalt für diese einzelnen, länglichen Flächenstücke separat ermittelt werden.

In Abb. 34 wird dies anhand von drei Beispielen im Teilgebiet Werra-Fulda-Becken (Kap. 2.4) durchgeführt. Dabei ergibt sich, dass die länglichen Flächenstücke für sich betrachtet jeweils zu geringe Flächeninhalte von deutlich weniger als 3 km² aufweisen. Es ist nicht plausibel, wie innerhalb solch schmaler Gebiete der Flächenbedarf für ein Endlager im Steinsalz erfüllt werden kann.

Nach Ansicht des TLUBN hätte die BGE diesen Sachverhalt erkennen und die Flächen daraufhin überprüfen müssen, ob sie nicht nur nach ihrem Flächeninhalt, sondern auch nach ihrer geometrischen Form geeignet sind, ein Endlager aufzunehmen. Die Beibehaltung der länglichen Verschnittreste an den Flächengrenzen der Teilgebiete führt nun zu einer unnötigen Vergrößerung der Teilgebiete trotz fraglicher geometrischer Eignung.

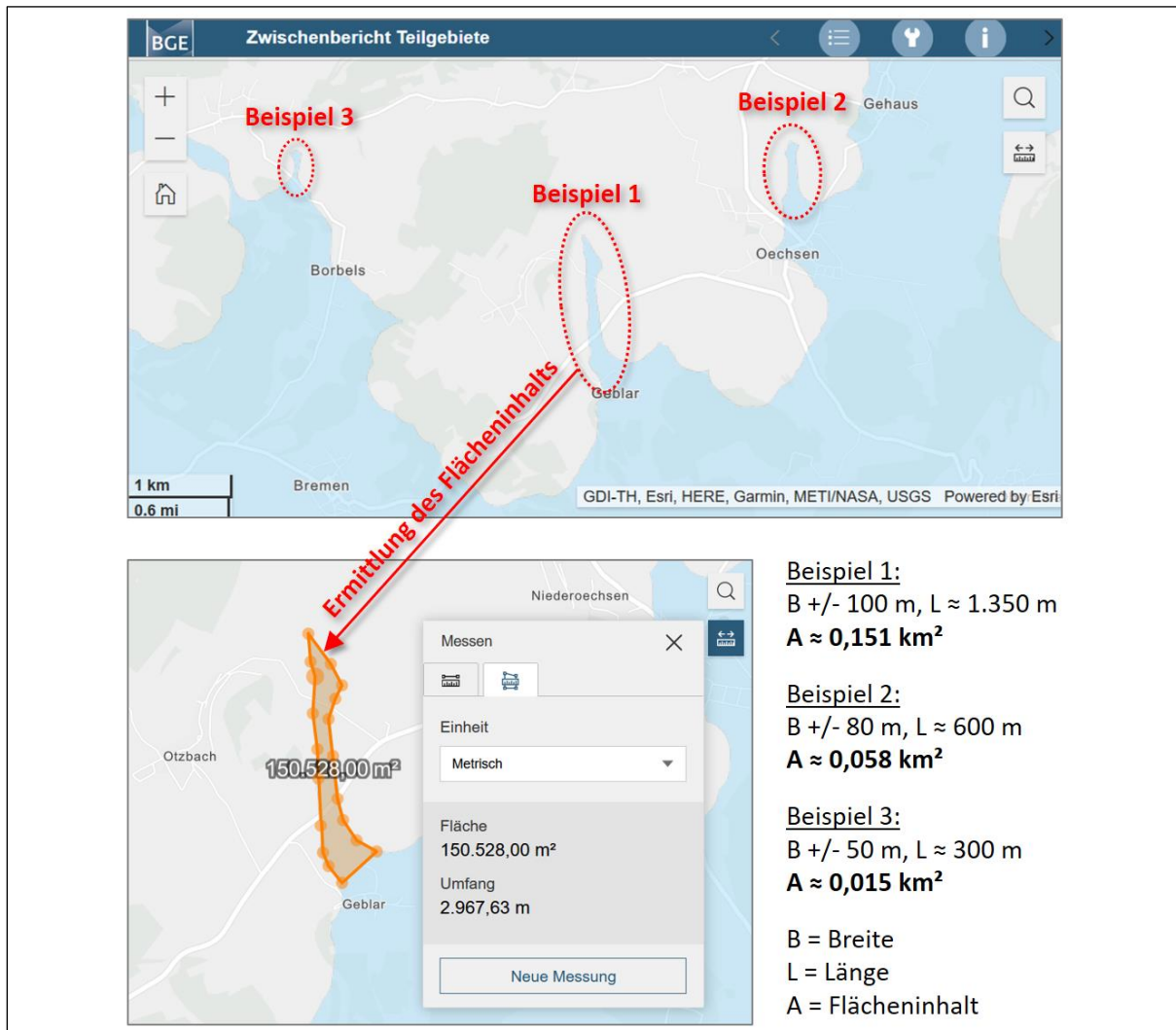


Abb. 34: Screenshot der Onlinekarte zur Präsentation der Teilgebiete auf der Webseite der BGE (BGE 2020ga), Ausschnitt aus dem Teilgebiet Werra-Fulda-Becken im Raum Borbels-Geblar-Oechschen. Oben: Das Teilgebiet zeigt einige schmale, längliche Geometrien, die durch Verschnitt mit dem Ausschlussgebiet „Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit – Bergwerke“ entstanden sind (Beispiel 1 bis 3). Unten: Ergebnis der Bestimmung von Länge, Breite und Flächeninhalt der drei Beispiele mithilfe des auf der Onlinekarte bereitgestellten Messwerkzeugs (alle Werte sind Circa-Angaben). Für alle drei Beispiele liegt der Flächeninhalt deutlich unterhalb des minimalen Flächenbedarfs von 3 km².

4.4.10 Artefakte aus Rechenoperationen, die keine inhaltliche Bedeutung haben

Bei der Betrachtung des Teilgebiets Thüringer Becken (Kap.2.3) fallen offensichtliche Fehlstellen ins Auge (Abb. 35 a). Es handelt sich dabei um meist sehr schmale, längliche „Lücken“ im Teilgebiet, die einer gewissen geometrischen Struktur zu folgen scheinen. Es stellt sich die Frage, wie diese Fehlstellen entstanden sind.

Die BGE beschreibt in BGE (2020I) Teil 2 S. 197 im Rahmen des „länderspezifischen Modellierprotokolls“ für den Zechstein im Thüringer Becken einen Arbeitsschritt im 3D-Modell, bei dem das Digitale Geländemodell (DGM) zunächst um 1.500 m abgesenkt wurde. Alle Bereiche der Zechstein-Basisfläche, die unterhalb dieser abgesenkten DGM-Fläche lagen, wurden dann auf das Niveau des abgesenkten DGMs angehoben (Kap. 4.3.2.1.1.1). Dieser Schritt war erforderlich, um den Suchraum im Zechstein nach unten auf maximal 1.500 m unter Geländeoberfläche zu begrenzen.

Bei der Analyse der Teilgebiete und Prüfung der zugrundeliegenden Methodik durch das TLUBN fiel bei der eigenen Bearbeitung im 3D-Modell auf, dass die Fehlstellen im Teilgebiet Thüringer Becken immer dort liegen, wo sich die Fläche des abgesenkten DGMs mit der Zechstein-Basis überschneidet (Abb. 35 b). Um die genaue Ursache für die Entstehung der Fehlstellen ausfindig zu machen, fehlen dem TLUBN aber einige Informationen. So liegt beispielsweise dem TLUBN das von der BGE verwendete digitale Geländemodell nicht vor (ein DGM10 mit dezimierter Stützpunktzahl). Auch das von der BGE für die Modellierarbeiten entwickelte Gocad-Makro ist nicht veröffentlicht. Daher lässt sich nicht abschließend beurteilen, wie die Fehlstellen im Teilgebiet konkret entstanden sind. Es ist aber nach Prüfung aller vorliegenden Daten sicher, dass es sich um technische Artefakte handelt. Diese Artefakte lassen nach Ansicht des TLUBN auf ein unsauberes Vorgehen bei der Bearbeitung und eine mangelnde technische Qualitätskontrolle schließen.

Strenggenommen weisen die Fehlstellen im Teilgebiet Thüringer Becken formal Bereiche aus, in denen die Mindestanforderungen für das Wirtsgestein Steinsalz nicht erfüllt sind. Da die Artefakte aber lediglich auf einem technischen Bearbeitungsfehler beruhen, hätten sie vor Veröffentlichung des Teilgebiets bereinigt werden müssen. Das weitere Verfahren in Richtung der Ausweisung der Standortregionen wird dadurch verkompliziert. Falls im Bereich einer solchen Fehlstelle später eine Standortregion ausgewiesen werden sollte, wäre ggf. aufwendig und plausibel zu begründen, warum der zuvor bereits offiziell ausgeschlossene Bereich doch wieder in Frage kommt.

Aus Sicht des TLUBN ist daher die Ausdehnung des Teilgebiets Thüringer Becken hinsichtlich der technisch bedingten Artefakte zu überprüfen und zu korrigieren.

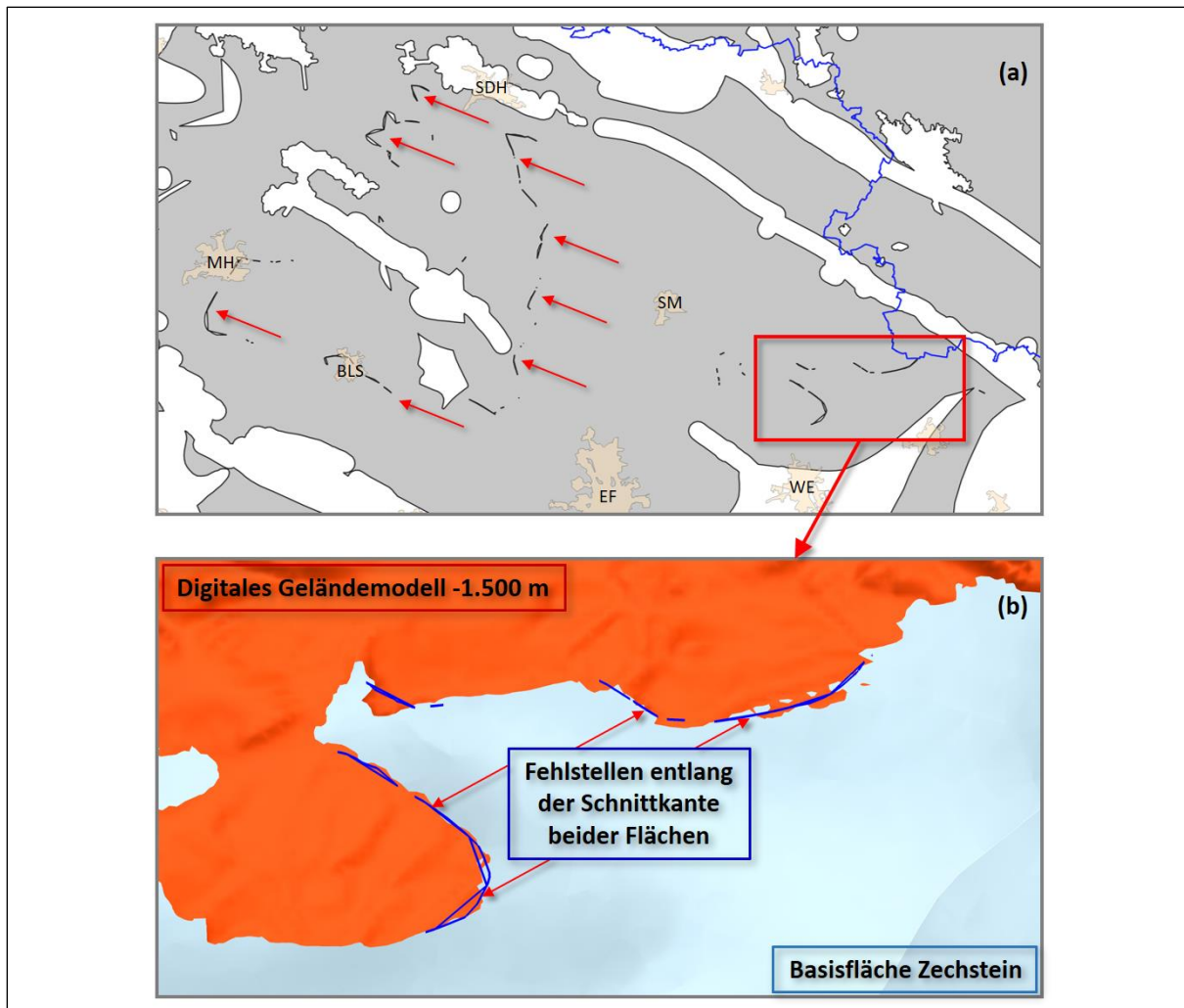


Abb. 35: Analyse der Fehlstellen im Teilgebiet Thüringer Becken. a) Ausschnitt aus dem Teilgebiet Thüringer Becken, einige Fehlstellen wurden beispielhaft durch Pfeile markiert. b) Detaillierte Darstellung eines Bereichs mit Fehlstellen im 3D-Modell, Blick von oben. Dargestellt ist die Zechstein-Basisfläche im Verschnitt mit dem beim TLUBN verwendeten DGM, welches um 1.500 m abgesenkt wurde. Die Fehlstellen (blaue Linien) reihen sich entlang der Schnittkante beider Flächen auf. Zu beachten ist hier, dass das im TLUBN verwendete DGM nicht exakt dem von der BGE verwendeten DGM entspricht, und daher auch die Fehlstellen die Schnittkante der beiden Flächen nicht ganz genau nachzeichnen.

4.4.11 Erfüllung der Mindestanforderungen für das Wirtsgestein Steinsalz nach den Ergebnissen der Validierung durch das TLUBN

§ 23 Abs. 5 Nr. 1 StandAG, Gebirgsdurchlässigkeit

Die BGE nimmt an, dass aufgrund der bekannten Eigenschaften von Steinsalz eine ausreichend geringe Gebirgsdurchlässigkeit in den identifizierten Gebieten vorliegt und diese Mindestanforderung daher erfüllt ist. Aufgrund der angewendeten Methodik des Kumulierens der Steinsalzmächtigkeiten über die gesamte Zechsteinabfolge hinweg, befinden sich innerhalb der identifizierten Gebiete nicht nur Steinsalze, sondern auch Karbonate, Sulfate und Tonsteine. Somit können die Eigenschaften von Steinsalz nicht auf die identifizierten Gebiete übertragen werden. Nach Ansicht des TLUBN ist diese Mindestanforderung für die Gebiete so pauschal nicht erfüllt.

§ 23 Abs. 5 Nr. 2 StandAG, Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Laut BGE ist die Anforderung einer minimalen Steinsalzmächtigkeit von 100 m in den identifizierten Gebieten erfüllt.

Die BGE stützt ihre Ansicht im Bereich des Thüringer Beckens dabei auf über die Werra-, Staßfurt-, Leine- und Aller-Formation hinweg kumulierte Steinsalzmächtigkeiten, die hauptsächlich auf der Grundlage von Isopachenkarten ermittelt wurden. Nach Ansicht des TLUBN müssen aber im Thüringer Becken die Steinsalzhorizonte der verschiedenen Formationen des Zechsteins separat voneinander betrachtet werden, da zwischen den Horizonten Gesteinseinheiten verbreitet sind, die keine Wirtsgesteine darstellen. Darüber hinaus werden von der BGE Bohrdaten, die den Nachweis erbringen, dass selbst die kumulierten Steinsalzmächtigkeiten < 100 m betragen, nicht berücksichtigt.

In Südthüringen ist das Werra-Steinsalz durch das Kaliflöz Hessen und das Kaliflöz Thüringen in die drei Horizonte Unteres, Mittleres und Oberes Werra-Steinsalz gegliedert, wobei die Kaliflöze keine Wirtsgesteine darstellen. Daher muss auch in Südthüringen eine separate Betrachtung für jeden der drei Steinsalzhorizonte vorgenommen werden.

Aus diesem Grund ist nach Auffassung des TLUBN die Mindestanforderung „Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ für die identifizierten Gebiete in ihrer jetzigen Form nicht erfüllt. Sicherlich könnten sich innerhalb der identifizierten Gebiete Bereiche ergeben, in denen zusammenhängende Steinsalzsichten in ausreichender Mächtigkeit existieren. Hierfür müssten die vorhandenen Daten aber noch einmal neu und insbesondere unter vollumfänglicher Berücksichtigung der Bohrdaten bewertet und die Mindestanforderungen erneut angewendet werden.

§ 23 Abs. 5 Nr. 3 StandAG, minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Das Kriterium der minimalen Teufe ist nach Ansicht des TLUBN für die ausgewiesenen Gebiete erfüllt.

§ 23 Abs. 5 Nr. 4 StandAG, Fläche des Endlagers

Nach dem Verfahren der BGE werden nur Flächenstücke beibehalten, deren Flächeninhalt mindestens 3 km² beträgt, so dass die Mindestanforderung „Fläche des Endlagers“ als erfüllt gilt. Nach Analyse des TLUBN beinhalten die Flächen in ihrer jetzigen Form durch die teilweise komplizierten Grenzverläufe auch Flächenelemente, die durch ihre geometrische Form die Anlage eines Endlagerbergwerkes zumindest zweifelhaft erscheinen lassen. Daher muss das Kriterium des minimalen Flächeninhaltes für diese Teilbereiche hinterfragt werden.

§ 23 Abs. 5 Nr. 5 StandAG, Erhalt der Barrierewirkung

Es dürfen keine Erkenntnisse oder Daten vorliegen, welche die Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs, insbesondere die Einhaltung der geowissenschaftlichen Mindestanforderungen zur Gebirgsdurchlässigkeit, Mächtigkeit und Ausdehnung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs über einen Zeitraum von einer Million Jahren zweifelhaft erscheinen lassen. Nach Auffassung der BGE ist diese Forderung erfüllt.

Aus Sicht des TLUBN sind aber die identifizierten Gebiete in ihrer gegenwärtigen Form so ausgewiesen, dass eine Barrierewirkung schon jetzt für große Teile der Gebiete nicht gegeben ist, da Gesteine inkludiert wurden, die nicht als Wirtsgesteine in Betracht gezogen werden und daher die geforderte Barrierewirkung nicht aufweisen. Insofern erübrigt sich die Frage, ob Erkenntnisse darüber vorliegen, dass die Barrierewirkung innerhalb eines Zeitraumes von einer Million Jahren gefährdet ist.

Mit der Übermittlung von Daten zur Mindestanforderung hat das TLUBN in seinem Schreiben vom 30.06.2018 zudem auf die im Werra-Kali-Revier und Südharz-Revier bestehende Problematik von z.T. großvolumigen Gasausbrüchen hingewiesen. Diesbezügliche Punkte sowie die Problematik lokal zutretender Lösungen wurden von der BGE nicht berücksichtigt.

Das Kriterium „Erhalt der Barrierewirkung“ ist nach Auffassung des TLUBN daher nicht erfüllt.

4.4.12 Zusammenfassung zur Validierung der Anwendung der Mindestanforderungen im Wirtsgestein Steinsalz in Thüringen

Einige Ansätze der BGE, insbesondere zu Beginn der Arbeiten zur Anwendung der Mindestanforderungen, sind nach Auffassung des TLUBN inhaltlich durchaus zielführend. So stimmt das TLUBN den Ergebnissen der Inventarisierung uneingeschränkt zu - die stratiformen Steinsalze der Werra-, Staßfurt- und Leine-Formation sind im Hinblick auf die Erfüllung der Mindestanforderungen untersuchungswürdig. Auch die Ableitung von Tiefenlage und Mächtigkeit des kompletten Zechsteins aus dem 3D-Modell des Thüringer Beckens erscheint als geeignet, um den Suchraum in einem allerersten Schritt einzugrenzen, sofern dabei berücksichtigt wird, dass das 3D-Modell des Thüringer Beckens ein grobes Übersichtsmodell darstellt. Weiterhin sind die Informationen auf den Isopachenkarten, wenn auch veraltet oder in ungünstigem Maßstab, durchaus für eine erste Analyse verwertbar, in welchen Bereichen mit ausreichenden Salzmächtigkeiten in den einzelnen Formationen zu rechnen ist. Für eine quantitative Auswertung sind aus Sicht des TLUBN die Karten hingegen nicht geeignet.

Zusammenfassend ergeben sich aus Sicht des TLUBN folgende, z.T. erhebliche Kritikpunkte in der Anwendung der Mindestanforderungen im Wirtsgestein Steinsalz in Thüringen:

Die BGE verwendet bevorzugt ungeeignete Daten und ignoriert wichtige Daten. Die Auswertungen stützen sich zum größten Teil ohne weitere fachliche Prüfung auf die Informationen aus Isopachenkarten, die entweder veraltet oder in einem viel zu kleinen Maßstab dargestellt sind. Informationen aus Karten, deren Bearbeitungen bis zu fünf Jahrzehnte auseinanderliegen, werden von der BGE ohne nachvollziehbare Vorgehensweise oder Begründung selektiv zusammengetragen und trotz ihrer unterschiedlichen Kenntnisstände zur räumlichen Eingrenzung gemeinsam verwendet. Demgegenüber findet eine Berücksichtigung von Bohrdaten kaum statt, die nach Auffassung des TLUBN aber die „härtesten“ Daten sind und den aktuellsten digital verfügbaren Wissensstand widerspiegeln.

Die Methodik zur Prüfung auf das Kriterium der Mindestmächtigkeit ist schlecht gewählt. Die Art des Interpolationsverfahrens über die händische Konstruktion von Mächtigkeitspolygonen auf Grundlage der Isopachenkarten hat sehr ungünstige geometrische Nebeneffekte, die zu geologisch unplausiblen Geometrien der ausgewiesenen Gebiete führen (Kap. 4.4.3 und 4.4.4). Es ist nicht ersichtlich, warum die BGE ein solches Vorgehen überhaupt gewählt hat und warum die Mächtigkeiten aus den umfangreichen verfügbaren Primärdaten mithilfe geeigneter und einfach nachzuvollziehender Interpolationsverfahren, wie es die von der BGE verwendeten Softwarepakete SKUA-GOCAD und ArcGIS bieten, nicht neu ermittelt werden. Weiterhin führt das Kumulieren der Steinsalzmächtigkeiten über den gesamten Zechstein hinweg dazu, dass weitflächig Gebiete ausgewiesen werden, in denen in größerem Umfang Gesteine vorkommen, die nicht als Wirtsgesteine zu betrachten sind. Damit sind in diesen Gebieten auch die Mindestanforderungen nach StandAG nicht erfüllt.

Die Arbeitsweise der BGE zur Anwendung der Mindestanforderungen im Wirtsgestein Steinsalz in Thüringen weist an mehreren Stellen Inkonsistenzen auf: Es werden zu Beginn Inventarisierungstabellen angelegt, auf die im späteren Verfahren kein Bezug mehr genommen wird (Kap. 4.4.6). Es wird falsch zitiert (Kap. 4.4.7), die Datengrundlagen scheinen nicht tiefergehend betrachtet worden zu sein (Kap. 4.4.5), die veröffentlichten Gebiete beinhalten technische Artefakte (Kap. 4.4.10). Trotz punktuell hoher - und teils auch zu hoher - Detailtiefe ist die Darstellung der Arbeitsschritte und der verwendeten Workflows in den Dokumenten des Zwischenberichts an vielen Stellen ungenau. Die Berichtsform ist nicht zuletzt aufgrund fehlender Abbildungen oft sehr unanschaulich. Durch die Aufteilung der Inhalte auf verschiedene Dokumente ergeben sich viele inhaltliche Dopplungen. Dafür fehlen an anderer Stelle wieder wichtige Informationen (Kap. 4.2). Die Art und Weise der Aufbereitung der zu veröffentlichenden Daten ist unübersichtlich und nicht zeitgemäß, da sie in tabellarischer Form in PDF-Dokumenten und nicht zusammen mit den ermittelten Gebieten in einem Web-Viewer erfolgt ist.

Bei der Anwendung der Mindestanforderungen durch die BGE werden die Verbreitung und Mächtigkeit von Steinsalzen durch die gewählten Methoden künstlich überschätzt. Die BGE verfolgt damit vermutlich das Ziel, die hinsichtlich der Mindestanforderungen betrachteten Gebiete flächenmäßig im Zweifel eher zu über- als zu unterschätzen. Damit fallen auch die nachfolgend ermittelten identifizierten Gebiete und Teilgebiete deutlich zu groß aus. Durch die gezielte flächenmäßige Überschätzung der Teilgebiete mit Wirtsgestein Steinsalz in stratiformer Lagerung lassen sich einerseits nur sehr begrenzt Aussagen zur tatsächlichen regionalen Betroffenheit ableiten. Gleichzeitig haben die ermittelten Gebiete bereits jetzt Auswirkungen im Rahmen des Standortauswahlverfahrens, da beispielsweise die Anwendung der Sicherheitsvorschriften nach § 21 StandAG davon abhängt, ob Vorhaben mit Bohrungen > 100 m in identifizierten Gebieten liegen bzw. Auswirkungen auf diese haben.

Aus Sicht des TLUBN können die Gebiete mit erfüllten Mindestanforderungen im Wirtsgestein Steinsalz – und damit auch identifizierte Gebiete und Teilgebiete mit Steinsalz in stratiformer Lagerung in Thüringen – auf der Grundlage der umfangreichen übermittelten Daten und mit fachlich und technisch nachvollziehbaren Methoden von der BGE räumlich deutlich genauer eingegrenzt werden. Das TLUBN empfiehlt aufgrund der festgestellten, z.T. erheblichen fachlichen und methodischen Fehler, die Mindestanforderungen im Wirtsgestein Steinsalz erneut anzuwenden und die identifizierten Gebiete und Teilgebiete zu überarbeiten.

4.5 Bearbeitung der Mindestanforderungen im Wirtsgestein Kristallin

4.5.1 Datengrundlage für die Bearbeitung im Wirtsgestein Kristallin

4.5.1.1 Datenlieferungen durch das TLUBN

Auf Anforderung der BGE fanden durch das TLUBN insgesamt vier Datenlieferungen im Zusammenhang mit der Bearbeitung der Mindestanforderungen statt (vollständige Zusammenstellung siehe Anhang E: Zusammenstellung und Kategorisierung nach GeoIDG §§ 17 + 29 für Daten, die vom TLUBN (R81) im Zuge des StandAG § 12 (3) der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) bis zum 30.06.2020 übermittelt wurden). Seitens des TLUBN werden dabei folgende Daten für die Kartierung des Wirtsgesteins Kristallin als relevant erachtet:

- Digital verfügbare Stammdaten und Schichtenprofile von Bohrungen mit Endtiefen ≥ 300 m: Nach Auswertungen des TLUBN erreichen 2.040 Bohrungen das für Kristallingestein relevante Grundgebirge und/oder Übergangsstockwerk und stehen damit für eine lithologische und stratigraphische Auswertung zur Verfügung.
- Digital verfügbare Bohrlochmessungen: Es wurden Bohrlochmessungen zu insgesamt 177 Bohrungen übersendet. Davon erreichen nach Auswertungen des TLUBN 66 Bohrungen das für Kristallingestein relevante Grundgebirge und/oder Übergangsstockwerk, was ggf. durch die Bohrlochmessungen belegt wird.
- 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens (14 Horizontflächen, 59 Störungsflächen, 2.098 für die Modellierung verwendete Bohrungen mit Schichtmarkern)
- Digitale Geologische Karte von Thüringen im Maßstab 1 : 25.000
- Digitale Geologische Karte von Thüringen im Maßstab 1 : 200.000
- Hydrogeologische Übersichtskarte von Thüringen im Maßstab 1 : 200.000
- Kartendarstellungen zu Tiefenlage und Aufbau der Grundgebirgsoberfläche (Tab. 8)

Von allen gelieferten Daten wurde von der BGE nachweislich nur die Fläche „OK_G“ aus dem 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens verwendet (BGE 2020I, Teil 2, S. 905/907). Die Fläche „OK_G“ stellt die Basisfläche des Permosilesiums (Übergangsstockwerk, sog. „Saaletrog“) dar und entspricht der

Oberfläche des Grundgebirges überall dort, wo das Permosilesium verbreitet ist. In Gebieten des Thüringer Beckens, in denen keine permosilesischen Gesteine abgelagert wurden, stellt die Basisfläche des Zechsteins die Oberfläche des Grundgebirges dar. Diese wurde als weiterer Bestandteil des 3D-Übersichtsmodells des Thüringer Beckens ebenfalls durch das TLUBN geliefert, aber von der BGE nicht verwendet (Kap. 4.6.1).

Bezüglich Bohrdaten wird im Bericht BGE (2020j) in mehreren Zusammenhängen dargelegt, dass zur regionalen Bewertung von Gesteinstypen im Grundgebirge hinsichtlich ihrer Eignung als kristallines Wirtsgestein auch Informationen aus Bohrungen herangezogen wurden (z.B. BGE 2020j S. 85). In den Ausführungen zur bundeslandübergreifenden Bearbeitung werden im genannten Dokument ab Seite 384 ff. umfangreiche Arbeitsschritte zur Datenaufbereitung von Bohrdaten beschrieben, die offenbar zum Ziel hatten, Informationen aus Schichtenverzeichnissen in die Bearbeitung des Wirtsgesteins Kristallin einfließen zu lassen. Ab Seite 397 ff. wird im Abschnitt „Regionale Anwendung des § 23 Abs. 1 StandAG“ auf tatsächlich berücksichtigte Bohrungen im Text Bezug genommen. Auf Seite 410 findet sich in Tabelle A. 46 „Übersicht zu den entscheidungserheblichen Daten kristallines Wirtsgestein: Bohrungen (SV)“ eine Auflistung der verwendeten Bohrdaten, die deckungsgleich mit den Informationen im Text ist. Hieraus ergibt sich, dass in die Bearbeitung der Mindestanforderungen im Wirtsgestein Kristallin bundesweit insgesamt sechs Bohrungen aus Datenlieferungen der SGD eingeflossen sind: 0530 Neuhof 1/72 und 0530 Neuhof 2/72 (Hessen), E Rügen 4/1964, E Rügen 105/1964 und E Gingst 1/1973 (Mecklenburg-Vorpommern) sowie die Bohrung 3633_GL_326 (Sachsen-Anhalt). Da keine der genannten Bohrungen in Thüringen liegt, und auch sonst nach der inhaltlichen Analyse der Teilgebiete und Auswertung aller relevanten Dokumente des Zwischenberichts keine Hinweise auf die Berücksichtigung weiterer Bohrdaten vorliegen, geht das TLUBN davon aus, dass für die Ausweisung der beiden Thüringer Teilgebiete im Wirtsgestein Kristallin die vom TLUBN gelieferten Bohrdaten keine Verwendung fanden.

Damit bleibt die Fläche „OK_G“ aus dem 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens der einzige vom TLUBN gelieferte Datensatz, der für die Ausweisung der Teilgebiete im Wirtsgestein Kristallin in Thüringen berücksichtigt wurde.

Tab. 8: Zusammenstellung der vom TLUBN an die BGE gelieferten Kartendarstellungen mit relevanten Inhalten für die Bearbeitung des Kristallins in Thüringen. Die Karte „Geologischer Bau des tieferen Untergrundes“ stellt dabei die offizielle Sichtweise des TLUBN dar und ist auf dem Internet-Kartendienst des TLUBN veröffentlicht (<https://antares.thueringen.de/cadenza/>). Die Karten fanden im Zuge der Ausweisung der Teilgebiete seitens der BGE keine Verwendung.

Kartenbezeichnung und Maßstab	Für Mindestanforderungen relevanter Inhalt	Abgedecktes Gebiet	Erscheinungsjahr	Von BGE verwendet
Karte des metamorphen Grundgebirges im Thüringer Becken 1 : 200.000	Baueinheiten des Grundgebirges, Tiefenlage des Grundgebirges, Lage von Bohrungen, die Grundgebirge erbohrt haben, Lage von vermuteten Störungen im Grundgebirge	Thüringer Becken, tlw. Thüringer Wald, tlw. Südthüringen	1965	nein
Karte der Oberfläche Grundgebirge 1 : 200.000	Baueinheiten des Grundgebirges, Tiefenlage des Grundgebirges, vermutete Grenzlinien zwischen Gebieten unterschiedlichen metamorphen Grades, Lage von vermuteten Störungen im Grundgebirge, Verbreitung des Permosiles	Thüringer Becken, tlw. Südthüringen	1969	nein
Karte „Geologischer Bau des tieferen Untergrundes“ (TLUBN Kartendienst, Darstellung bis max. 1 : 200.000)	Baueinheiten des Grundgebirges, Tiefenlage des Grundgebirges, Lage von vermuteten Störungen im Grundgebirge	vollständige Abdeckung Thüringens	TLUBN Kartendienst 2015	nein

4.5.1.2 Daten aus Lieferungen der BGR sowie nach Eigenrecherche der BGE

Für die bundeslandübergreifende Überarbeitung verwendet die BGE verschiedene thematische Karten, die nicht aus den Datenlieferungen der SGD stammen.

Zur Ermittlung der Tiefenlage der Grundgebirgsoberfläche in Bereichen, die nicht durch Daten aus 3D-Modellen der SGD abgedeckt sind, wird die Karte „Tiefenlage des Grundgebirges“ genutzt (Anlage 1 aus: Reinhold, K. (2005): F+E Endlagerung - Tiefenlage der "Kristallin-Oberfläche" in Deutschland. Abschlussbericht. Berlin: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe). Im Zwischenbericht Teilgebiete wird die Karte häufig vereinfacht als „Reinhold-Karte“ bezeichnet (z.B. Tabelle A. 34 auf S. 371 in BGE 2020j). Der Maßstab dieser Karte beträgt 1 : 2.000.000. Das TLUBN verwendet ebenfalls im Folgenden die vereinfachte Bezeichnung „Reinhold-Karte“.

Für die 2D-Bearbeitung der oberflächennahen, anstehenden Petrographien wird zum einen die GÜK250 verwendet (BGR (2019): Geologische Übersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:250.000 (GÜK250). 1:250.000. 2. Aufl. Hannover: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe).

Darüber hinaus listet die BGE im Zusammenhang mit der Bearbeitung der oberflächennahen Petrographien in der Tabelle A. 39 auf Seite 390 in BGE (2020j) eine Reihe von verwendeten geologischen Karten ohne Quellenangabe auf. Die Karten liegen im Datenformat TIFF vor und werden in der Tabelle benannt als:

- (1) 1991_An16
- (2) 1993_Anlage_2
- (3) 1993_An13
- (4) 1993_Anlage_4
- (5) Teil1_83_Band2_AnlageF1
- (6) Teil1_83_Band2_Anlage_G1
- (7) Teil1_83_Band2_AnlageH1
- (8) Teil1_83_Band2_Anlage_I1
- (9) Teil3_1984_Band2_Anlage_A1
- (10) Teil3_1984_Band2_Anlage_B1

Aus der Tabelle A. 39 ergibt sich, dass die Karten (1) bis (4) für die Ausweisung bekannter Gebiete mit kristallinem Wirtsgestein in Thüringen herangezogen wurden. Als Datenlieferant der Karten ist die BGR angegeben.

Außer den Dateibezeichnungen und der Angabe des Datenlieferanten findet sich keine konkrete Quellenangabe für die in Tabelle A. 39 aufgelisteten Karten im Dokument BGE (2020j). Die Suche nach einer Quellenangabe in weiteren Dokumenten des Zwischenberichts Teilgebiete, z.B. BGE (2020i) Teil 1 bis 4, verlief ebenfalls ergebnislos. Die Quellenangabe der verwendeten Karten wurde allem Anschein nach durch die BGE im Rahmen ihrer Berichterstattung versäumt.

In BGE (2020j) finden sich in Tabelle A. 45 S. 407 ff. „Übersicht zu den entscheidungserheblichen Daten kristallines Wirtsgestein: 2D-Karten“ die o.a. Dateibezeichnungen noch einmal. Als Datenlieferant ist hier wieder die BGR angegeben, und als Lieferdatum der 28. Juni 2018. Durch die Angabe des Lieferdatums in Tabelle A. 45 konnte die wahrscheinliche Quelle der Karten durch das TLUBN ermittelt werden. Unter <https://www.bge.de/de/endlagersuche/wesentliche-unterlagen/korrespondenzen/>, Menüpunkt „Schriftwechsel zur 1. Phase der Standortauswahl“, dann Menüpunkt „Korrespondenzen zu den Mindestanforderungen“, darunter wiederum der Menüpunkt „Bundesgesellschaft für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)“ findet sich das Dokument „Schreiben der BGR (PDF)“ mit Stand vom 28. Juni 2018. Es handelt sich dabei um das Begleitschreiben der BGR zur Datenlieferung im Rahmen der

Mindestanforderungen. Darin werden die von der BGR an die BGE gelieferten Daten aufgelistet und näher erläutert. Unter der Annahme, dass die Zahlen in den oben aufgelisteten Dateibezeichnungen auf das jeweilige Bearbeitungsjahr der Karte verweisen (1983, 1984, 1991 und 1993) sowie unter der Prämisse, dass es sich um Datenlieferungen zur Bearbeitung der Mindestanforderungen im kristallinen Wirtsgestein handeln muss, ergibt sich letztlich durch das Studium des Begleitschreibens der BGR, dass die von der BGE verwendeten Karten aller Wahrscheinlichkeit nach aus folgenden unveröffentlichten Berichten der BGR stammen:

1. (1983): Aufstellung und ingenieurgeologische Beschreibung von Granitvorkommen in der Bundesrepublik Deutschland – 1. Teil: Das Bayerische Kristallin am Westrand der Böhmisches Masse. – unveröff., Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; Hannover.
 - Inhalt der Datenlieferung: 27 Karten (Scans im tiff-Format) und 1 Bericht
2. (1984): Aufstellung und ingenieurgeologische Beschreibung von Granitvorkommen in der BRD, 2. Teil: Die Schwarzwälder Granit-Massive. – unveröff., Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; Hannover.
 - Inhalt der Datenlieferung: 14 Karten (Scans im tiff-Format) und 1 Bericht
3. (1984): Aufstellung und ingenieurgeologische Beschreibung von Granitvorkommen in der Bundesrepublik Deutschland – 3. Teil: Die Kristallinmassive des Odenwaldes, des Spessart und des Westharzes. – unveröff., Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; Hannover.
 - Inhalt der Datenlieferung: 9 Karten (Scans im tiff-Format) und 1 Bericht
4. (1991): Standortmöglichkeiten zur Endlagerung stark wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle in nichtsalinaren Formationen auf dem Gebiet der fünf neuen Bundesländer, 1. Bericht. – unveröff., Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; Hannover.
 - Inhalt der Datenlieferung: 7 Karten (Scans im tiff-Format) und 1 Bericht
5. (1993): Standortmöglichkeiten zur Endlagerung stark wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle in nichtsalinaren Formationen auf dem Gebiet der fünf neuen Bundesländer, 2. Bericht. – unveröff., Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; Hannover.
 - Inhalt der Datenlieferung: 9 Karten (Scans im tiff-Format) und 1 Bericht

Die BGE verwendet also insgesamt zehn Karten, von denen vier für Thüringen relevant sind, die aus einer Datenlieferung der BGR zu den Mindestanforderungen stammen. Diese wurden allem Anschein nach durch die BGE vektorisiert (BGE 2020I Teil 1 Abschnitt 4.3.3 auf S. 64). Die Karten repräsentieren Ergebnisse aus älteren Arbeiten der BGR zum Vorkommen des Wirtsgesteins Kristallin in Deutschland. Eine Begutachtung der Karten durch das TLUBN ist nicht möglich, da die zugrundeliegenden Arbeiten der BGR unveröffentlicht sind und die verwendeten Karten sowie das Ergebnis der Vektorisierung auch nicht durch die BGE publiziert wurden. Da die Bezeichnung der Karten dem TLUBN nicht bekannt ist, werden sie im Folgenden als „unveröffentlichte Kristallin-Karten der BGR“ bezeichnet.

4.5.2 Vorgehen der BGE bei der Ausweisung der Teilgebiete im Wirtsgestein Kristallin

Kristalline Gesteine kommen in Deutschland vor allem im Grundgebirge vor. Die genaue Zusammensetzung des Grundgebirges in Deutschland sowie auch speziell in Thüringen ist dabei heterogen. Kristallines Wirtsgestein nach Definition der BGE (Kap. 4.1.3.3) ist im Grundgebirge nur anteilig vertreten. Andere Gesteine des Grundgebirges in Thüringen sind z.B. gefaltete und geschieferte Sedimente des Paläozoikums, die von der BGE nicht als Wirtsgesteine in Betracht gezogen werden. Beim Studium des Zwischenberichts Teilgebiete fällt auf, dass die begriffliche Unterscheidung zwischen „Kristallin“ und „Grundgebirge“ seitens der BGE nicht präzise vorgenommen wird. Dieser Sachverhalt wird noch einmal im Rahmen der Validierung in Kap. 4.6.3 behandelt und sei an dieser Stelle für das Gesamtverständnis schon einmal erwähnt, da zur Darstellung des Workflows der BGE innerhalb der nächsten

Abschnitte die Begriffe „Grundgebirge“ und „Kristallin“ zwangsläufig gemischt werden müssen, obwohl sie nicht bedeutungsgleich sind, da das Kristallin nur einen Teil des Grundgebirges darstellt.

Für ein Endlager im Wirtsgestein Kristallin wird durch die BGE eine Mächtigkeit von mindestens 200 m angesetzt. Weiterhin kann davon ausgegangen werden, dass im endlagerrelevanten Teufenbereich unterhalb des Grundgebirges keine weitere Gesteinseinheit anschließt (BGE 2020j S. 82). Daraus ergibt sich, dass zur Bearbeitung der Mindestanforderungen „Teufe“ und „Mächtigkeit“ nur die Oberfläche des Grundgebirges betrachtet werden muss und nicht wie bei den sedimentären Wirtsgesteinen die Oberfläche und die Basisfläche.

Im Ergebnis der Inventarisierung wurden durch die BGE verschiedene Kristallingesteine im Bereich der Mitteldeutschen Kristallinzone identifiziert (Kap. 4.1.3.3). Diese sind teilweise oberirdisch aufgeschlossen (Ruhlaer Kristallin, Kyffhäuser Kristallin, Thüringer Hauptgranit), teilweise befinden sie sich im tieferen Untergrund des Thüringer Beckens und sind dort durch Tiefbohrungen belegt (BGE 2020l Teil 2 S. 904). Stratigraphisch lassen sich diese Gesteine dem variszisch deformierten Grundgebirge sowie dem permokarbonen Übergangsstockwerk zuordnen.

Die Bearbeitung der BGE gliedert sich genau wie beim Wirtsgestein Steinsalz wieder in einen bundeslandspezifischen und einen bundeslandübergreifenden Teil. Als Eingangsdatum für die Bearbeitung im bundeslandspezifischen Teil wird die Fläche „OK_G“ aus dem 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens verwendet. Der bundeslandübergreifende Arbeitsschritt beruht auf der Reinhold-Karte sowie auf der Einarbeitung von Informationen zur oberflächennahen Petrographie aus der GÜK250 und den unveröffentlichten Kristallin-Karten der BGR. Informationen aus Bohrdaten werden in Thüringen nicht verwendet (Kap. 4.3.1.1).

Die Ausführungen der BGE zur Bearbeitung des Wirtsgesteins Kristallin sind teilweise sehr schwer verständlich. Der Sinn einiger Textpassagen vor allem im Berichtsteil zur bundeslandübergreifenden Bearbeitung (BGE 2020j S. 360 ff.) erschließt sich dem TLUBN auch nach mehrfachem Durcharbeiten nicht. Es fehlt an instruktiven Abbildungen und einer verständlichen Darlegung der grundlegenden Ideen hinter den einzelnen Schritten der Bearbeitung. Nach ausführlicher Analyse des TLUBN scheint der „rote Faden“ beim Vorgehen der BGE zur Ausweisung von Teilgebieten im Wirtsgestein Kristallin folgendermaßen zu sein:

- (1) Konstruktion der Tiefenlage der Oberfläche des Grundgebirges:
 - Verwendung von Flächen aus 3D-Modellen der SGD, sofern vorhanden
 - Verwendung der Reinhold-Karte in Bereichen, in denen keine Daten aus 3D-Modellen vorliegen
- (2) Ausweisung eines Gebiets, in welchem die unter Punkt (1) konstruierte Oberfläche des Grundgebirges nicht tiefer liegt als 1.300 m unter Gelände; innerhalb dieses Gebiets sind die Mindestanforderungen „Teufe“ und „Mächtigkeit“ erfüllt
- (3) Abgleich des unter Punkt (2) ausgewiesenen Gebiets mit Daten aus Bohrungen und oberflächennahen geologischen Karten zur Ausweisung von Bereichen, in denen kristallines Wirtsgestein vorkommt

4.5.2.1 Bundeslandspezifischer Teil

Die BGE verwendet die Fläche „OK_G“ aus dem 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens (Abb. 36). Diese Fläche stellt die Basisfläche des Permosilesiums dar und entspricht der Oberfläche des Grundgebirges überall dort, wo das Permosilesium verbreitet ist.

Anhand der Fläche „OK_G“ (Oberfläche des Grundgebirges) und des digitalen Geländemodells (DGM) wird derjenige Bereich des Grundgebirges eingegrenzt, der die Mindestanforderungen „Teufe“ und

„Mächtigkeit“ erfüllt. Prinzipdarstellungen des unten beschriebenen Vorgehens sind in Abb. 37 und Abb. 38 dargestellt.

Die minimale Teufe des Einlagerungsbereichs muss 300 m betragen. Hierfür wird eine Kopie des DGMs erstellt und um 300 m in die Tiefe verschoben (DGM - 300 m). Bereiche der Oberfläche des Grundgebirges oberhalb der Fläche DGM - 300 m werden auf die Fläche DGM - 300 m herabgesetzt. Dieser Vorgang ist geometrisch äquivalent zu einem „Wegschneiden“ des Grundgebirgs-Körpers oberhalb von 300 m unter Gelände.

Im Wirtsgestein Kristallin muss nach BGE 2020j S. 82 die minimale Mächtigkeit des Einlagerungsbereichs 200 m betragen. Da die maximale Teufe des Suchraums für ein Endlager auf 1.500 m unter Gelände festgesetzt ist (BGE 2020j S. 45 ff.), ergibt sich logisch, dass die Oberfläche des Grundgebirges nicht tiefer als 1.300 m unter Gelände liegen darf, damit aus Sicht der BGE die Anforderungen an die minimale Mächtigkeit und die maximale Tiefe erfüllt sind. Daher wird eine weitere Kopie des DGMs erstellt und um 1.300 m in die Tiefe verschoben (DGM - 1.300 m). Alle Bereiche der Oberfläche des Grundgebirges, welche unterhalb der Fläche DGM - 1.300 m liegen, erfüllen die Mindestanforderung „Mächtigkeit“ bei vorgegebener Maximaltiefe von 1.500 m nicht und werden daher weggeschnitten.

Im Ergebnis liegt derjenige Anteil der Oberfläche des Grundgebirges vor, der die Anforderungen an Teufe und minimale Mächtigkeit erfüllt (Abb. 39). Dieser Anteil beschränkt sich zunächst auf das Gebiet, welches durch die Fläche „OK_G“ aus dem 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens abgedeckt wird. Aus dieser Fläche wird eine Verbreitungskarte extrahiert, welche als Polygon zur weiteren 2D-Bearbeitung nach ArcGIS überführt wird. Diese Verbreitungskarte fließt später in die bundeslandsübergreifende Bearbeitung ein (Kap.4.5.2.2.1).

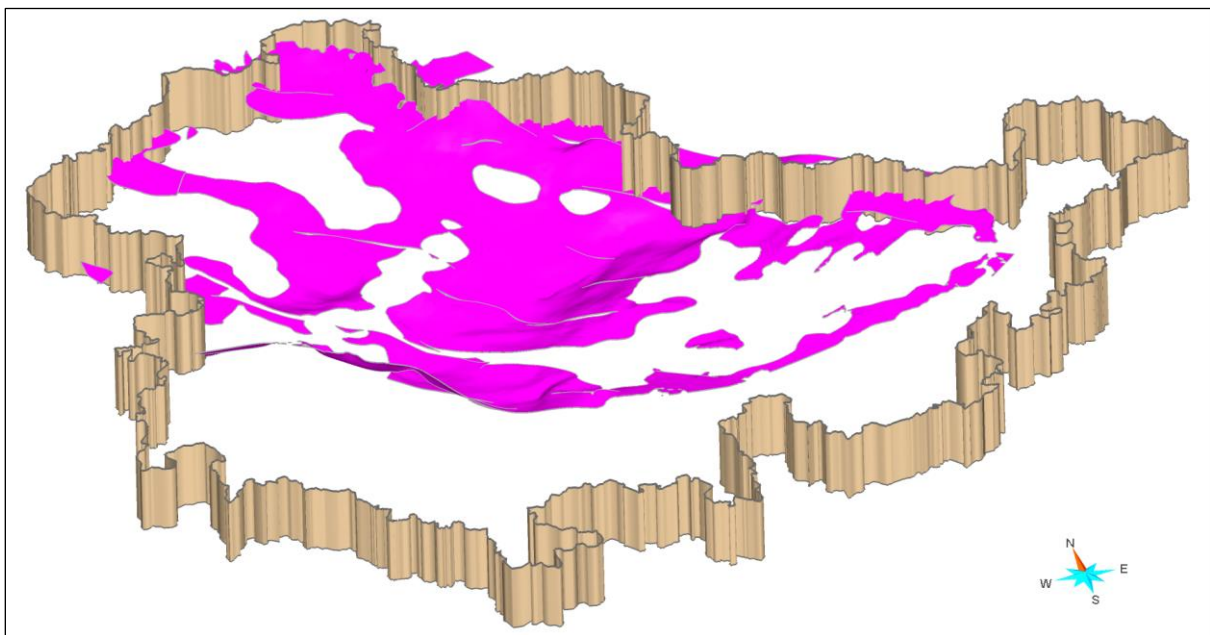


Abb. 36: Fläche „OK_G“ aus dem 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens als Datengrundlage für die bundeslandspezifische Bearbeitung in Thüringen.

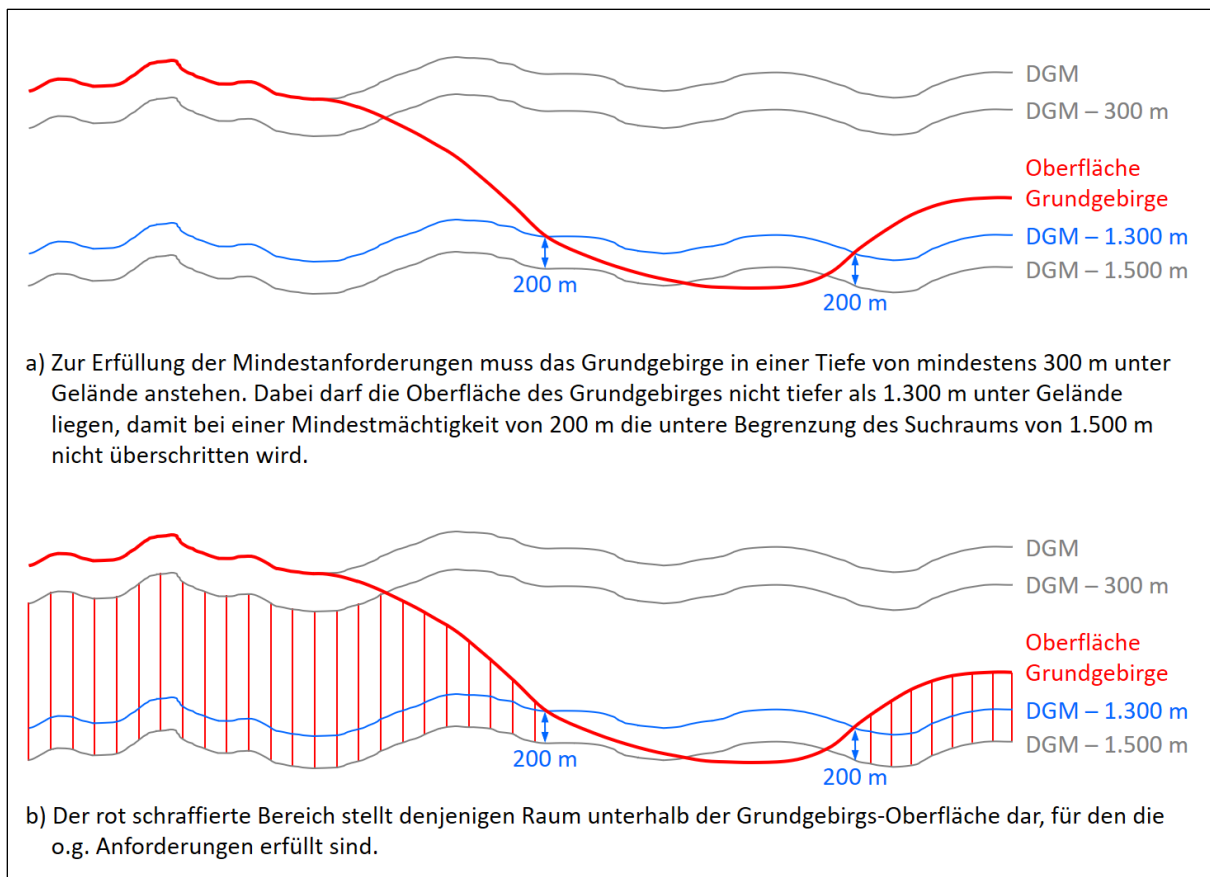


Abb. 37: Eingrenzung des Suchraums für Gesteine des Grundgebirges anhand der Mindestanforderungen „Tiefe“ und „Mächtigkeit“ mithilfe der Oberfläche des Grundgebirges und des Digitalen Geländemodells (DGM) (Prinzipdarstellung).

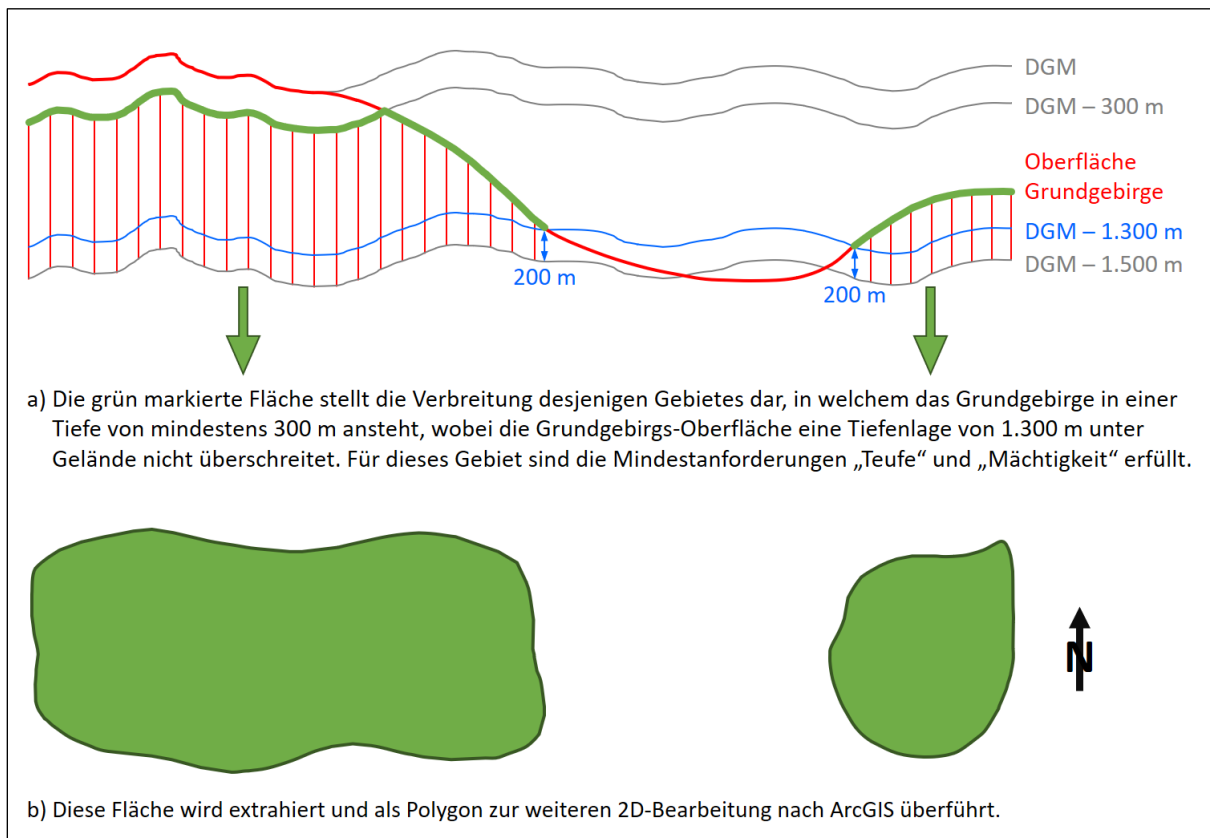


Abb. 38: Ableitung einer Verbreitungskarte für diejenige Anteile des Grundgebirges, die die Mindestanforderungen „Tiefe“ und „Mächtigkeit“ erfüllen (Prinzipdarstellung).

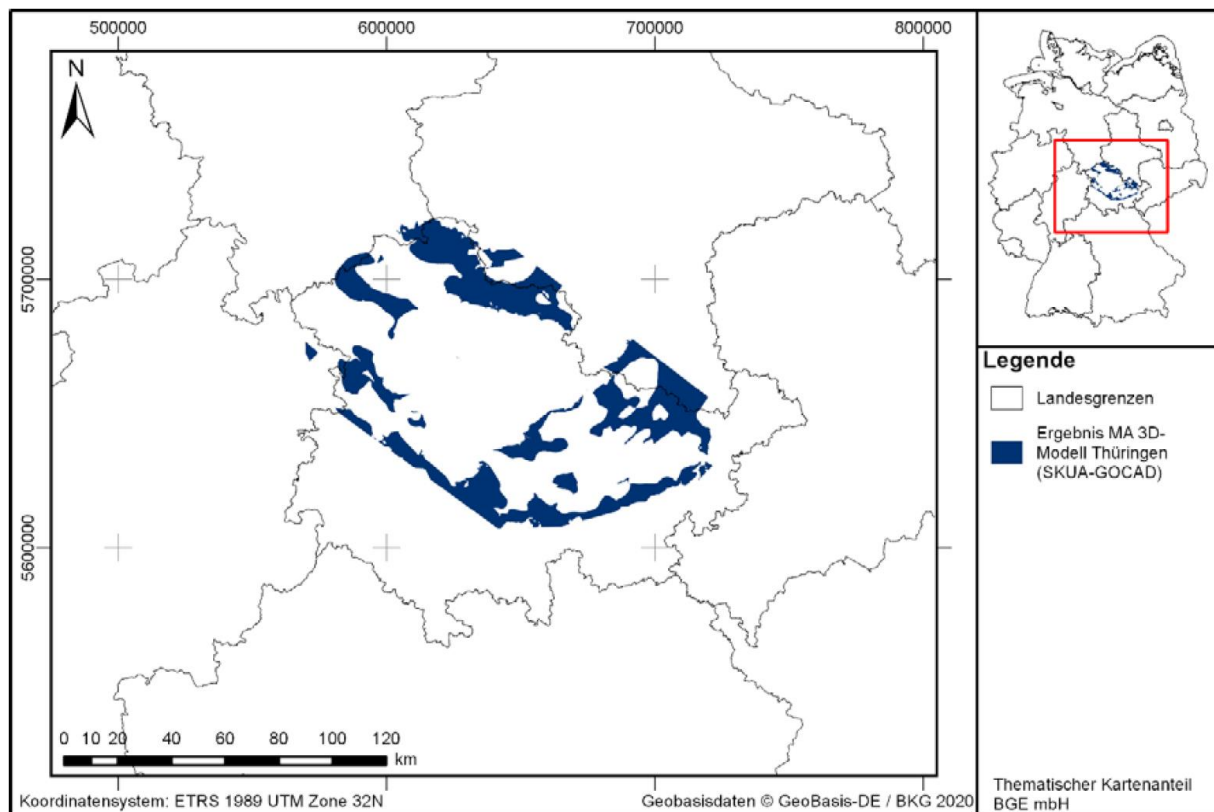


Abb. 39: Überblick über das Ergebnis der Bearbeitung der Mindestanforderungen anhand des 3D-Modells in SKUA-GOCAD im Wirtsgestein Kristallin in Thüringen (Abb. 127 aus BGE 2020I Teil 2, S. 911).

4.5.2.2 Bundeslandübergreifender Teil

4.5.2.2.1 Bearbeitung der Reinhold-Karte und Zusammenführung mit dem Ergebnis der bundeslandspezifischen Bearbeitung

Für die bundeslandspezifische Bearbeitung in Thüringen verwendet die BGE die Fläche „OK_G“ aus dem 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens (Kap. 4.5.2.1). Die Fläche deckt ein Gebiet von ca. 6.645 km² ab, dies entspricht ungefähr einem Anteil von 41 % an der Landesfläche Thüringens.

Im Zuge der bundeslandübergreifenden Bearbeitung füllt die BGE deutschlandweit die Bereiche, die nicht durch Daten aus 3D-Modellen der SGD abgedeckt sind, mit der Reinhold-Karte auf. In Thüringen beträgt der Anteil an der Landesfläche, der durch diese Karte aufgefüllt wird, 59 %. Im Gegensatz zum bundeslandspezifischen Teil erfolgen die bundeslandübergreifenden Arbeiten ausschließlich in 2D in ArcGIS.

Die von der BGE verwendete Karte „Tiefenlage des Grundgebirges“ stammt aus Anlage 1 des Abschlussberichts zum F+E-Projekt „Tiefenlage der Kristallin-Oberfläche in Deutschland“. Dieses Projekt wurde von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe durchgeführt, im Mai 2005 abgeschlossen, und hatte zum Ziel, den Kenntnisstand zur Tiefenlage des Kristallins durch die Erfassung und Bewertung von geologischen und geophysikalischen Daten deutschlandweit darzustellen. Die Karte „Tiefenlage des Grundgebirges“ repräsentiert das fachliche Ergebnis des Projektes in Form einer Übersichtsdarstellung für Deutschland im Maßstab 1 : 2.000.000. Auf Seite 6 des Abschlussberichts wird ausgeführt, dass die Karte nicht die Oberfläche des Kristallins darstellt, da diese als Grenzfläche nicht in allen Teilen Deutschlands exakt zu definieren ist. Es wurde vielmehr die Oberfläche des Grundgebirges kartiert, die nur in Teilen gleich der Kristallin-Oberfläche ist.

Im Zwischenbericht Teilgebiete erfolgt weder eine nähere Beschreibung der Karte „Tiefenlage des Grundgebirges“ durch die BGE, noch wird eine aussagekräftige Abbildung angeboten. Daher wird im Folgenden eine inhaltliche Erläuterung dieser Karte durch das TLUBN vorgenommen.

Einen Ausschnitt der Karte „Tiefenlage des Grundgebirges“ für Thüringen zeigt Abb. 40. Erkennbar wird, dass die Karte neben der reinen Tiefenlage der Grundgebirgsoberfläche auch eine Gliederung des Grundgebirges in tektonische Regionaleinheiten vornimmt, innerhalb derer teilweise petrographisch-genetische Merkmale abgegrenzt werden.

Die regionalen tektonischen Baueinheiten des Grundgebirges in Thüringen sind von Südost nach Nordwest betrachtet das Saxothuringikum, die Mitteldeutsche Kristallinzone, die Nördliche Phyllitzone sowie das Rhenoharzynikum. Innerhalb dieser regionalen Baueinheiten ist das Grundgebirge heterogen aufgebaut. Teilweise steht kristallines Grundgebirge in Form von Magmatiten und katazonalen Metamorphiten an der Geländeoberfläche oder unter geringer sedimentärer Bedeckung an (rote Flächen in Abb. 40). Im Bereich des Thüringisch-Vogtländischen Schiefergebirges wird das anstehende Grundgebirge aus gefalteten, schwach metamorphen Sedimenten aufgebaut (gepunktete Flächen in Abb. 40). In einigen Bereichen sind innerhalb schwach metamorpher bzw. gefalteter Grundgebirgseinheiten – sowohl oberflächennah als auch in größeren Tiefen – Magmatite verbreitet (Signatur mit rot umrandeten Rauten in Abb. 40). Magmatite werden in der Karte nicht in Plutonite und Vulkanite differenziert. Für den größten Teil der Fläche Thüringens liegt die Oberfläche des Grundgebirges unter jüngerer sedimentärer Bedeckung, wobei die Tiefenlage farblich in 1.000 m-Schritten abgebildet wird („Tiefenlage der Präperm-Oberfläche“, gelbe bis grüne Flächen in Abb. 40). Dabei wird nach Reinhold (2005) das Grundgebirge im Saxothuringikum und Rhenoharzynikum aus gefalteten und/oder metamorphen Einheiten aufgebaut. Eine weitere Differenzierung beispielsweise hinsichtlich des Metamorphosegrades geht aus der Kartendarstellung nicht hervor.

Für die Unterteilung der Metamorphite verwendet Reinhold (2005) die regionalmetamorphen Tiefenstufen Epizone, Mesozone und Katazone nach Grubenmann (1904). Die BGE wendet hingegen das Konzept der metamorphen Fazies nach Eskola (1915) an, welche zusätzlich die chemische Zusammensetzung und den Mineralbestand berücksichtigt und eine Einteilung der Metamorphite in Grünschiefer-, Blauschiefer-, Amphibolit-, Granulit- und Eklogitfazies vornimmt. Die Metamorphite der Amphibolit-, Granulit- und Eklogit-Fazies, welche sich nach Definition der BGE potenziell als Wirtsgestein eignen, entsprechen ungefähr der Katazone nach Grubenmann.

Die Karte „Tiefenlage des Grundgebirges“ wurde durch die BGE vektorisiert (BGE 2020I Teil 1 Abschnitt 4.3.2 auf S. 64). Dabei sind mehrere Shapefiles entstanden, die einen wesentlichen Teil der fachlichen Grundlage für den bundeslandübergreifenden Arbeitsschritt darstellen. Diese Shapefiles wurden von der BGE nicht veröffentlicht. Anhand der angebotenen Tabellen und des erläuternden Textes in BGE (2020j) S. 360 ff. lassen sich die wesentlichen Merkmale der einzelnen Arbeitsschritte dennoch inhaltlich erschließen.

Die Tiefeninformation für die Grundgebirgsoberfläche wurde in Form von Konturlinien vektorisiert, welche die Tiefe dieser Fläche in Schritten von 1.000 m bezogen auf NN abbilden (Abb. 41). Auf Basis dieser Konturlinien werden von der BGE diejenigen Gebiete ermittelt, in denen die Grundgebirgsoberfläche nicht tiefer als 1.300 m unter Gelände liegt. Dafür sind zwei vorbereitende Arbeitsschritte erforderlich:

- (1) Wie bei den Isopachenkarten der Steinsalzformationen (Kap. 4.3.2.1.1.2) ist die Tiefenlage der Grundgebirgsoberfläche nur entlang der Konturlinien exakt definiert. Daher müssen die Werte zwischen den Konturlinien interpoliert werden, um eine vollflächige Darstellung der Tiefe zu erhalten.

- (2) Um den Abstand der Tiefenlage der Grundgebirgsoberfläche zur Geländeoberfläche zu ermitteln, muss die Differenz zwischen der Tiefenlage der Grundgebirgsoberfläche und der Geländeoberfläche gebildet werden.

Die BGE geht dabei so vor, dass zunächst der Abstand bzw. die Differenz zwischen den Tiefenwerten der Konturlinien und der Geländeoberfläche bestimmt wird. Im Anschluss wird dieser Abstand mithilfe des Interpolationsverfahrens „Natural Neighbour“ über die gesamte Fläche interpoliert. Das Ergebnis ist eine flächenhafte Darstellung des Abstands zwischen der Grundgebirgsoberfläche und der Geländeoberfläche. Aus dieser flächenhaften Darstellung werden dann diejenigen Bereiche entfernt, in denen der interpolierte Abstand größer ist als 1.300 m (Abb. 42).

Die oben beschriebene Vektorisierung und Interpolation der Konturlinien sowie die anschließende Ableitung der Gebiete, in denen Grundgebirge in einer Tiefe von maximal 1.300 m unter Gelände ansteht, wird durch die BGE deutschlandweit auf Basis der Reinhold-Karte durchgeführt. Im nächsten Schritt werden aus dem Ergebnis der bundesweiten Bearbeitung auf Grundlage der Reinhold-Karte diejenigen Bereiche ausgeschnitten, die durch 3D-Modelle der SGD sowie im Bundesland Bayern durch eine Karte des Grundgebirges abgedeckt sind und daher bereits im bundeslandspezifischen Teil bearbeitet wurden. Im Anschluss werden die Karten, die aus der bundeslandspezifischen und der bundeslandübergreifenden Bearbeitung resultieren, zusammengeführt.

Im Ergebnis der bisherigen Arbeitsschritte entsteht eine Karte, die basierend auf einer Auswertung verschiedener verfügbarer Datengrundlagen bundesweit zusammenhängend Gebiete ausweist, in denen das Grundgebirge in einer Tiefenlage von maximal 1.300 m unter Gelände ansteht (Abb. 43 a). Im nächsten Schritt wird diese Karte mit den Ausschlussgebieten (Kap. 3) verschnitten. Außerdem werden diejenigen Gebiete entfernt, die in der Reinhold-Karte als schwach metamorphe Einheiten/Schiefergebirge ausgewiesen werden (gepunktete Flächen in Abb. 40). Für Thüringen werden daher neben den Ausschlussgebieten aus aktiven Störungen, Bergbau und Subrosion auch der Bereich des Thüringer Schiefergebirges sowie der thüringische Anteil des Südharz ausgeschnitten (Abb. 43 b). Zuletzt wird die Karte in die tektonischen Großstrukturen des Variszikums separiert (Abb. 43 c). Als Grundlage für die Grenzverläufe der einzelnen tektonischen Einheiten dient wieder die Darstellung in der Reinhold-Karte. Für Thüringen ergeben sich im Resultat vier 2D-Polygone für (1) das Saxothuringikum, (2) die Mitteldeutsche Kristallinzone, (3) die Nördliche Phyllitzzone sowie (4) das Rhenoharzynikum. Innerhalb dieser Gebiete steht nach Auswertungen der BGE das Grundgebirge in einer Tiefe von maximal 1.300 m an und Ausschlussgebiete sowie offensichtlich ungeeignete Gebiete wurden entfernt. Außerdem werden an dieser Stelle die Flächen, die kleiner als 6 km² sind, gelöscht.

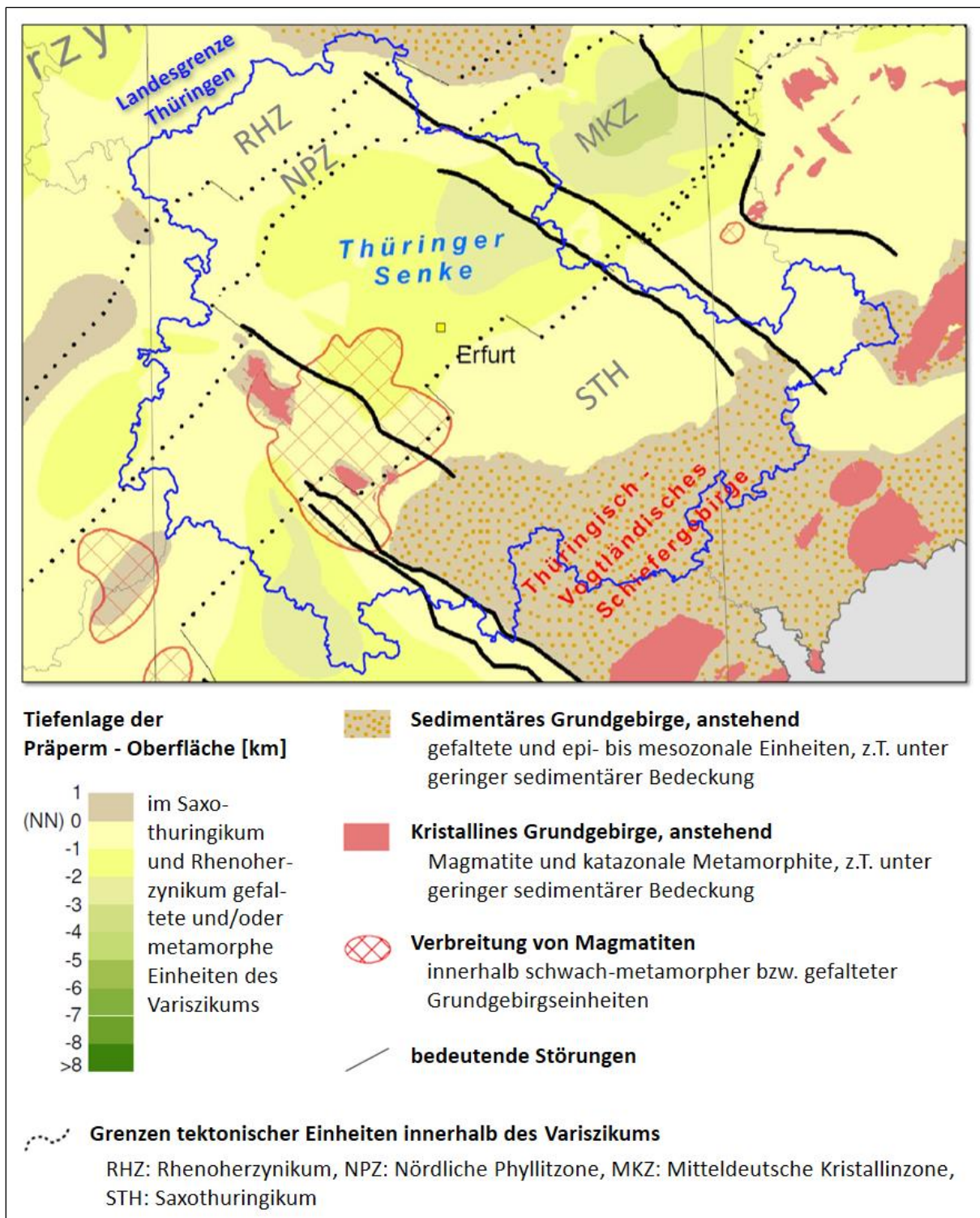


Abb. 40: Ausschnitt aus der Karte „Tiefenlage des Grundgebirges“ für den Bereich Thüringens (modifiziert nach Reinhold 2005). Die Legende beschränkt sich auf diejenigen Einträge, die im gewählten Ausschnitt zu sehen sind.

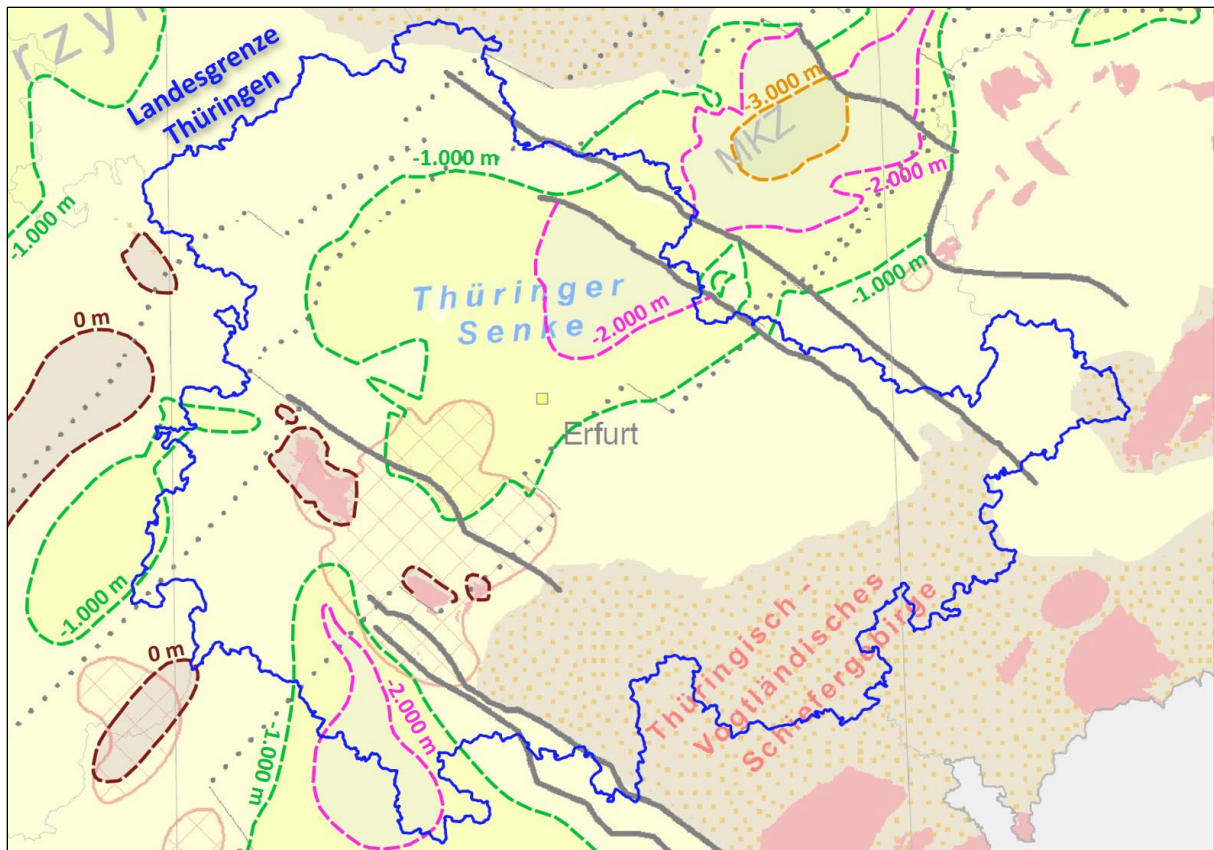


Abb. 41: Ableitung von Konturlinien der Tiefenlage der Grundgebirgsoberfläche aus der Reinhold-Karte für den Bereich Thüringens (Vektorisierung durch TLUBN, Legende zur Karte siehe Abb. 40).

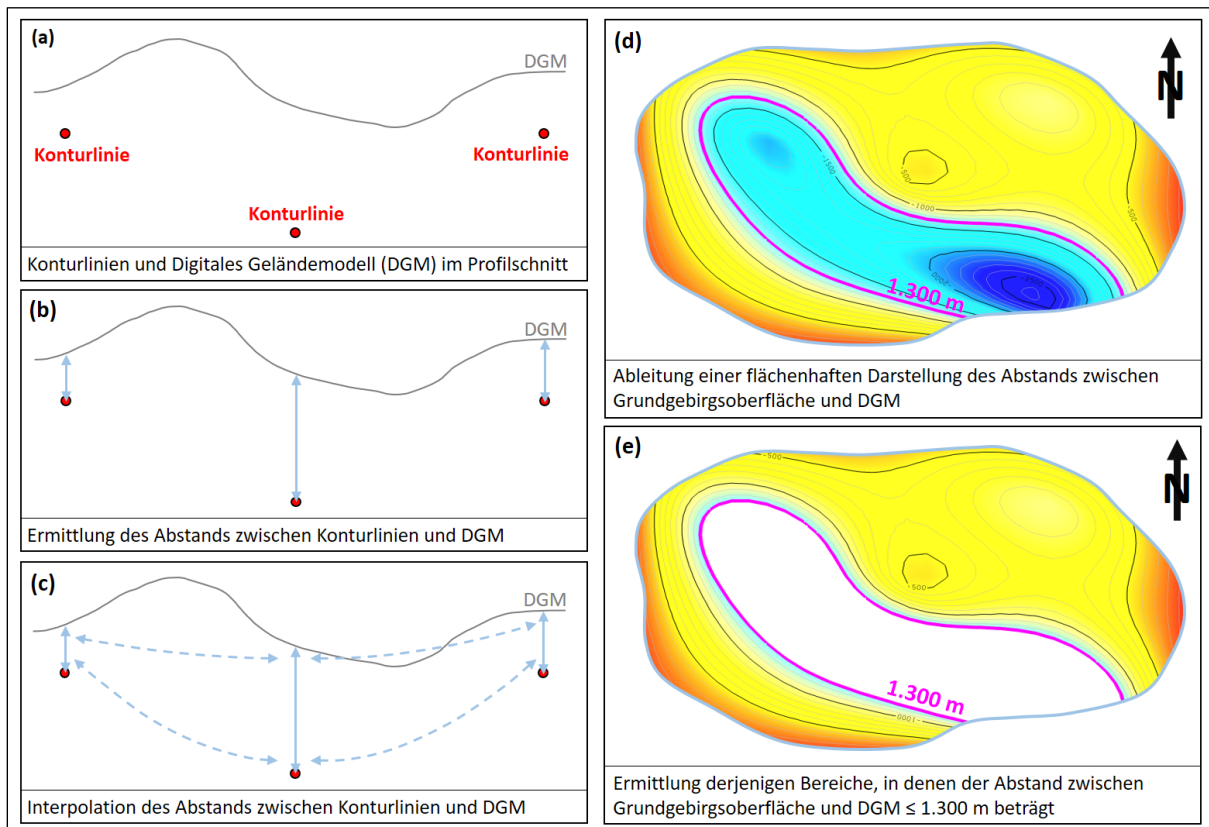


Abb. 42: Vorgehen der BGE bei der Ermittlung von Bereichen des Grundgebirges, die maximal 1.300 m unter Gelände anstehen auf Basis der Konturlinien der Reinhold-Karte und eines Digitalen Geländemodells (DGM) (Prinzipdarstellung).

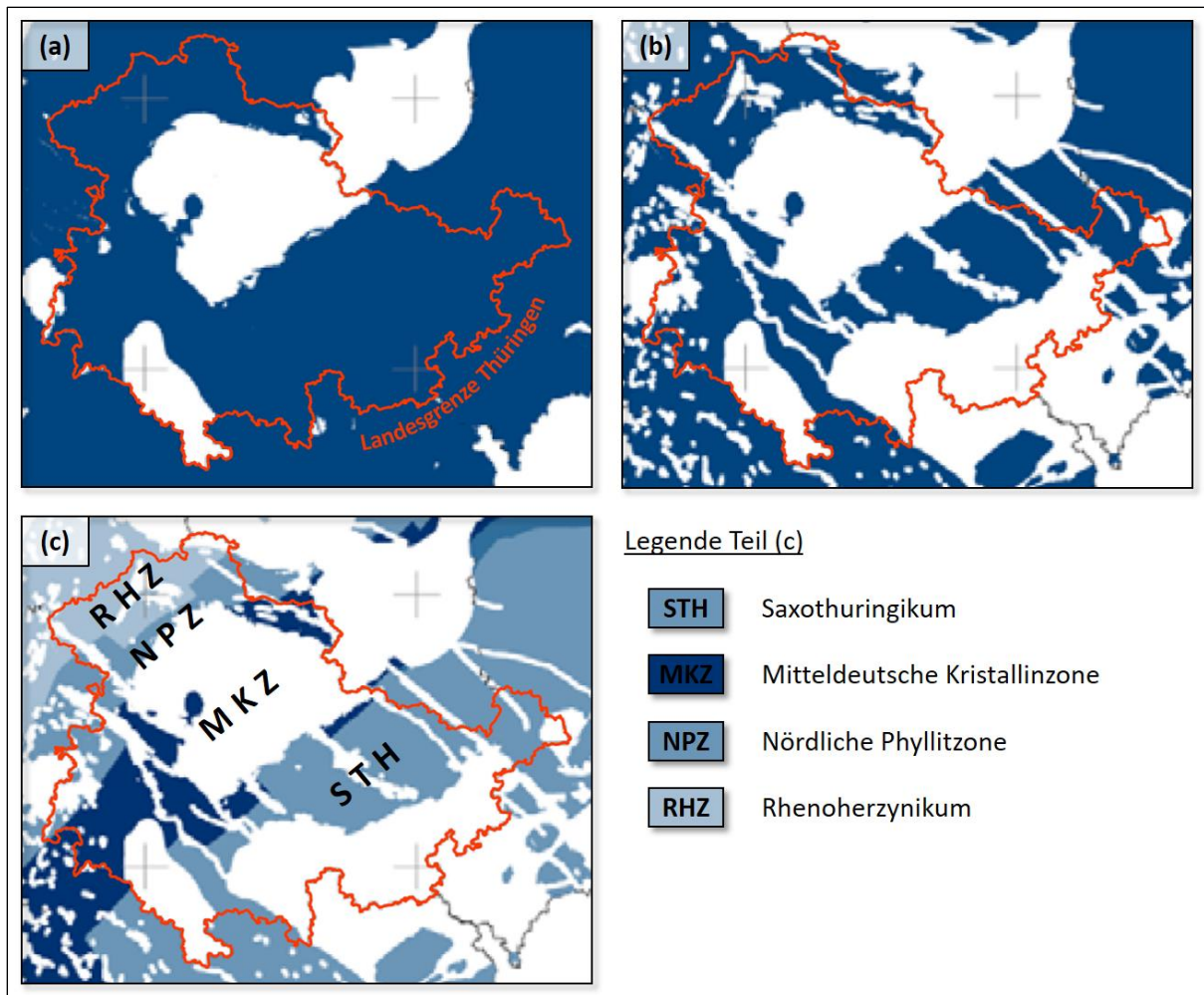


Abb. 43: Ableitung von potenziell geeigneten Gebieten nach Tiefenlage der Grundgebirgsoberfläche (Abbildungen aus BGE (2020j), Ausschnitt jeweils für Thüringen). (a) Abbildung A. 54 S. 379: „Zuschnitt auf Gebiete mit der Grundgebirgsoberfläche zwischen 300 und 1.300 m u. GOK“. (b) Abbildung A. 55 S. 381: „Abdeckung des kristallinen Grundgebirges zwischen 300 m und 1.300 m u. GOK nach dem Ausschnitt der angewendeten Ausschlusskriterien und sedimentären Grundgebirges nach Reinhold (2005)“. (c) Abbildung A. 56 S. 383: „Einteilung in die tektonischen Großstrukturen des Variszikums nach Reinhold (2005)“.

4.5.2.2.2 Aufbereitung von Bohrdaten und thematischen Karten

In BGE (2020j) wird im Rahmen der Berichterstattung zur bundeslandübergreifenden Bearbeitung sehr detailliert die Aufbereitung von Bohrdaten (S. 384 ff.) und thematischen Karten (S. 390 ff.) beschrieben. Ziel der Aufbereitung ist ein Abgleich dieser Daten mit der Karte der Grundgebirgsoberfläche im Hinblick auf das Vorkommen von Kristallingestein in den ermittelten Gebieten.

Für die Aufbereitung von Bohrdaten werden die teils komplexen Schichtenbeschreibungen zunächst vereinfacht. Hierfür werden die Haupt- und Nebenteile der Petrographien (Petro) und Stratigraphien (Strat) voneinander getrennt und in eigene Spalten übertragen. Die BGE erachtet jeweils nur den ersten und zweiten Eintrag in den Schichtenbeschreibungen für inhaltlich relevant und reduziert die Beschreibungen daher auf die Einträge Petro-Hauptkomponente 1, Petro-Hauptkomponente 2, Petro-Nebenteile 1, Petro-Nebenteile 2, Strat-Hauptkomponente 1 und Strat-Hauptkomponente 2. Der bis hier beschriebene Arbeitsschritt erfolgt deutschlandweit für den Gesamtbestand aller gelieferten Bohrdaten und ist im Rahmen der allgemeinen Erläuterungen zur Datenaufbereitung auch noch einmal in BGE (2020l) Teil 1 S. 61 dargelegt.

Die BGE stützt die weitere Bearbeitung der Mindestanforderungen im Wirtsgestein Kristallin auf die Hauptkomponenten 1 und 2 der Stratigraphie und Petrographie. Anhand vorgegebener Listen werden

diese nach der Wirtsgesteinsart Kristallin gefiltert und durch weitere Abfragen gegliedert in (1) Bohrmarker, die kristallines Wirtsgestein nach Definition der BGE anzeigen sowie (2) Bohrmarker, die Kristallingesteine anzeigen, welche nicht als Wirtsgestein in Betracht gezogen werden. Die beiden entstandenen Ausgabedateien werden wiederum nach endlagerrelevanten Tiefen gefiltert, so dass im Resultat zur weiteren Bearbeitung der Mindestanforderungen im Wirtsgestein Kristallin vier Bohrmarker-Übersichten für Gesamtdeutschland zur Verfügung stehen:

- (1.1) Bohrmarker mit endlagerrelevantem Kristallingestein in Tiefen von ≤ 1.500 m unter Gelände
- (1.2) Bohrmarker mit endlagerrelevantem Kristallingestein in Tiefen von > 1.500 m unter Gelände
- (2.1) Bohrmarker mit Kristallingestein, welches nicht als Wirtsgestein in Betracht gezogen wird, in Tiefen von ≤ 1.500 m unter Gelände
- (2.2) Bohrmarker mit Kristallingestein, welches nicht als Wirtsgestein in Betracht gezogen wird, in Tiefen von > 1.500 m unter Gelände

Diese vier Bohrmarker-Übersichten werden im Anschluss auf die im Rahmen der bundeslandübergreifenden Bearbeitung ermittelten Gebiete zugeschnitten (Kap. 4.5.2.2.1 und Abb. 43 c) und stehen damit für einen gebietsweisen inhaltlichen Abgleich zur Verfügung.

Die Bearbeitung der Bohrdaten erfolgte mittels eines VBA-Scripts (Microsoft Visual Basic for Applications) in einem Excel-Makro. Das Makro sowie das Resultat der Bohrungsbearbeitung wurden durch die BGE nicht veröffentlicht. Auch eine mündliche Anfrage des TLUBN im Rahmen eines Fachgesprächs am 08.12.2020 im Thüringer Ministerium für Umwelt, Energie und Naturschutz verlief ergebnislos, so dass eine Prüfung der Bohrdatenaufbereitung durch das TLUBN nicht stattfinden kann.

Neben den Bohrdaten wurden durch die BGE verschiedene thematische Karten aufbereitet. Für Thüringen relevant sind dabei die unveröffentlichten Kristallin-Karten der BGR sowie die durch die BGR veröffentlichte Geologische Übersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland (GÜK250, BGR 2019) (Kap. 4.5.1.2).

Die Karteninhalte der unveröffentlichten Kristallin-Karten der BGR wurden analog zum Vorgehen bei der Aufbereitung der Bohrdaten separiert in (1) Bereiche, die kristallines Wirtsgestein nach Definition der BGE anzeigen und (2) Bereiche, die Kristallingesteine anzeigen, welche nicht als Wirtsgestein in Betracht gezogen werden. Aus der GÜK250 wurden mittels einer Definitionsabfrage endlagerrelevante Kristallin-Petrographien gefiltert.

Die auf Grundlage der verschiedenen Karten extrahierten Gebiete, die kristallines Wirtsgestein nach Definition der BGE anzeigen, wurden in einer Shapedatei zusammengeführt. Im Anschluss erfolgte wieder ein Zuschnitt auf die im Rahmen der bundeslandübergreifenden Bearbeitung ermittelten Gebiete (Kap. 4.5.2.2.1 und Abb. 43 c), so dass auch die Informationen aus den Karten für einen gebietsweisen inhaltlichen Abgleich zur Verfügung stehen.

Die Ergebnisse der Aufbereitung der thematischen Karten sind durch die BGE nicht veröffentlicht und können daher nicht durch das TLUBN geprüft werden.

4.5.2.2.3 Regionale Anwendung des § 23 Abs. 1 StandAG

Im Ergebnis der bundeslandspezifischen und bundeslandübergreifenden Bearbeitung wurden in den oben beschriebenen Arbeitsschritten folgende Darstellungen durch die BGE erarbeitet:

- (1) Eine Karte derjenigen Gebiete, in denen die Grundgebirgs-Oberfläche in einer Tiefe von maximal 1.300 m unter Gelände ansteht, wobei diese Karte in die tektonischen Großstrukturen des Variszikums separiert ist (Kap. 4.5.2.2.1)

- (2) Übersichtsdarstellungen mit Bohrmarkern, die endlagerrelevante Kristallin-Einheiten sowie Kristallin-Einheiten, die nicht als Endlager in Betracht gezogen werden, tiefenbezogen ausweisen (Kap. 4.5.2.2.2)
- (3) Eine Karte, die die Verbreitung von oberflächennahen endlagerrelevanten Kristallingesteinen ausweist (Kap. 4.5.2.2.2)

Die BGE vergleicht in einem letzten Arbeitsschritt gebietsweise die (1) Karte der Grundgebirgsoberfläche in Tiefen bis 1.300 m mit den (2) Bohrmarkern und (3) Kartendarstellungen der oberflächennahen Kristallingesteine mit dem Ziel, diejenigen Gebiete im Grundgebirge zu ermitteln, in denen endlagerrelevante Kristallingesteine vorkommen. Für das Gebiet Thüringens wurden zunächst vier tektonische Großstrukturen des Variszikums bestimmt, in denen das Grundgebirge in einer Tiefe von maximal 1.300 m unter Gelände ansteht: das Saxothuringikum, die Mitteldeutsche Kristallinzone, die Nördliche Phyllitzone und das Rhenoharzynikum (Abb. 43 c). Diese vier Großstrukturen gehen weit über die Landesfläche Thüringens hinaus und werden daher von der BGE bundeslandübergreifend bearbeitet.

Im Gebiet der Mitteldeutschen Kristallinzone wird lediglich ein zunächst im Bereich des Saarlandes ausgewiesener Teil aufgrund mangelnder Hinweise auf Eignung wieder ausgeschlossen, d.h. für die Landesfläche Thüringens ergeben sich keinerlei Änderungen.

Bezüglich der Nördlichen Phyllitzone geht aus der Literaturrecherche und Inventarisierung hervor, dass diese hauptsächlich niedriggradig regionalmetamorphe Gesteine der Grünschieferfazies enthält, welche nicht als Wirtsgestein in Betracht gezogen werden. Eine Ausnahme bildet ein etwa 10 km² großer, durch zwei Bohrungen belegter Plutonit in Süd-Hessen. Nur dieser Bereich wird als identifiziertes Gebiet der Nördlichen Phyllitzone ausgewiesen. Für Thüringen ergibt sich daher kein identifiziertes Gebiet/Teilgebiet innerhalb der Nördlichen Phyllitzone.

Für den Bereich des Rhenoharzynikums ist aus der Literaturrecherche und Inventarisierung bekannt, dass dieses vor allem aus niedriggradigen Metasedimenten besteht und daher keine potenziellen kristallinen Wirtsgesteine enthält. Lediglich einige Einheiten des Harzes im südöstlichen Niedersachsen und nordwestlichen Sachsen-Anhalt sowie Teile des Flechtingen-Roßlau-Blocks bei Magdeburg erscheinen potenziell geeignet und verbleiben als identifiziertes Gebiet. Für Thüringen ergibt sich daher kein identifiziertes Gebiet/Teilgebiet innerhalb des Rhenoharzynikums.

Das Gebiet des Saxothuringikums wird in BGE (2020j) S. 397 ff. im Rahmen des Abschnitts „Regionale Anwendung des § 23 Abs. 1 StandAG“ nicht besprochen. Das veröffentlichte Teilgebiet Saxothuringikum entspricht in seinen Abmessungen exakt den Gebietsgrenzen, die vor dem inhaltlichen Abgleich mit Bohrdaten und oberflächennahen Kristallingesteinen bestanden. Dies ergibt sich durch einen Vergleich der Karte aus Abbildung A. 56 in BGE (2020j) S. 383 mit dem veröffentlichten Teilgebiet Saxothuringikum. Für Thüringen ergeben sich daher durch den Abgleich mit Bohrdaten und oberflächennahen Petrographien keine Änderungen am Gebiet des Saxothuringikums.

Insgesamt ergibt sich aus der Analyse des Workflows der BGE, dass die Teilgebiete Saxothuringikum und Mitteldeutsche Kristallinzone in ihren finalen Abmessungen für das Gebiet Thüringens ausschließlich auf einer geometrischen Auswertung der Fläche „OK G“ aus dem 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens (Kap. 4.5.2.1) sowie der Reinhold-Karte (Kap. 4.5.2.2.1) basieren. Die vollständige bundeslandübergreifende Ausdehnung der beiden Teilgebiete ist in Abb. 44 und Abb. 45 dargestellt.

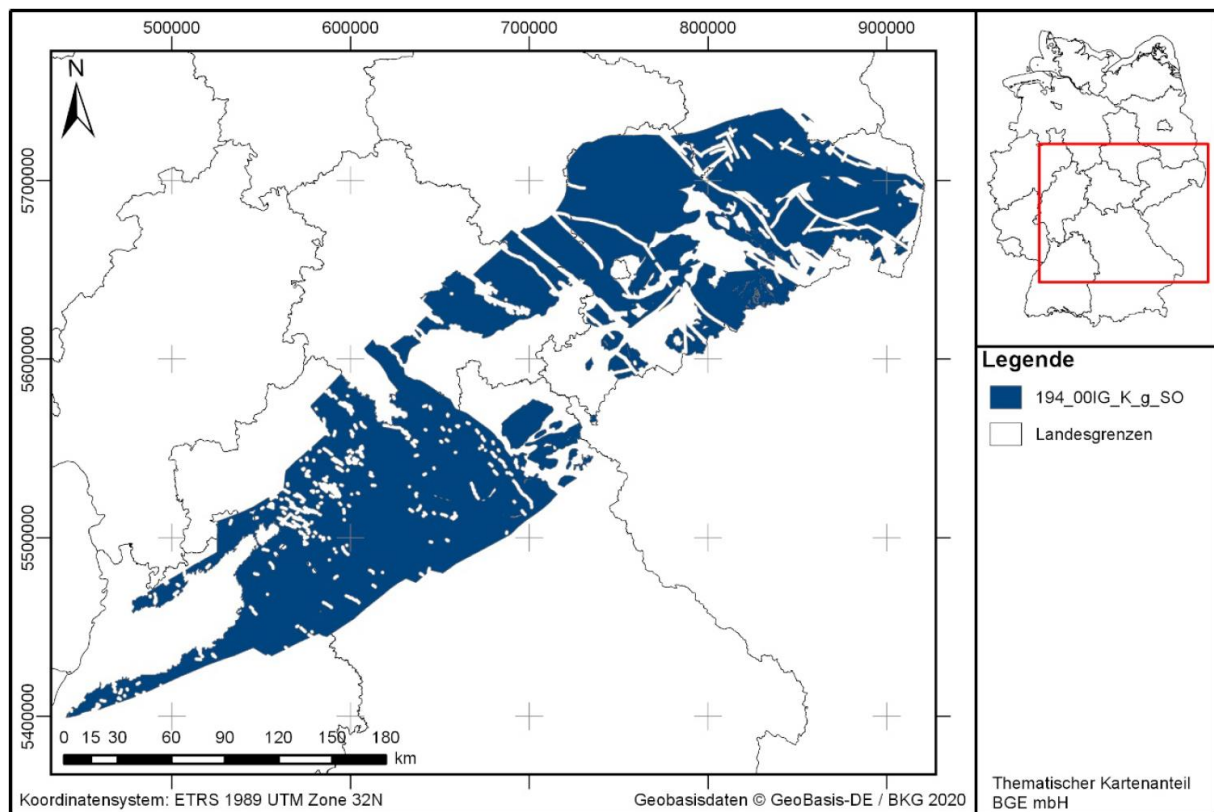


Abb. 44: Abbildung A. 64 aus BGE (2020j) S. 405 „Überblick über das identifizierte Gebiet 194_00IG_K_g_SO für kristallines Wirtsgestein des Saxothuringikum (SO)“.

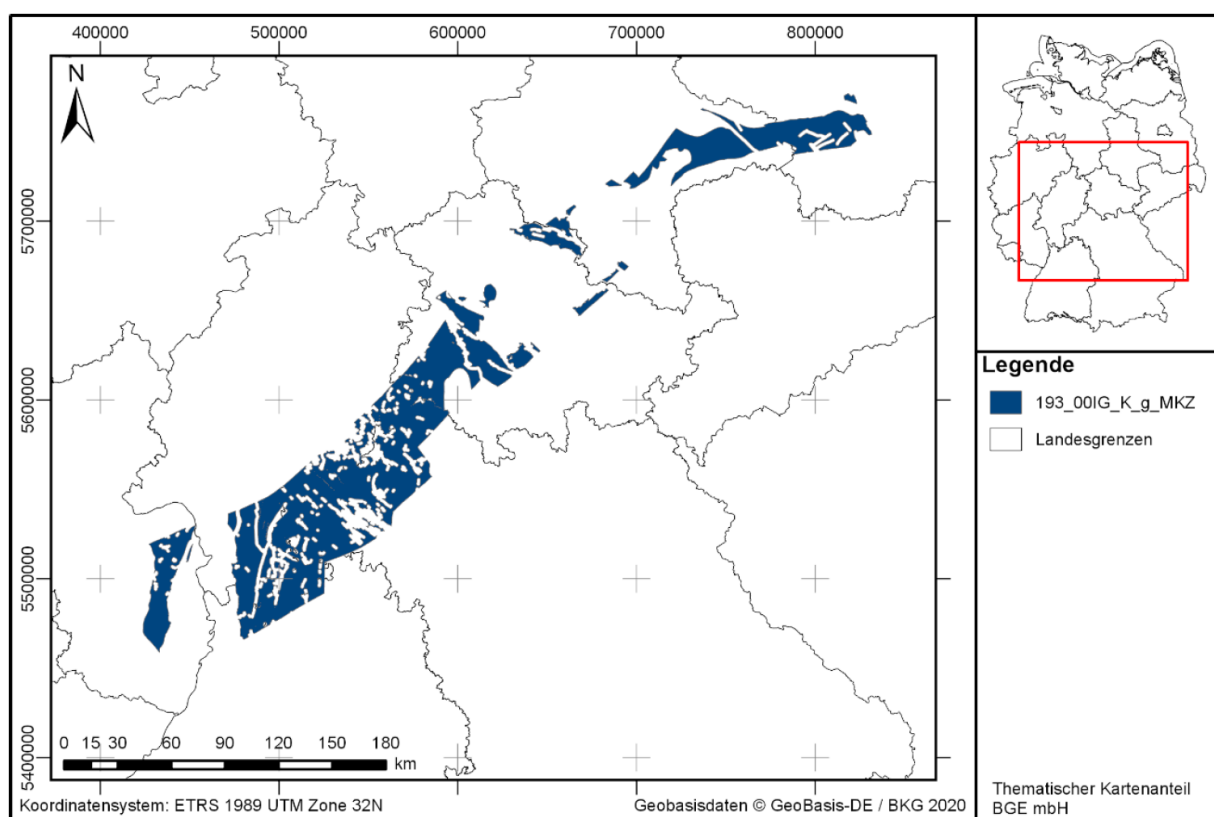


Abb. 45: Abbildung A. 63 aus BGE (2020j) S. 404 „Überblick über das identifizierte Gebiet 193_00IG_K_g_MKZ für kristallines Wirtsgestein der Mitteldeutschen Kristalline (MKZ)“.

4.5.3 Erfüllung der Mindestanforderungen für das Wirtsgestein Kristallin nach Darstellung der BGE

Es folgt hier zunächst eine kurze Zusammenfassung der Erfüllung der Mindestanforderungen für die identifizierten Gebiete nach der Darstellung in BGE (2020g) S. 103 ff., BGE (2020j) S. 82 ff. sowie in BGE (2020) S. 907 ff. Die Sicht des TLUBN wird in Kap. 4.6.9 dargelegt.

§ 23 Abs. 5 Nr. 1 StandAG, Gebirgsdurchlässigkeit

Diese Mindestanforderung besagt, dass in einem einschlusswirksamen Gebirgsbereich (ewG) die Gebirgsdurchlässigkeit k_f weniger als 10^{-10} m/s betragen muss. Für das Wirtsgestein Kristallin kommen folgende Endlagerkonzepte in Frage (BGE 2020g S. 104):

1. Das Kristallin stellt den Einlagerungsbereich und den ewG.
2. Das Kristallin stellt den Einlagerungsbereich und der sichere Einschluss wird durch technische und geotechnische Barrieren gebildet.
3. Das Kristallin stellt den Einlagerungsbereich und der ewG wird durch Schichten gebildet, die das Kristallin überlagern.

Im gegenwärtigen Detaillierungsgrad kann keine Differenzierung in die verschiedenen möglichen Endlagerkonzepte vorgenommen werden. Daher wird die Mindestanforderung „Gebirgsdurchlässigkeit“ durch die BGE nicht angewendet.

§ 23 Abs. 5 Nr. 2 StandAG, Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Nach dieser Mindestanforderung muss der Gebirgsbereich, der den einschlusswirksamen Gebirgsbereich aufnehmen soll, mindestens 100 m mächtig sein. Die BGE beruft sich weiter auf das Gutachten der DBE TEC (2016) „Flächenbedarf für ein Endlager für wärmeentwickelnde, hoch radioaktive Abfälle“. Hier wird aufgrund von Erwägungen zum einzurechnenden Sicherheitsabstand für die Errichtung eines Endlagers in kristallinem Wirtsgestein eine Mächtigkeit von mindestens 200 m angesetzt (BGE 2020g S. 104).

Kristalline Gesteinseinheiten bilden in Deutschland meist das Grundgebirge, welches sich in unbekannte Tiefen fortsetzt. Durch den Workflow der BGE werden nur Bereiche des Grundgebirges ausgewiesen, deren Oberfläche maximal 1.300 m unter Gelände liegt. Bei einer unteren Begrenzung des Suchraums von 1.500 m ist eine Mindestmächtigkeit von 200 m in allen ausgewiesenen Gebieten gegeben und die Mindestanforderung damit erfüllt.

§ 23 Abs. 5 Nr. 3 StandAG, minimale Teufe

Das Kriterium der minimalen Teufe fordert, dass die Oberfläche des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mindestens 300 m unter der Geländeoberfläche liegt. Da nur Bereiche unterhalb von 300 m unter Geländeoberkante berücksichtigt wurden, ist diese Mindestanforderung erfüllt.

§ 23 Abs. 5 Nr. 4 StandAG Fläche des Endlagers

Hier wird gefordert, dass ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich über eine Ausdehnung in der Fläche verfügt, die eine Realisierung des Endlagers ermöglicht. Die BGE folgt der Begründung des Gesetzentwurfes im StandAG und nimmt für das Wirtsgestein Kristallin eine minimale Fläche von 6 km² an. Bei der Bearbeitung der Mindestanforderungen wurden Flächen, die kleiner als 6 km² sind, gelöscht. Damit ist diese Mindestanforderung erfüllt.

Diese Mindestanforderung verlangt, dass keine Erkenntnisse oder Daten vorliegen dürfen, welche die Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs, insbesondere die Einhaltung der geowissenschaftlichen Mindestanforderungen zur Gebirgsdurchlässigkeit, Mächtigkeit und Ausdehnung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs über einen Zeitraum von einer Million Jahren zweifelhaft erscheinen lassen. Die Mindestanforderung wird durch die BGE als nicht erfüllt angesehen, sofern Erkenntnisse oder Daten vorliegen, die den Erhalt der Barrierewirkung zweifelhaft erscheinen lassen. In allen anderen Fällen wird bis zum Vorliegen entsprechender Daten diese Mindestanforderung als erfüllt angesehen.

4.6 Validierung der Anwendung der Mindestanforderungen im Wirtsgestein Kristallin

4.6.1 Unvollständige Verwendung der Daten aus dem 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens

Zur Bearbeitung der Mindestanforderungen im Kristallin erstellt die BGE eine Karte mit der Verbreitung derjenigen Gebiete, in denen die Oberfläche des Grundgebirges nicht tiefer als 1.300 m unter Gelände liegt. Die BGE stützt ihre Arbeit dabei – sofern vorhanden – auf die 3D-Modelle der SGD und füllt diejenigen Bereiche, die nicht durch Daten aus 3D-Modellen abgedeckt sind, mit der Reinhold-Karte auf (Kap. 4.5.2).

Für die Bearbeitung in Thüringen verwendet die BGE lediglich die Fläche „OK_G“ aus dem 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens. Diese Fläche repräsentiert die Basisfläche des Permosilesiums und stellt die Oberfläche des Grundgebirges überall dort dar, wo das Permosilesium verbreitet ist. Außerhalb des Verbreitungsgebiets des Permosilesiums stellt die Basisfläche des Zechsteins (Fläche „UK_z1CA_z1C“ aus dem 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens) die Oberfläche des Grundgebirges dar (Abb. 46 und Abb. 47). Diese Fläche wird von der BGE jedoch nicht berücksichtigt.

In den Bereichen Thüringens, die durch das 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens abgedeckt sind, hätte die Konstruktion der Oberfläche des Grundgebirges über einen Verschnitt der Basisfläche Permosilesium mit der Basisfläche Zechstein erfolgen müssen. Durch die ausschließliche Verwendung der Basisfläche Permosilesium sind in Thüringen nur 41 % der Landesfläche abgedeckt. Die fehlenden 59 % werden durch Verwendung der Reinhold-Karte aufgefüllt. Diese Karte bietet einerseits keine hohe Genauigkeit (Kap. 4.6.3) und ist darüber hinaus geometrisch inkonsistent zur Basis Permosilesium (Kap. 4.6.4).

Die zusätzliche Berücksichtigung der Basisfläche Zechstein würde zu einer Abdeckung von insgesamt 66 % der Landesfläche führen und aus Sicht des TLUBN ein genaueres und konsistenteres Gesamtergebnis liefern.

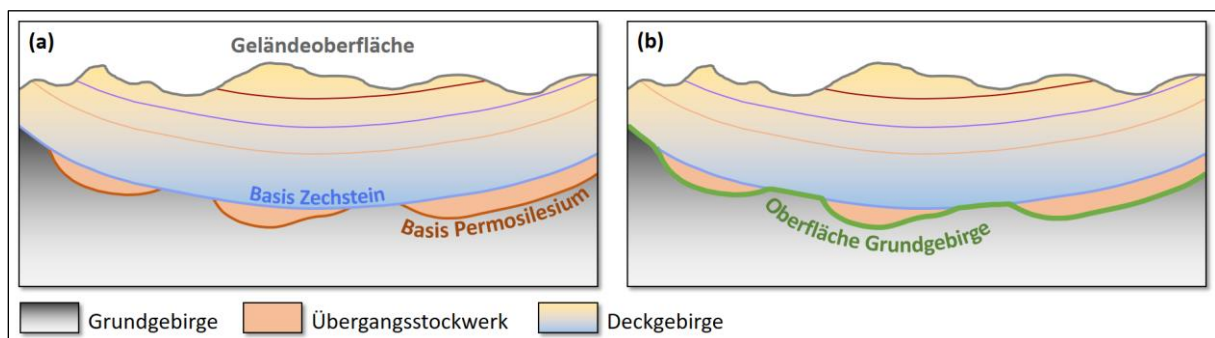


Abb. 46: Ableitung der Oberfläche des Grundgebirges im Thüringer Becken aus Basisflächen der hangenden Einheiten (Prinzipdarstellung). (a) Im unmittelbar Hangenden des Grundgebirges schließt sich das Permosilesium an. In Bereichen, wo dieses nicht verbreitet ist, wird das Grundgebirge durch den Zechstein überdeckt. (b) Die Oberfläche des Grundgebirges ergibt sich durch einen Verschnitt der Basis Permosilesium mit der Basis Zechstein.

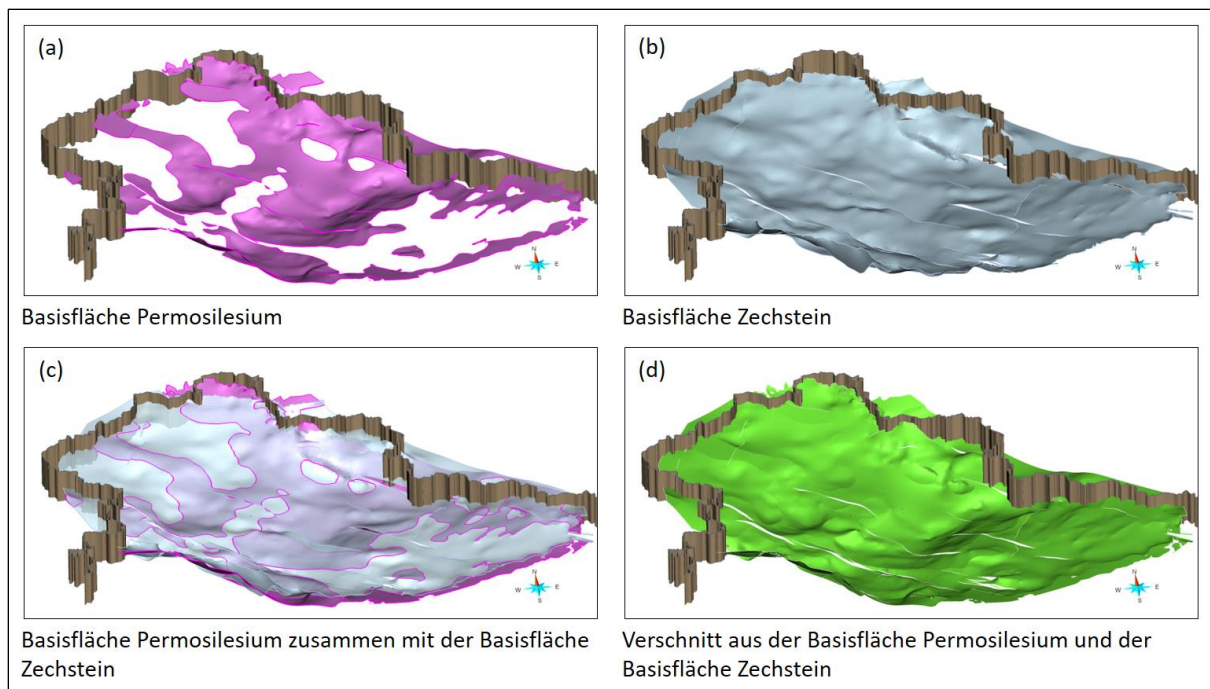


Abb. 47: Konstruktion der Oberfläche des Grundgebirges auf Grundlage der Basisfläche Permosilesium und der Basisfläche Zechstein aus dem 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens. (a) Die Basisfläche Permosilesium ist lückenhaft verbreitet. (b) Basisfläche Zechstein: diese weist keine internen Verbreitungsgrenzen auf. (c) Die Basisfläche Zechstein schließt im Hangenden unmittelbar an die Basisfläche Permosilesium an, beide Flächen gemeinsam bilden die Oberfläche des Grundgebirges. (d) Die Oberfläche des Grundgebirges ergibt sich aus einem Verschnitt der Basisfläche Permosilesium mit der Basisfläche Zechstein.

4.6.2 Keine Berücksichtigung der vom TLUBN gelieferten Bohrdaten und Karten

Im Zuge der Datenlieferungen zu den Mindestanforderungen wurden der BGE am 08.05.2018 und am 30.06.2018 durch das TLUBN drei thematische Karten übersandt, die die Baueinheiten und Tiefenlage des Grundgebirges in Thüringen ausweisen (Tab. 8 in Kap. 4.5.1.1). Die Karte „Geologischer Bau des tieferen Untergrundes“ repräsentiert dabei die offizielle Sichtweise des TLUBN und ist auf dem Internet-Kartendienst des TLUBN veröffentlicht (<https://antares.thueringen.de/cadenza/>). Die Karte stellt die Tiefenlage des Grundgebirges mittels Konturlinien in 500 m-Schritten dar (Abb. 48). Außerdem lassen sich auf Grundlage dieser Karte in einer ersten groben Näherung potenziell geeignete Einheiten des Grundgebirges unmittelbar von Einheiten abgrenzen, die generell nicht als Wirtsgestein in Frage kommen. Nach Definition des Kristallins und der Inventarisierung von Gesteinen in Thüringen durch die BGE können geeignete kristalline Wirtsgesteine innerhalb der syn-, spät- und postkinematischen Granitoide, der Ruhla-Gruppe sowie der Trusetal-, Liebenstein- und Brotterode-Gruppe verbreitet sein (orange bis rote sowie grüne Farben in Abb. 48). Alle anderen auf der Karte ausgewiesenen Einheiten sind nach Kristallin-Definition der BGE ungeeignet (graue, blaue und violette Farben in Abb. 48).

Die Karte „Geologischer Bau des tieferen Untergrundes“ liefert damit eine Basis für eine erste grobe Eingrenzung des Suchgebiets für geeignete Wirtsgesteine im Kristallin. Warum die Karte keine Berücksichtigung durch die BGE fand, kann aus Sicht des TLUBN nicht nachvollzogen werden.

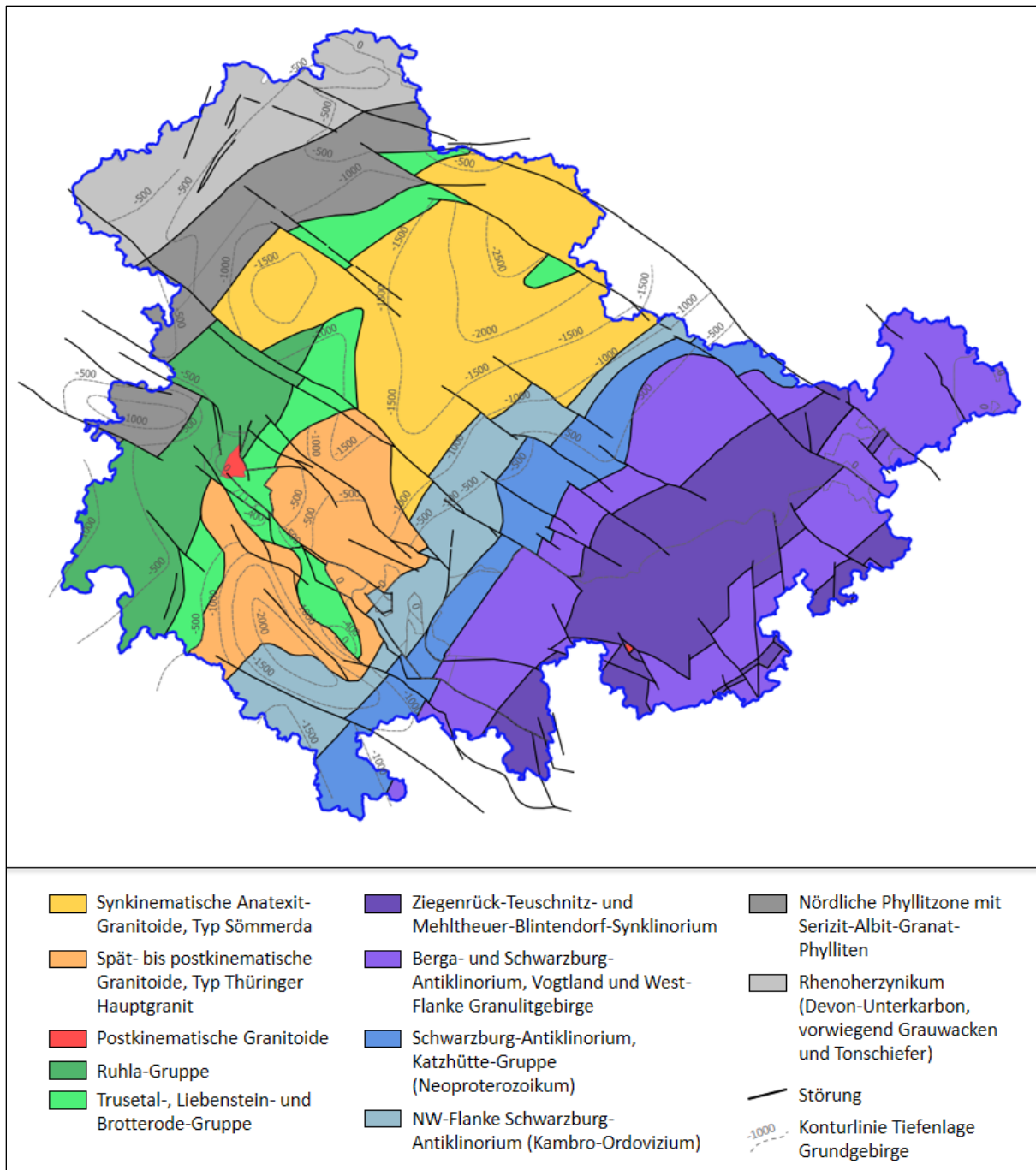


Abb. 48: Karte „Geologischer Bau des tieferen Untergrundes“, veröffentlicht auf dem Internet-Kartendienst des TLUBN (<https://antares.thueringen.de/cadenza/>).

Mit der Datenlieferung vom 30.06.2018 wurden der BGE außerdem alle im TLUBN verfügbaren digitalen Schichtenverzeichnisse von Bohrungen mit einer Endtiefe ≥ 300 m übergeben (Kap. 4.5.1.1). Aus den Beschreibungen zu Stratigraphie und Petrographie lässt sich – ggf. automatisiert – ableiten, ob geeignete Schichtenfolgen für das Wirtsgestein Kristallin vorliegen. In BGE (2020j) wird im Rahmen der bundeslandspezifischen Modellierprotokolle die Aufbereitung von Bohrdaten beschrieben (Kap. 4.5.2.2.2). Das Ziel dieser Arbeiten war, die Bohrdaten zur Ausweisung von Kristallingebieten innerhalb des Grundgebirges heranzuziehen.

Nach Datenauswertungen des TLUBN ergibt sich für das Teilgebiet Saxothuringikum, dass 153 Bohrungen das Grundgebirge erreichen. Davon weisen nur zwei Bohrungen kristallines Gestein entsprechend der Definition der BGE nach. Die restlichen 151 Bohrungen erbohren die typische Gesteinsentwicklung

des Thüringer Schiefergebirges, welches aus gefalteten und geschieferten Metasedimenten mit lokalen Einschaltungen von Vulkaniten besteht, die nicht als Wirtsgestein in Betracht gezogen werden (Abb. 49). Am Beispiel des Teilgebiets Saxothuringikum kann daher durch das TLUBN nicht nachvollzogen werden, dass – wie von der BGE dargelegt – Bohrdaten in die Ausweisung der Teilgebiete mit kristallinem Wirtsgestein eingeflossen sind.

Auf das Kristallingestein (Plutonit) im Raum Schleusingen, das durch zwei Bohrungen belegt ist, wird in Kap. 4.6.3 näher eingegangen.

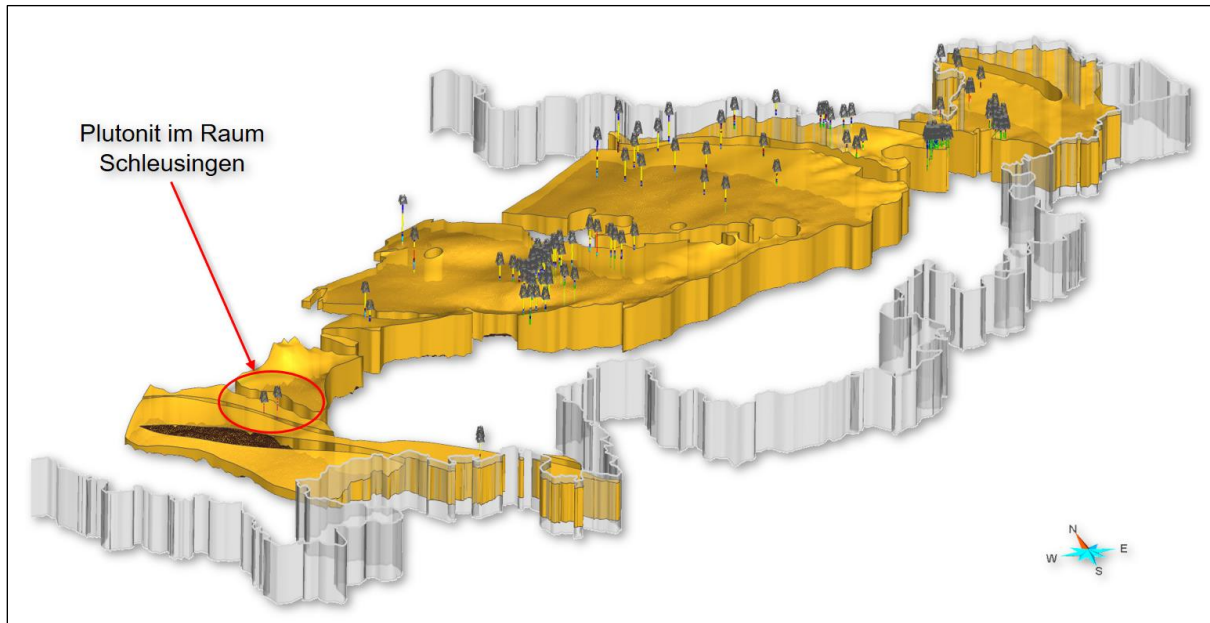


Abb. 49: Dreidimensionale Darstellung des Teilgebiets Saxothuringikum mit allen Bohrungen, die das Grundgebirge erreichen. Nur zwei der 153 Bohrungen erbohren geeignetes kristallines Wirtsgestein (rot markiert).

Weiterhin wurde der BGE mit Lieferung vom 08.05.2018 die Digitale Geologische Karte von Thüringen im Maßstab 1 : 25.000 (GK25) übergeben (Kap. 4.5.1.1). Die GK25 liegt dabei als Shapefile, als Bilddatei im TIFF-Format sowie als vollständige Druckausgabe im PDF-Format vor. Die Druckausgabe enthält neben der eigentlichen Karte häufig auch einen oder mehrere Profilschnitte. Aus letzteren geht hervor, wie sich der geologische Bau und die Lagerungsverhältnisse in die Tiefe fortsetzen.

In Abb. 50 ist die Reinhold-Karte zusammen mit dem Teilgebiet Saxothuringikum dargestellt. Aus dem Kartenwerk der GK25 wurde beispielhaft das Blatt 5236 Neustadt (Ohrla) ausgewählt. Die GK25 5236 überdeckt den Grenzbereich zwischen dem Teilgebiet Saxothuringikum und dem südöstlich anschließenden Gebiet des an der Geländeoberfläche anstehenden Thüringer Schiefergebirges. Das anstehende Thüringer Schiefergebirge, welches dem Grundgebirge zuzuordnen ist, besteht nicht aus Kristallingestein nach Definition der BGE, sondern aus gefalteten und geschieferten Metasedimenten, die nicht als Wirtsgestein in Betracht gezogen werden. Daher wurde der Bereich des anstehenden Thüringer Schiefergebirges durch die BGE, dem Grenzverlauf der Reinhold-Karte folgend, als ungeeignet ausgeschlossen (Kap. 4.5.2.2.1).

Der Profilschnitt der GK25 5236 (unterer Teil in Abb. 50) verläuft ungefähr von Nordnordwest nach Südsüdost und durchläuft dabei den Grenzbereich zwischen dem Teilgebiet Saxothuringikum und dem anstehenden Thüringer Schiefergebirge, welches nicht als Teilgebiet ausgewiesen wurde. Auf dem Profilschnitt wird erkennbar, dass die durch die BGE ausgeschlossenen Gesteine des Thüringer Schiefergebirges sich in nordwestlicher Richtung unter den permisch-mesozoischen Ablagerungen des Thüringer Beckens in das ausgewiesene Teilgebiet fortsetzen. Die GK25 5236 und der Profilschnitt belegen

damit eindeutig, dass in diesem Bereich andernorts ausgeschlossene Gesteine als Teilgebiet ausgewiesen werden.

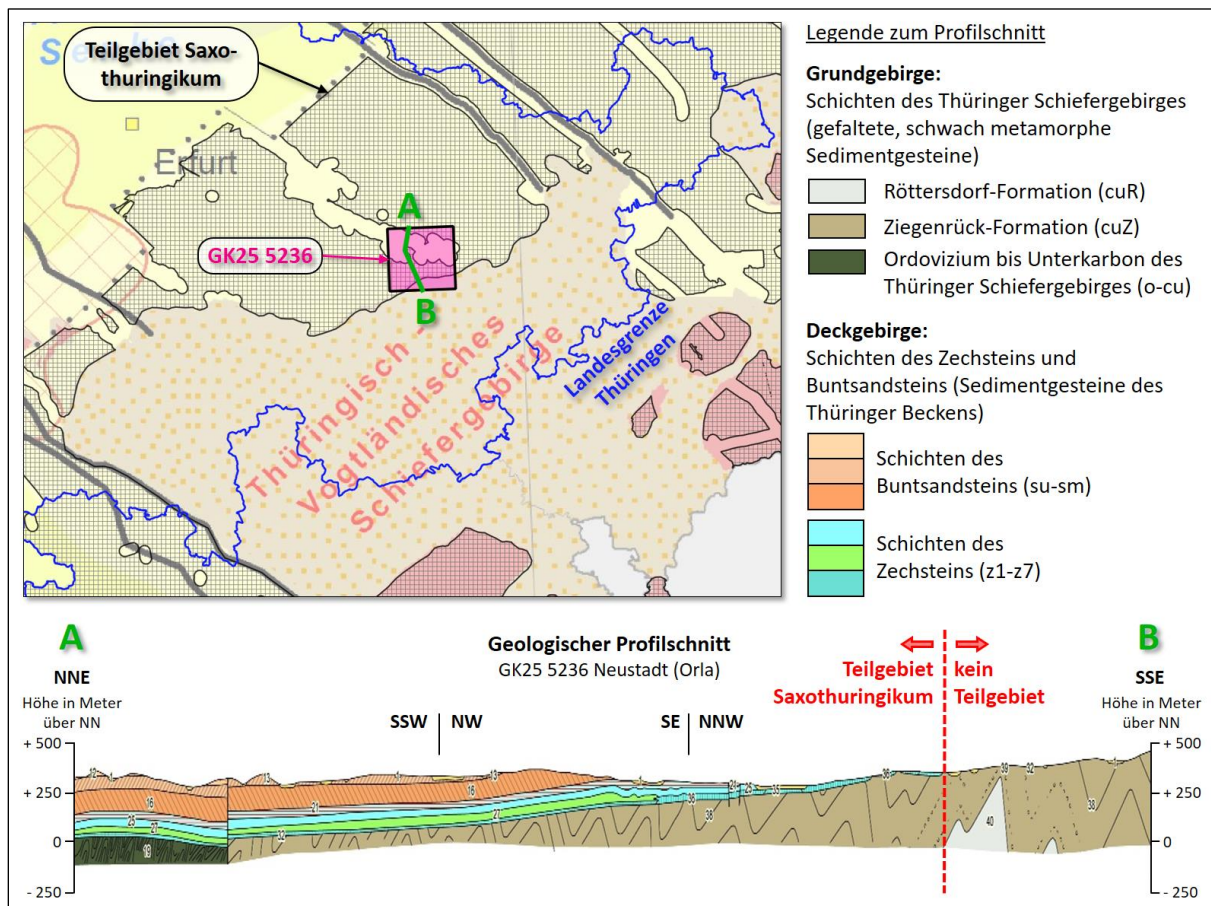


Abb. 50: Ausschnitt der Karte „Tiefenlage des Grundgebirges“ von Reinhold (2005) für Ostthüringen, zusammen mit dem Teilgebiet Saxothuringikum (schraffierter Bereich) und der Lage der GK25 Blatt 5236 Neustadt (Orla) (pinkfarben). Der in der Druckausgabe der GK25 5236 enthaltene Profilschnitt ist in der Karte oben als grüne Linie (A-B) eingezeichnet und unten vollständig in zweifacher Überhöhung dargestellt.

Das Kartenblatt Neustadt (Ohrla) wurde in Abb. 50 beispielhaft angeführt. Nach Analyse des TLUBN belegt ein Großteil der GK25-Kartenblätter im Teilgebiet Saxothuringikum, dass hier Gebiete ausgewiesen wurden, in denen das Grundgebirge eine Fortsetzung der Gesteine des Thüringer Schiefergebirges unter jüngerer sedimentärer Bedeckung darstellt und damit für einen Endlagerstandort nicht geeignet ist.

Im Rahmen der Validierung des Zwischenberichts Teilgebiete wurden durch das TLUBN alle Kartenblätter der GK25 im Teilgebiet Saxothuringikum systematisch dahingehend geprüft, ob sie (1) Profilschnitte enthalten, auf denen das Grundgebirge dargestellt ist und (2) aus welchen Gesteinen das ggf. dargestellte Grundgebirge aufgebaut ist. Das Ergebnis dieser Prüfung zeigen Tab. 9 und Abb. 51.

Das Teilgebiet Saxothuringikum schneidet 56 Kartenblätter der GK25, auf denen insgesamt 58 Profilschnitte dargestellt sind. Es befindet sich nicht auf jedem Kartenblatt ein Profilschnitt, und auf einigen Kartenblättern befinden sich wiederum mehrere Profilschnitte. Da das Teilgebiet Saxothuringikum oft nur Teile eines Kartenblatts überdeckt, liegt nicht jeder der 58 Profilschnitte auch im Teilgebiet. Weiterhin gibt es Profilschnitte, die nur das Deckgebirge darstellen und deshalb keine Aussage über die Beschaffenheit des Grundgebirges treffen. Es verbleiben insgesamt 24 Kartenblätter, auf denen 31 Profilschnitte dargestellt sind, die das Teilgebiet Saxothuringikum schneiden und das Grundgebirge darstellen. Eine genaue Aufschlüsselung der Kartenblätter und der enthaltenen Profilschnitte gibt Tab. 9.

Tab. 9: Aufschlüsselung der Kartenblätter der GK25, die ganz oder teilweise vom Teilgebiet Saxothuringikum überdeckt werden, nach enthaltenen Profilschnitten und dem darauf dargestellten Grundgebirge. Tabellenkopf: „GK 25 Nr.“ = Nummer des Kartenblatts der GK25; „Anzahl PS“ = Gesamtanzahl der auf dem Kartenblatt dargestellten Profilschnitte; „Anzahl PS im TG“ = Anzahl der Profilschnitte auf dem Kartenblatt, die das Teilgebiet Saxothuringikum schneiden; „Anzahl PS im TG mit GG“ = Anzahl derjenigen Profilschnitte auf dem Kartenblatt, die das Teilgebiet Saxothuringikum schneiden und das Grundgebirge darstellen; „Art des GG“ = Ausprägung des auf dem Profilschnitt dargestellten Grundgebirges mit: „SG“ = petrographische Ausprägung ähnlich Thüringer Schiefergebirge, „THG (MKZ)“ = Thüringer Hauptgranit, der der Mitteldeutschen Kristallzone zugehörig ist.

GK 25 Nr.	Anzahl PS	Anzahl PS im TG	Anzahl PS im TG mit GG	Art des GG	GK 25 Nr.	Anzahl PS	Anzahl PS im TG	Anzahl PS im TG mit GG	Art des GG
4935	0	0	0	---	5232	1	1	1	SG
4936	1	1	1	SG	5233	2	2	1	SG
4937	1	1	1	SG	5234	3	3	2	SG
4939	0	0	0	---	5235	2	2	2	SG
4940	0	0	0	---	5236	1	1	1	SG
4941	0	0	0	---	5237	1	1	1	SG
5032	1	1	0	---	5238	0	0	0	---
5033	1	1	1	SG	5329	2	1	0	---
5034	1	1	0	---	5330	1	1 (sehr knapp)	1	THG (MKZ)
5035	3	3	0	---	5331	2	1 (sehr knapp)	1	THG (MKZ)
5036	3	3	3	SG	5332	4	2	2	SG
5037	1	1	1	SG	5333	2	2	2	SG
5038	1	1	1	SG	5334	3	1	0	---
5039	0	0	0	---	5335	1	1	1	SG
5040	1	1	1	SG	5336	1	1	1	SG
5041	1	1	1	SG	5429	0	0	0	---
5131	1	1	0	---	5430	2	2	2	THG (MKZ), SG
5132	0	0	0	---	5431	0	0	0	---
5133	2	2	1	SG	5529	0	0	0	---
5134	2	2	1	SG	5530	0	0	0	---
5135	2	2	0	---	5531	0	0	0	---
5136	1	1	0	---	5532	3	0	0	---
5137	1	1	1	SG	5630	0	0	0	---
5138	0	0	0	---	5631	0	0	0	---
5139	0	0	0	---	5632	0	0	0	---
5140	0	0	0	---	5633	0	0	0	---
5141	0	0	0	---	5732	0	0	0	---
5231	3	1	0	---	5733	0	0	0	---

Auf 21 Kartenblättern wird durch die Profilschnitte Grundgebirge dargestellt, welches in seiner petrographischen Ausprägung den Gesteinen des anstehenden Thüringer Schiefergebirges entspricht und

deshalb für einen Endlagerstandort nicht geeignet ist. Diese Kartenblätter decken bereits große Teile des ausgewiesenen Teilgebiets ab (rote Farben in Abb. 51). Mit geologischen Fachkenntnissen und ggf. unter Berücksichtigung der gelieferten Bohrdaten lässt sich weiterhin zügig erschließen, dass das Grundgebirge auch in einigen Bereichen mit Kartenblättern ohne geeigneten Profilschnitt (gelbe Farben in Abb. 51) nur aus den Gesteinen des Schiefergebirges aufgebaut sein kann. Dies betrifft alle Kartenblätter, die sich ohne trennendes tektonisches Element (z.B. einer Störung) in einer Position zwischen dem anstehenden Thüringer Schiefergebirge im Südosten und denjenigen Kartenblättern im Teilgebiet Saxothuringikum, auf denen die Profilschnitte die nordwestliche Fortsetzung des Thüringer Schiefergebirges unter sedimentärer Bedeckung belegen, befinden. Auf diese Art kann plausibel begründet werden, dass auch auf den Kartenblättern Nummer 5138, 5139, 5140, 5141, 5238 und 5334 das Grundgebirge aus den Gesteinen des Schiefergebirges aufgebaut sein muss. Weiterhin kann argumentiert werden, dass sich im Bereich von in Abb. 51 gelb gefärbten Kartenblättern, die deutlich von rot gefärbten Kartenblättern umgeben werden, die Grundgebirgsentwicklung nicht kleinräumig sprunghaft ändern kann. Deshalb muss auch dort das unter Bedeckung liegende Grundgebirge petrographisch ähnlich dem anstehenden Thüringer Schiefergebirge ausgebildet sein. Dies betrifft bei konservativer Abschätzung mindestens die Kartenblätter Nummer 5135, 5136 und 5039.

Es lassen sich also ohne weitere Datenaufbereitung durch einfaches Betrachten der Profilschnitte auf den vom TLUBN gelieferten Druckausgaben der GK25 zügig Bereiche im Teilgebiet Saxothuringikum identifizieren, die für eine Endlagerung ungeeignet sind. Der Zeitaufwand für eine gründliche Durchsicht aller in Frage kommenden Kartenblätter betrug im TLUBN ca. drei Stunden. Der Workflow der BGE zur Ausweisung der in Frage kommenden Kristallingebiete (Kap. 4.5.2) erscheint hingegen sehr kompliziert und fehleranfällig und hat nicht dazu geführt, dass offensichtlich großflächig ungeeignete Gebiete erkannt und ausgeschlossen wurden. Aus Sicht des TLUBN ist nicht nachvollziehbar, warum die gelieferte Digitale Geologische Karte von Thüringen im Maßstab 1 : 25.000 (GK25) für die Ausweisung von Teilgebieten durch die BGE nicht in Betracht gezogen wurde.

In Abb. 51 und Tab. 9 wird erkennbar, dass auf den Profilschnitten von drei Kartenblättern (Nummer 5330, 5331 und 5430) der Thüringer Hauptgranit verzeichnet ist, welcher nicht dem Saxothuringikum, sondern der Mitteldeutschen Kristallinzone zuzurechnen ist. Der Thüringer Hauptgranit ist auch durch die beiden in Abb. 49 dargestellten Bohrungen belegt. Hier wurde durch die BGE die Grenze zwischen Saxothuringikum und Mitteldeutscher Kristallinzone nicht entsprechend der aktuellen Datenlage festgelegt. Dies wird in Kap. 4.6.3 tiefergehend besprochen.

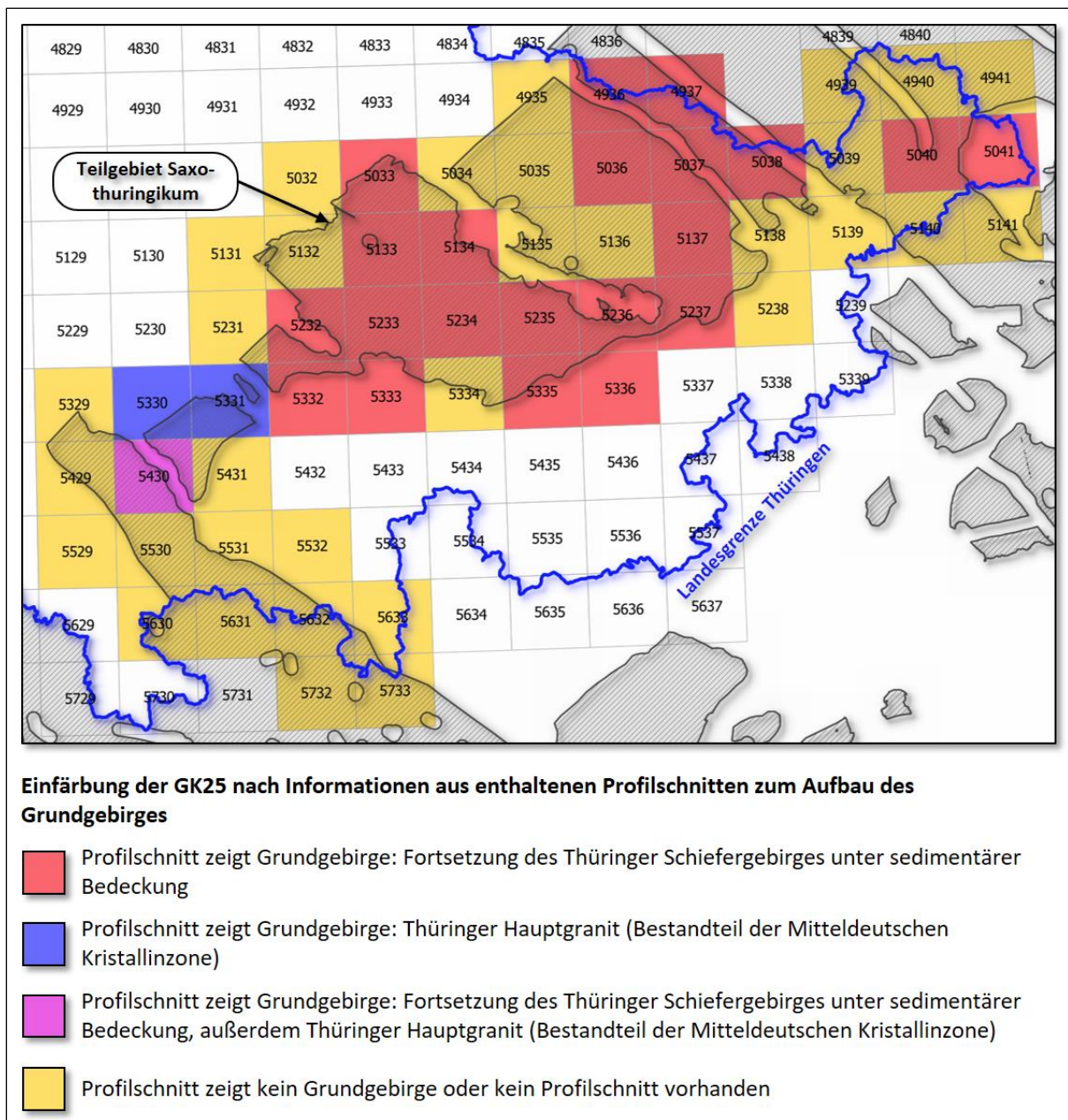


Abb. 51: Auswertung derjenigen Blätter der Digitalen Geologischen Karte von Thüringen im Maßstab 1 : 25.000 (GK25), die ganz oder teilweise vom Teilgebiet Saxothuringikum überdeckt werden, nach Informationen zum Aufbau des Grundgebirges der enthaltenen Profilschnitte.

4.6.3 Unkritische Verwendung der Reinhold-Karte, falsches Vorgehen bei der Bestimmung der Tiefenlage bzgl. Geländeoberfläche

Die BGE verwendet die Reinhold-Karte (Kap. 4.5.1.2) zur Konstruktion der Oberfläche des Grundgebirges in allen Bereichen, in denen keine Daten aus 3D-Modellen der SGD vorliegen. Da in Thüringen die Fläche „UK_z1CA_z1C“ aus dem 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens nicht berücksichtigt wurde, ergeben sich 59 % der Landesfläche, die mit der Reinhold-Karte aufgefüllt werden (Kap. 4.6.1).

Die Reinhold-Karte weist nicht die Oberfläche des Kristallins, sondern des Grundgebirges aus. Das ergibt sich aus Kartentitel und -legende sowie aus den Erläuterungen im Text des zugrundeliegenden Berichts zum Projekt „Tiefenlage der Kristallin-Oberfläche in Deutschland“. Die BGE bezeichnet die Karte an mehreren Stellen des Zwischenberichts in verschiedenen begrifflichen Variationen als „Kristallin[...]Karte“ (z.B. Tabelle A. 33 in BGE (2020j) S. 370). Dies ist falsch, da das Kristallin nur einen Teil

des Grundgebirges darstellt und im Bericht der BGE an mehreren Stellen der Eindruck entsteht, die Reinhold-Karte würde die Kristallin-Oberfläche ausweisen.

Die Reinhold-Karte ist eine Übersichtsdarstellung für Deutschland im Maßstab 1 : 2.000.000. Die farbliche Konturierung der Tiefenlage des Grundgebirges erfolgt in Schritten von 1.000 m (Abb. 40). Die Abstufung der Tiefenlage ist damit in der vertikalen Richtung sehr grob und führt in der horizontalen Richtung zu sehr weitabständigen Konturlinien, so dass die Dichte der Stützpunkte in Bezug auf eine darauf aufbauende Interpolation als sehr gering einzustufen ist (Abb. 41).

Im Rahmen der Validierung des Zwischenberichts Teilgebiete wurde die Reinhold-Karte für den Ausschnitt Thüringens durch das TLUBN vektorisiert und mit dem System SKUA-GOCAD in eine dreidimensionale Darstellung überführt. Dabei wurde erkennbar, dass die Karte geometrisch fehlerbehaftet ist (Abb. 52). Der Fehler tritt an den Übergängen zwischen den als „Sedimentäres Grundgebirge, anstehend“ und den als „Tiefenlage der Präperm-Oberfläche [km]“ deklarierten Bereichen auf. In Thüringen ist vor allem die Nordwest-Grenze des Thüringisch-Vogtländischen Schiefergebirges betroffen.

Abb. 52 a zeigt den Ausschnitt der Karte „Tiefenlage des Grundgebirges“ für Thüringen. Die nordwestliche Grenze des Thüringisch-Vogtländischen Schiefergebirges ist grün markiert. Nach den Tiefeninformationen aus der Kartenlegende ist das Thüringisch-Vogtländische Schiefergebirge anstehend, die Grundgebirgsoberfläche entspricht damit der Geländeoberfläche. Für den unmittelbar nordwestlich anschließenden Bereich der Präperm-Oberfläche ist eine Tiefenlage zwischen 0 m NN und -1.000 m NN ausgewiesen. Abb. 52 b zeigt die im TLUBN erstellte dreidimensionale Darstellung der Reinhold-Karte entsprechend der angegebenen Tiefeninformationen für den Bereich Thüringens. In Abb. 52 c ist das 3D-Modell der Grundgebirgsoberfläche im Übergang zwischen dem anstehenden Thüringisch-Vogtländischen Schiefergebirge und dem nordwestlich anschließenden Grundgebirge unter jüngerer sedimentärer Bedeckung dargestellt. Im Bereich des Schiefergebirges hat die Grundgebirgsoberfläche Geländehöhe und liegt damit bei 200 m NN bis 800 m NN. Im nordwestlich anschließenden Gebiet hat die Grundgebirgsoberfläche laut Kartensignatur eine Höhe zwischen -1.000 m NN und 0 m NN. Im 3D-Modell wurde dies so umgesetzt, dass die Grundgebirgsoberfläche dieses Bereichs unmittelbar an der Grenze zum Schiefergebirge die maximal mögliche Höhe von 0 m NN aufweist. Zwischen dem anstehenden Schiefergebirge und dem nordwestlich anschließenden Grundgebirge unter jüngerer Bedeckung ergibt sich im Resultat der Umsetzung der Tiefeninformationen der Karte im 3D-Modell der Grundgebirgsoberfläche ein Sprung mit einem Betrag zwischen 200 m und 800 m (Differenz Geländehöhe zu 0 m NN).

Aufgrund des kleinen Maßstabs mit sehr grob abgestuften Tiefeninformationen und entsprechend weitständigen Konturlinien sowie des oben beschriebenen geometrischen Fehlers in den Tiefeninformationen ist die Reinhold-Karte aus Sicht des TLUBN für eine quantitative Auswertung zur Ausweisung von Gebieten für einen Endlagerstandort nicht geeignet.

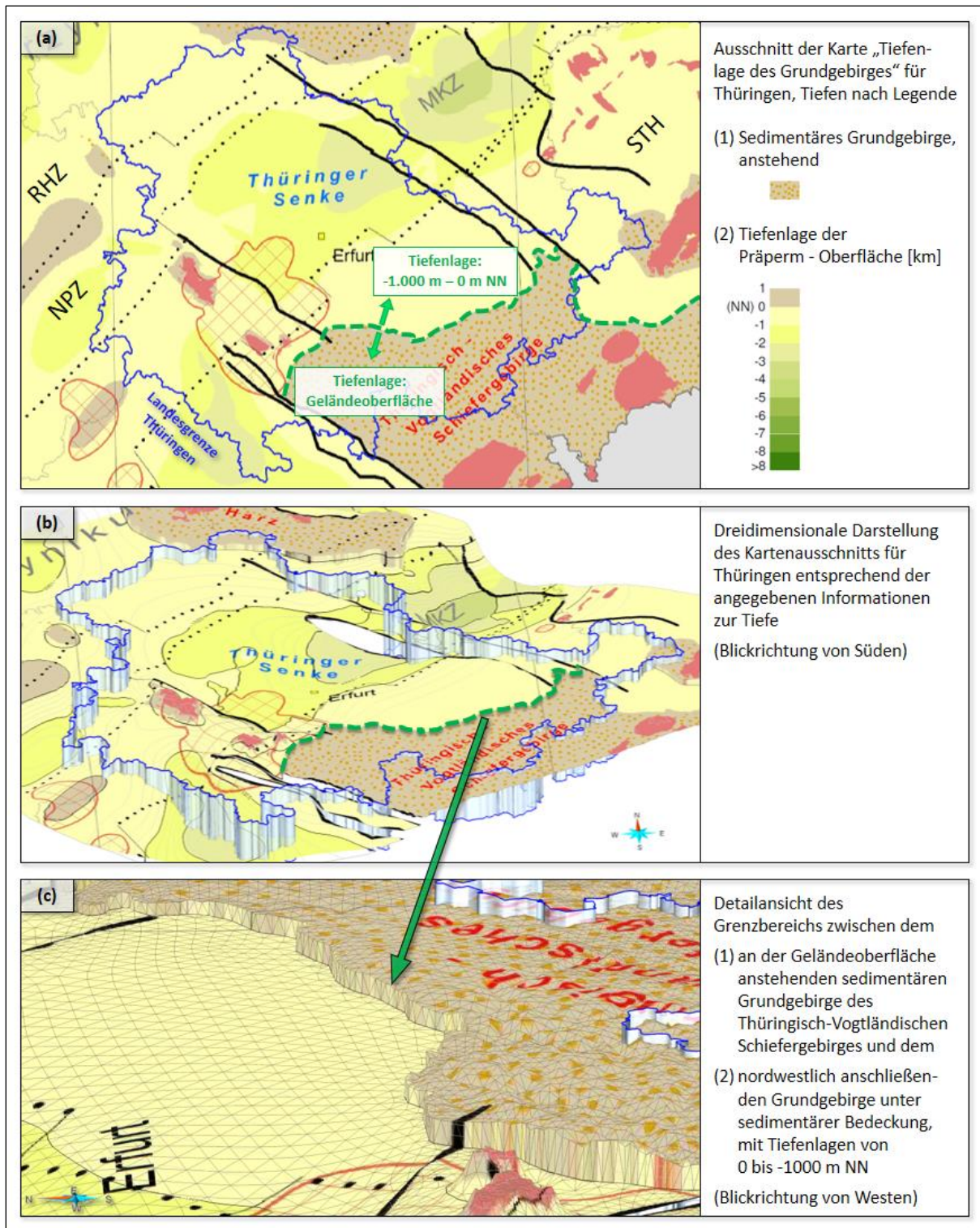


Abb. 52: Durch das TLUBN erstellte dreidimensionale Darstellung der Karte „Tiefenlage des Grundgebirges“ von Reinhold (2005) anhand der angegebenen Tiefeninformationen. (a) Kartenausschnitt für Thüringen, (b) 3D-Modell des Kartenausschnitts für Thüringen, (c) detaillierte Ansicht der Nordwest-Grenze des Thüringisch-Vogtländischen Schiefergebirges im 3D-Modell der Karte „Tiefenlage des Grundgebirges“ mit vertikalem Sprung der Tiefenlage an der Grenze zwischen zwei Kartensignaturen. Weitere Erläuterungen siehe Text.

Die BGE verwendet die Reinhold-Karte trotz allem als Grundlage für die Ermittlung des Abstands der Grundgebirgsoberfläche zur Geländeoberfläche. Auf Basis der Karte werden diejenigen Bereiche des Grundgebirges bestimmt, in denen die Grundgebirgsoberfläche maximal 1.300 m unter der Geländeoberfläche liegt (Kap. 4.5.2.2.1).

Genau wie bei den Isopachenkarten im Steinsalz (Kap. 4.3.2.1.1.2) sind die Werte für die Tiefenlage der Grundgebirgsoberfläche nur entlang der Konturlinien exakt definiert. Zur Ableitung einer flächenhaften Information ist in jedem Fall erforderlich, die Werte zwischen den Konturlinien zu interpolieren, wobei zwei Arbeitsschritte kombiniert werden müssen:

- (1) Interpolation von Werten aus Konturlinien für eine flächenhafte Darstellung
- (2) Bestimmung des Abstandes der Tiefenlage des Grundgebirges zur Geländeoberfläche

Die Reihenfolge der Arbeitsschritte ist dabei geometrisch nicht äquivalent. Dies ist in Abb. 53 illustriert.

Die linke Seite der Abb. 53 (1a bis 1c) stellt die Reihenfolge der Arbeitsschritte dar, wie sie vom TLUBN beschriftet werden würde. Um auf Grundlage der Konturlinien der Karte „Tiefenlage des Grundgebirges“ (Abb. 53 1a) den Abstand zwischen Grundgebirgsoberfläche und Geländeoberfläche zu bestimmen, sollte man nach Auffassung des TLUBN zunächst auf Basis der Konturlinien mittels eines geeigneten Interpolationsverfahrens die Tiefenlage der Oberfläche des Grundgebirges flächig errechnen (Abb. 53 1b). Im Anschluss wird der Abstand der interpolierten Grundgebirgsoberfläche zur Geländeoberfläche bestimmt (Abb. 53 1c). Im Ergebnis erhält man eine flächenhafte Information über den Abstand der Grundgebirgsoberfläche zur Geländeoberfläche. Darauf aufbauend können diejenigen Bereiche ermittelt werden, in denen dieser Abstand kleiner ist als 1.300 m.

Die rechte Seite der Abb. 53 (2a bis 2c) zeigt das Vorgehen der BGE, bei dem die beiden Arbeitsschritte vertauscht werden. Bei gleicher Ausgangssituation (Abb. 53 2a) bestimmt die BGE zunächst den Abstand zwischen den Konturlinien und der Geländeoberfläche (Abb. 53 2b). Im Anschluss interpoliert die BGE diesen Wert, um eine flächenhafte Information des Abstands zwischen Grundgebirgsoberfläche und Geländeoberfläche zu erhalten (Abb. 53 2c). Auf Grundlage dieser flächenhaften Information werden wieder diejenigen Bereiche bestimmt, in denen der Abstand kleiner ist als 1.300 m.

In den Prinzipdarstellungen der Abb. 53 sind im Geländemodell schematisch jeweils ein „Berg“ und ein „Tal“ eingezeichnet. Die weitabständigen Konturlinien, auf denen die spätere Berechnung beruht, ordnen sich in einem zufälligen Muster unterhalb des Reliefs der Geländeoberfläche an. Berechnet man nun wie in Abb. 53 1b und 1c zuerst die Oberfläche des Grundgebirges, und danach den Abstand dieser Fläche zur Geländeoberfläche, dann wird der Abstand in den Bereichen des „Bergs“ und des „Tals“ korrekt ermittelt.

Beim Vorgehen der BGE wird wie in Abb. 53 2b zuerst der Abstand zwischen den einzelnen Konturlinien und der Geländeoberfläche bestimmt. Die Abstandsbestimmung erfolgt damit zunächst punktuell, und wird danach über ein Interpolationsverfahren in die Fläche transportiert. Die Konturlinien ordnen sich völlig unabhängig vom Gelände relief in einem zufälligen Muster unterhalb der Geländeoberfläche an. Liegt zwischen zwei Konturlinien an der Geländeoberfläche ein „Berg“ oder ein „Tal“, dann können die Konturlinien das nicht „wissen“. In dem Fall, dass zwischen zwei Konturlinien ein „Berg“ liegt, wird durch das Verfahren der BGE der Abstand zur Geländeoberfläche bei der Interpolation zwischen diesen beiden Linien unterschätzt (Abb. 53 2c links). Falls zwischen zwei Konturlinien ein „Tal“ liegt, wird der Abstand zur Geländeoberfläche bei der Interpolation zwischen diesen beiden Linien überschätzt (Abb. 53 2c rechts).

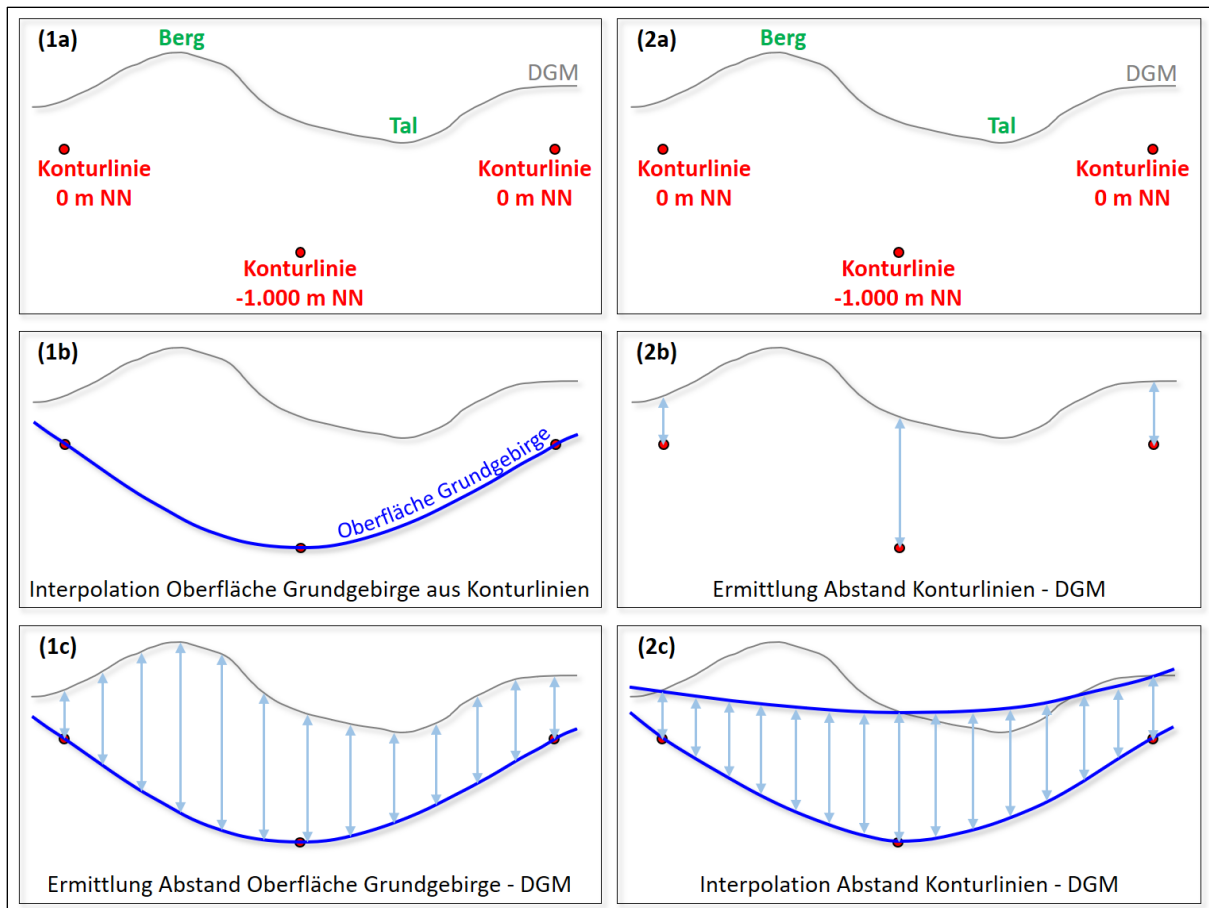


Abb. 53: Prinzipdarstellung zur Illustration von zwei Varianten zur Ermittlung des Abstands zwischen Grundgebirgsoberfläche und Geländeoberfläche auf Basis der Konturlinien der Karte „Tiefenlage des Grundgebirges“ (Reinhold 2005) und des Digitalen Geländemodells (DGM). Linke Seite (1a bis 1c): Interpolation der Grundgebirgsoberfläche auf Basis der Konturlinien, danach Ermittlung des Abstands zwischen Grundgebirgsoberfläche und DGM. Rechte Seite (2a bis 2c): Ermittlung des Abstands zwischen Konturlinien und DGM, danach Interpolation des Abstands in der Fläche.

Abb. 54 a zeigt die dreidimensionale Darstellung eines Digitalen Geländemodells (DGM) für den Bereich Thüringens. Man erkennt starke Reliefunterschiede, die sich in Thüringen in einem Bereich zwischen 114 m NN (Unstruttal zwischen Wiehe und Roßleben) und 982,9 m NN (Großer Beerberg im Thüringer Wald) bewegen. Auch auf relativ kurzen Distanzen ändert sich das Relief teilweise stark, zum Beispiel im Übergang vom Thüringer Wald mit Höhen über 800 m NN in das südwestlich angrenzende Werratal mit 330 m NN bei Themar, oder zwischen 140 m NN im Saaletal in Jena und dem nur ca. einen Kilometer entfernten Hausberg mit 392 m NN.

Abb. 54 b zeigt denselben Ausschnitt des DGMs zusammen mit den Konturlinien der Reinhold-Karte. Die Konturlinien liegen im Raum eigentlich unterhalb des DGMs. Um sie in der Abbildung gemeinsam mit dem DGM in der Aufsicht betrachten zu können, wurden sie in eine Höhe von 1.100 m NN verschoben und nach ihrer ursprünglichen NN-Tiefenlage eingefärbt. Man erkennt, dass die Konturlinien im Vergleich zum lebhaften Relief des DGMs sehr weitabständig sind. Die zwischen den Konturlinien liegenden „Berge“ und „Täler“ werden beim Verfahren der BGE, zunächst den Abstand der Konturlinien zum DGM zu bestimmen, und danach diesen Abstand zu interpolieren, weitestgehend übersehen.

Das von der BGE gewählte Verfahren zur Ermittlung des Abstands zwischen der Geländeoberfläche und der Oberfläche des Grundgebirges auf Basis der Reinhold-Karte führt daher nach Analyse des TLUBN zu stark fehlerhaften Ergebnissen.

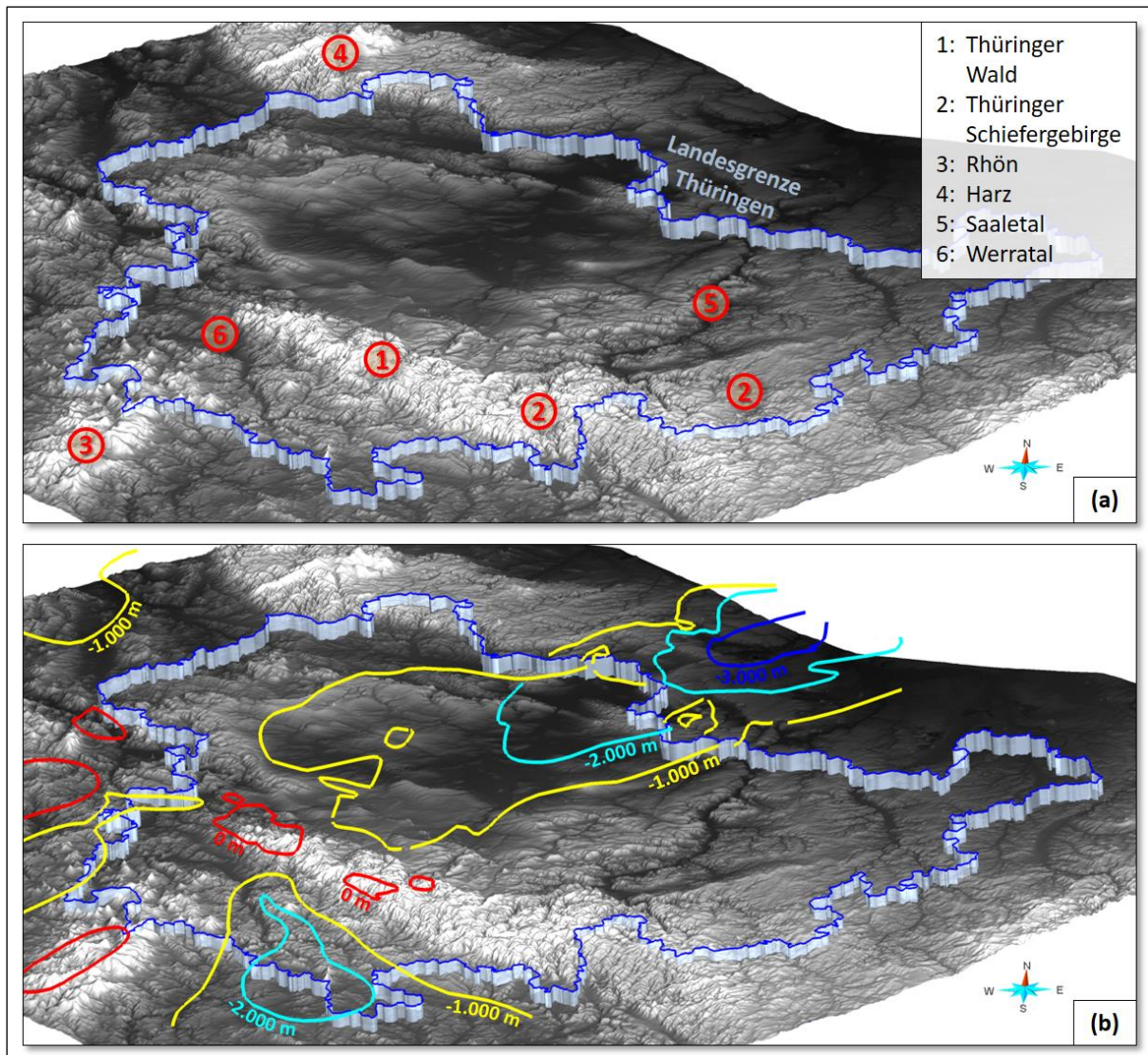


Abb. 54: Vergleich des Digitalen Geländemodells (DGM) mit den Konturlinien aus der Karte „Tiefenlage des Grundgebirges“ von Reinhold (2005). (a) DGM im Raum Thüringen, mit beispielhaft markierten Landschaftspunkten unterschiedlicher Höhen-niveaus, (b) DGM zusammen mit Konturlinien der Reinhold-Karte (Konturlinien im Raum auf Niveau oberhalb des DGMs verschoben und eingefärbt nach ursprünglichen NN-Höhen).

Zuletzt soll noch auf die Grenzziehungen der variszischen Baueinheiten auf der Reinhold-Karte eingegangen werden.

Das kristalline Gestein, welches durch die beiden Bohrungen im Raum Schleusingen erbohrt wurde (Kap. 4.6.2), ist in den digitalen Schichtenverzeichnissen, welche der BGE vorliegen, in beiden Fällen als Thüringer Hauptgranit angesprochen. Der Thüringer Hauptgranit „setzt sich aus syn- bis postdeformativen syenitischen, granitischen und dioritischen Teilintrusionen zusammen“ (Seidel 2003, S. 46) und ist Bestandteil der Südost-Flanke der Mitteldeutschen Kristallinzzone. Auch auf den Profilschnitten der GK25 Nummer 5330, 5331 und 5430 ist im Grundgebirge in Bereichen des Teilgebiets Saxothuringikum der Thüringer Hauptgranit dargestellt. Dies wirft die Frage auf, warum das Teilgebiet Saxothuringikum sich über einen Bereich erstreckt, welcher durch das Antreffen des Thüringer Hauptgranits der Mitteldeutschen Kristallinzzone zugeordnet werden muss.

Die BGE nimmt die Grenzziehungen für die regionaltektonischen Einheiten anhand der Reinhold-Karte vor (Kap. 4.5.2.2.1). Ein Abgleich mit der Karte „Geologischer Bau des tieferen Untergrundes“ des TLUBN zeigt auf, dass die Grenzverläufe der regionaltektonischen Einheiten auf dieser Karte lokal deutlich von der Darstellung auf der Reinhold-Karte abweichen (Abb. 55).

Die beiden Bohrungen, die im Raum Schleusingen den Thüringer Hauptgranit nachweisen, liegen auf dem Blatt Nummer 5430 der GK25. Auf diesem Kartenblatt sowie auf den Blättern Nummer 5330 und 5331 ist Thüringer Hauptgranit sowohl auf den Karten als auch den begleitenden Profilschnitten in einem Bereich dargestellt, der von Reinhold (2005) fälschlicherweise als Saxothuringikum ausgewiesen wurde. Die Karte „Geologischer Bau des tieferen Untergrundes“ des TLUBN nimmt in diesem Bereich eine andere Grenzziehung zwischen den Baueinheiten der Mitteldeutschen Kristallinzone und denen des Saxothuringikums vor. Demnach liegen die beiden Bohrungen im Raum Schleusingen im Bereich der Mitteldeutschen Kristallinzone.

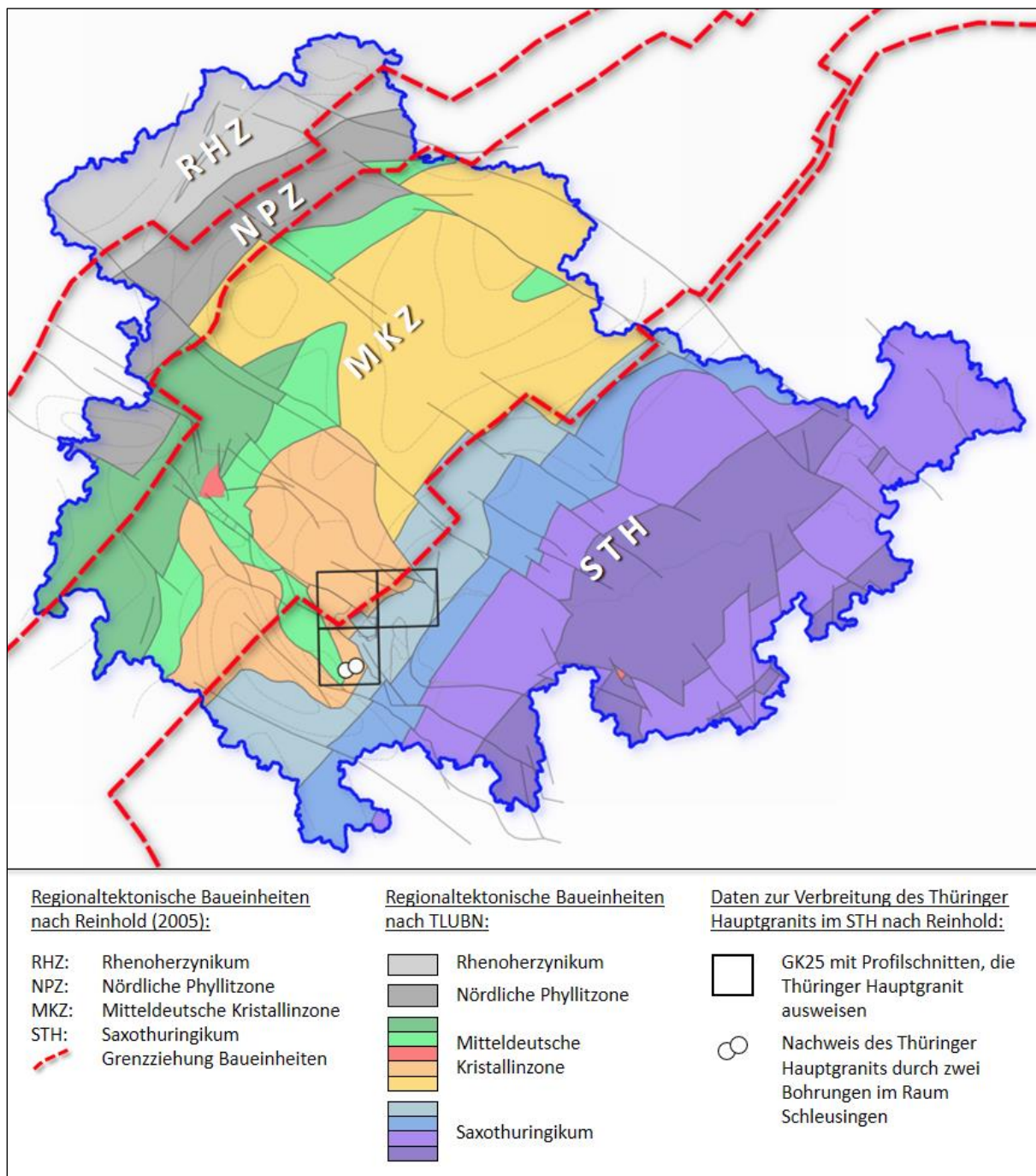


Abb. 55: Karte „Geologischer Bau des tieferen Untergrundes“ des TLUBN (Legende siehe Abb. 48), zusammen mit den Grenzen der regionaltektonischen Baueinheiten der Karte „Tiefenlage des Grundgebirges“ von Reinhold (2005) sowie Daten, die im Bereich des Saxothuringikums mit Grenzziehung nach Reinhold Thüringer Hauptgranit nachweisen.

Auch in anderen Gebieten Thüringens weichen die Grenzen der Regionaltektonischen Baueinheiten der Karte „Geologischer Bau des tieferen Untergrundes“ des TLUBN von den in der Reinhold-Karte vorgenommenen Grenzziehungen ab.

Nach Auffassung des TLUBN hätte sich die BGE insgesamt stärker mit den vom TLUBN gelieferten Daten auseinandersetzen und die enthaltenen Informationen auf wissenschaftlicher Basis gegeneinander abwägen müssen. Die ausschließliche Verwendung von Informationen aus der Reinhold-Karte für einen großen Teil der Landesfläche Thüringens ist aus Sicht des TLUBN inhaltlich nicht gerechtfertigt, da die Karte aufgrund des kleinen Maßstabs wenig detailliert ist, nicht die Kristallinverbreitung darstellt sowie geometrische Fehler und inhaltliche Ungenauigkeiten aufweist. Die falsche Reihenfolge der Arbeitsschritte bei der Bestimmung des Abstands der Grundgebirgsoberfläche zur Geländeoberfläche führt zu einer weiteren groben Ungenauigkeit des Ergebnisses, so dass die auf diesem Verfahren basierenden Teilgebiete durch das TLUBN in der Summe als nicht valide eingeschätzt werden.

4.6.4 Gemeinsame Verwendung von Datengrundlagen, die geometrisch nicht zueinander passen

Im Zuge des Verfahrens der BGE zur Ausweisung der Teilgebiete im Wirtsgestein Kristallin wird flächendeckend derjenige Anteil der Grundgebirgsoberfläche bestimmt, der nicht tiefer als 1.300 m unter Gelände liegt. Es kann dabei davon ausgegangen werden, dass die Grundgebirgsoberfläche eine zusammenhängende Fläche ohne interne Verbreitungsgrenzen ist, da das Grundgebirge überall in Deutschland entweder direkt an der Geländeoberfläche oder unterhalb jüngerer sedimentärer Bedeckung ansteht. Ausgehend von der Geometrie verschiedener Eingangsdaten zur Tiefenlage der Grundgebirgsoberfläche wird der Abstand dieser Fläche zur Geländeoberfläche bestimmt. Nachfolgend werden diejenigen Bereiche ermittelt, in denen der Abstand kleiner ist als 1.300 m. Diese Bereiche erfüllen die Mindestanforderungen „Tiefe“ und „Mächtigkeit“, sofern sie kristallines Gestein beinhalten (Kap. 4.5.2).

In Thüringen basiert das Verfahren auf einer gemeinsamen Verwendung der Basisfläche des Permosilesiums aus dem 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens sowie auf der Reinhold-Karte überall dort, wo das Permosilesium nicht verbreitet ist. Die Karte von Reinhold stellt die Oberfläche des Grundgebirges vollständig dar. Da die Oberfläche des Grundgebirges partiell durch die Basis des Permosilesiums gebildet wird, sollte die Basisfläche des Permosilesiums aus dem 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens innerhalb ihres Verbreitungsgebiets geometrisch deckungsgleich mit der Reinhold-Karte sein. Wenn Abweichungen in der Tiefenlage zwischen der Fläche Basis Permosilesium und der Karte von Reinhold bestehen, bedeutet das, dass die Daten inkonsistent sind. Für belastbare inhaltliche Auswertungen müsste man in diesem Fall die Datensätze vor der weiteren Verwendung zunächst nach wissenschaftlichen Kriterien harmonisieren.

Im Rahmen der Validierung des Zwischenberichts Teilgebiete wurde durch das TLUBN die Fläche „Tiefenlage des Grundgebirges“ vektorisiert und nach den Angaben von Reinhold dreidimensional dargestellt (Kap. 4.6.3 und Abb. 51). Bereits bei der Vektorisierung fiel auf, dass die Tiefen der Konturlinien der Reinhold-Karte innerhalb des Verbreitungsgebiets des Permosilesiums teilweise deutlich von der Tiefenlage der Fläche Basis Permosilesium aus dem 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens abweichen (Abb. 56). Zur besseren Einschätzung dieser Abweichungen wurde das 3D-Modell der Karte von Reinhold auf diejenigen Bereiche zugeschnitten, die nicht durch das Permosilesium abgedeckt sind, und gemeinsam mit der Fläche Basis Permosilesium dargestellt (Abb. 57 a). Da die Grundgebirgsoberfläche außer im unmittelbaren Bereich von tektonischen Störungen eine kontinuierliche Fläche ist, sollte die Karte von Reinhold sich in die bestehenden Lücken der Basis Permosilesium „nahtlos“, d.h. ohne vertikale Sprünge zwischen den Flächengrenzen, einfügen. Tatsächlich entstehen aber zwischen den Rändern der Basis Permosilesium und der dreidimensional dargestellten Reinhold-Karte vertikale Versätze, die oft mehrere hundert Meter betragen (Abb. 57 b). Die Datensätze sind also nicht konsistent.

Die BGE nimmt eine Abstandsberechnung der Grundgebirgsoberfläche zur Geländeoberfläche auf Basis beider Datensätze ohne weitere Korrektur bzw. Harmonisierung der Daten vor. Nach Analyse des TLUBN wird erkennbar, dass die Inkonsistenz der Daten Auswirkungen auf die Ausdehnung der Teilgebiete hat:

Im Raum Bad Langensalza weist das Teilgebiet Mitteldeutsche Kristallinzone einen isolierten Bereich von ca. 60 km² auf (rote Markierung in Abb. 58 a). Der östliche und westliche Rand dieses Bereichs beruhen unmittelbar darauf, dass die eingehenden Flächen einen Versatz aufweisen. Obwohl beide Flächen nahtlos ineinander übergehen müssten, liegt hier die Fläche „Tiefenlage des Grundgebirges“ weniger als 1.300 m unter der Geländeoberfläche, und die Basis des Permosilesiums liegt deutlich mehr als 1.300 m unter der Geländeoberfläche (Abb. 58 b). Damit geht die Fläche „Tiefenlage des Grundgebirges“ in die Ausweisung des Teilgebiets ein, und die Fläche Basis Permosilesium geht nicht ein. Die Teilgebietsgrenze beruht an dieser Stelle also auf einem Artefakt, der aus nicht harmonisierten Eingangsdaten resultiert.

Aus Sicht des TLUBN hätten die von der BGE gewählten Eingangsdaten ohne eine auf Befunden aus Primärdaten beruhende Harmonisierung nicht zusammen verwendet werden dürfen. Vielmehr hätte eine Revision der Eingangsdaten durch die BGE stattfinden müssen. Da dies offensichtlich nicht erfolgt ist, sind die Ergebnisse in Form der ausgewiesenen Teilgebiete im kristallinen Wirtsgestein inhaltlich nicht belastbar.

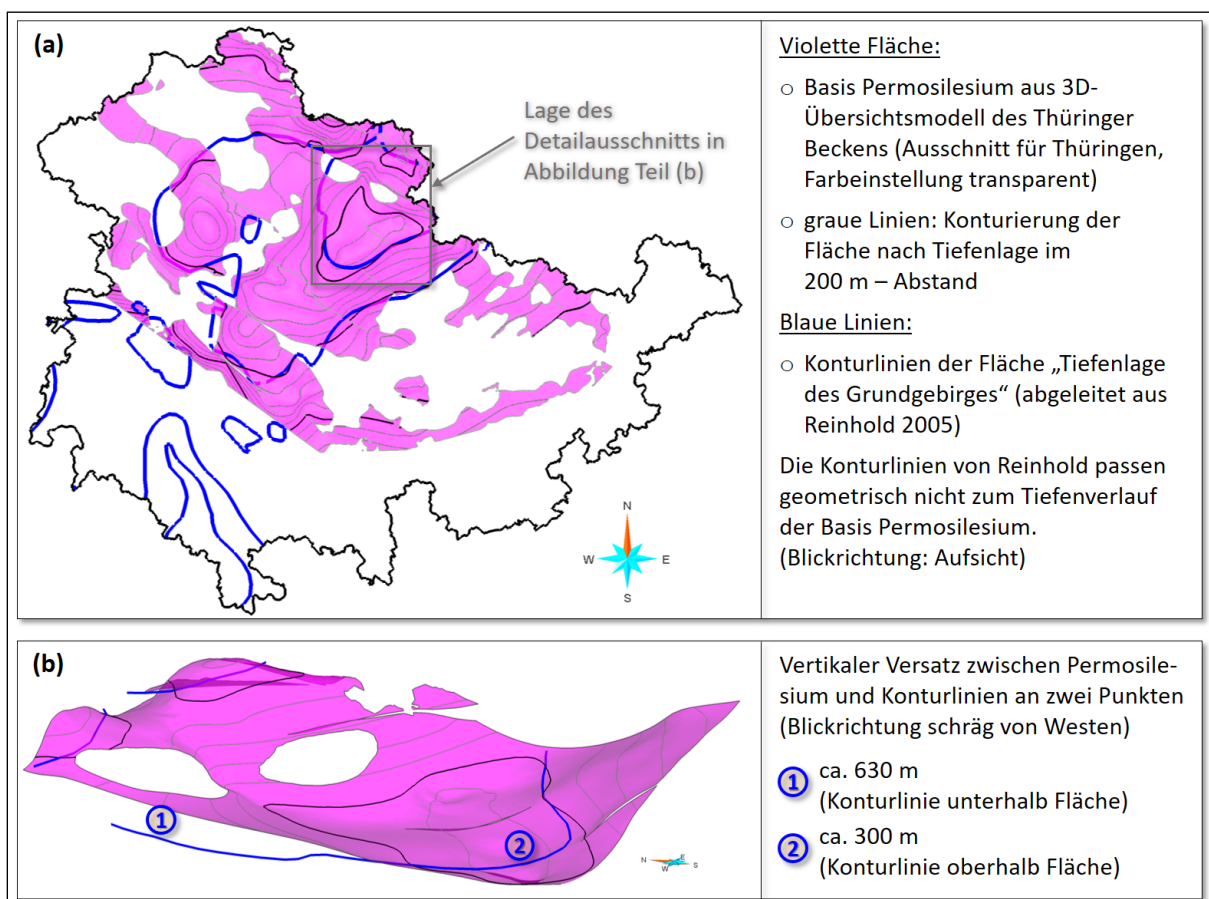


Abb. 56: Vertikaler Versatz zwischen der Fläche Basis Permosilesium aus dem 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens und den Konturlinien der Karte „Tiefenlage des Grundgebirges“ von Reinhold (2005).

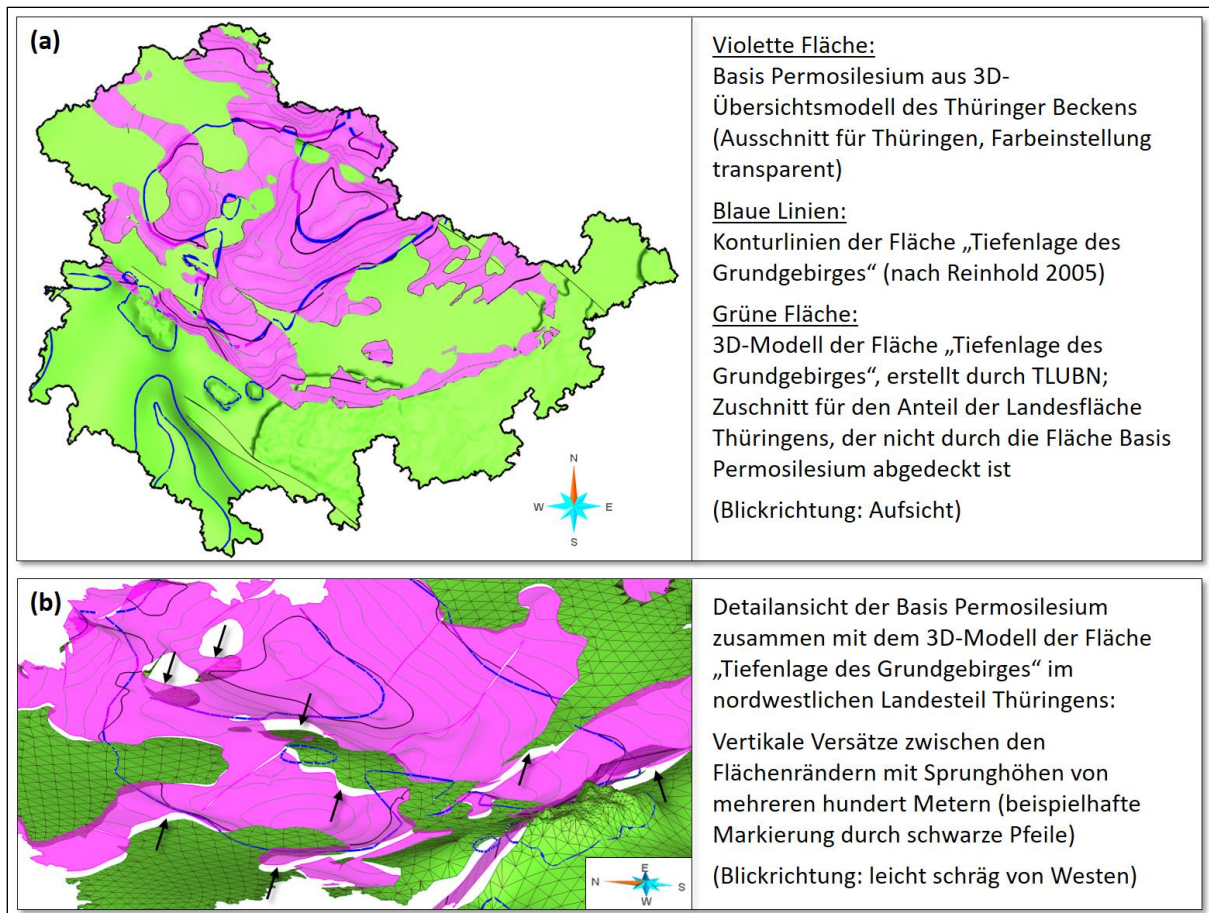


Abb. 57: Vertikale Versätze zwischen der Fläche Basis Permosilesium aus dem 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens und der Karte „Tiefenlage des Grundgebirges“ von Reinhold (2005).

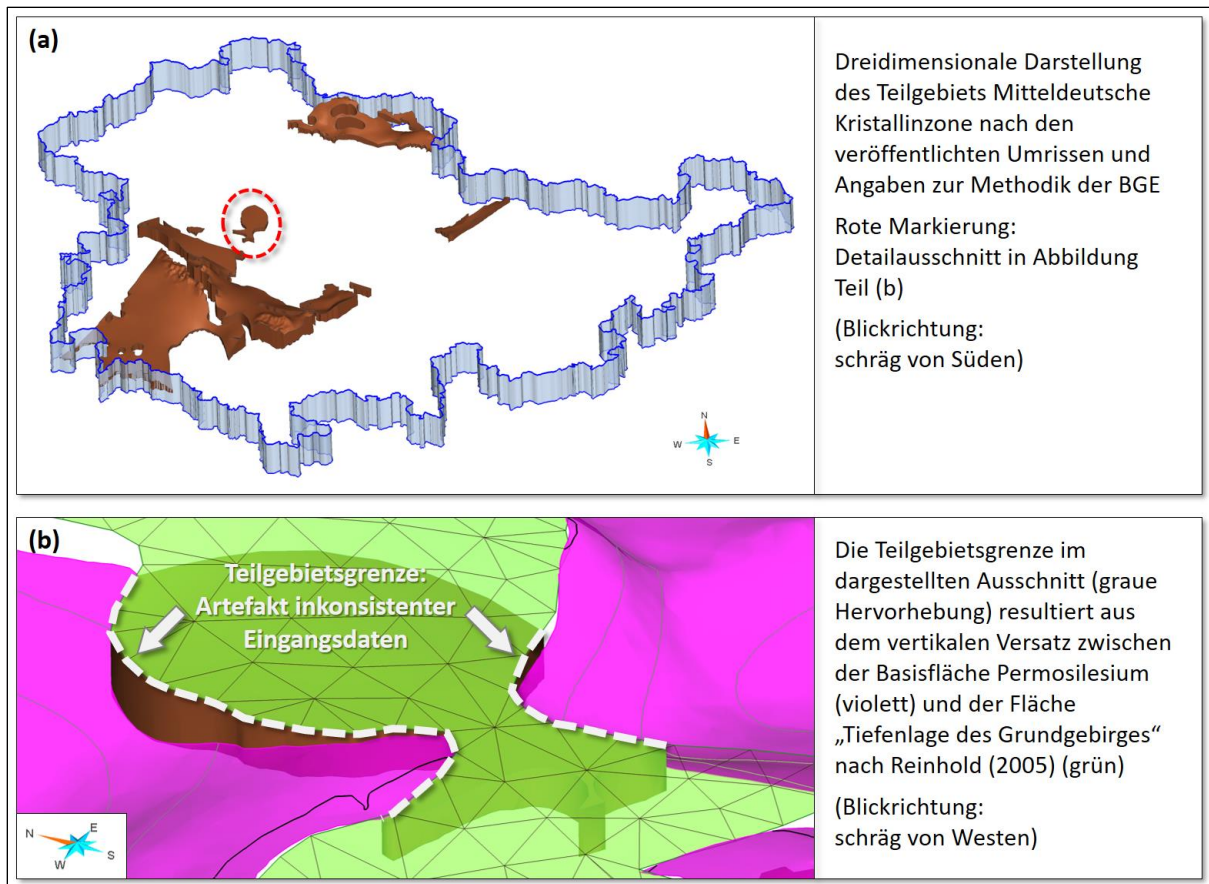


Abb. 58: Vertikale Versätze aus inkonsistenten Eingangsdaten bilden Teilgebietsgrenzen.

4.6.5 Mangelnder Bezug zu den Inventarisierungstabellen

Zu Beginn der Arbeiten an den Mindestanforderungen zur Ausweisung der Teilgebiete hat die BGE das geologische Inventar gesichtet und auf seine prinzipielle Tauglichkeit als Wirtsgestein hin überprüft. Das Resultat sind die sogenannten Inventarisierungstabellen. Als geeignete lithostratigraphische Einheiten für das Wirtsgestein Kristallin in Thüringen listet die BGE verschiedene permokarbone Plutonite, Baueinheiten des Ruhlaer Kristallins und des Kyffhäuser Kristallins sowie Granitoide im Untergrund des Thüringer Beckens auf (Kap. 4.1.3.3). In Thüringen wurden insgesamt 69 Einheiten als potenziell geeignet eingestuft, welche sämtlich der Mitteldeutschen Kristallizinzone zuzuordnen sind und sich räumlich konkret eingrenzen lassen.

Die weitere Bearbeitung der Mindestanforderungen hätte aus Sicht des TLUBN von den inventarisierten Einheiten ausgehen müssen. Dies hätte zum Beispiel dergestalt geschehen können, dass man die oben angesprochene räumliche Eingrenzung der identifizierten Einheiten kartographisch vornimmt und im Anschluss prüft, ob nach vorhandener Datenlage die Anforderungen an Mindestmächtigkeit, Tiefe und minimalen Flächenbedarf erfüllt sind.

Stattdessen erfolgt ein scharfer inhaltlicher Bruch im Arbeitsablauf. Ohne jeden Bezug zur vorangegangenen Inventarisierung wird flächendeckend der Abstand der Oberfläche des Grundgebirges zur Geländeoberfläche bestimmt, und aus diesem Abstand werden im Anschluss die in Frage kommenden Gebiete abgeleitet (Kap. 4.5.2.1 und Kap. 4.5.2.2.1).

In einem späteren Arbeitsschritt werden die nach Tiefenlage der Grundgebirgsoberfläche errechneten Gebiete zwar noch einmal mittels Bohrdaten und thematischen Karten auf Eignung geprüft (Kap. 4.5.2.2.2 und Kap. 4.5.2.2.3). Hier wird mehrfach zumindest verbal der Bezug zur Inventarisierung her-

gestellt (BGE 2020j S. 398 ff.), indem Literaturrecherche sowie Inventarisierungsergebnisse als Argumente angeführt werden, die nach Tiefenlage der Grundgebirgsoberfläche zuvor berechneten Gebiete im Rhenoharzynikum und in der Nördlichen Phyllitzzone wieder weitestgehend zu verwerfen.

Insbesondere für das Gebiet des Saxothuringikums wird aber kein Bezug zur anfänglichen Inventarisierung hergestellt. Die BGE stellt in BGE (2020j) S. 367 ff. im Rahmen der geologischen Zusammenfassung für kristallines Grundgebirge dar, dass kristalline Einheiten auf dem Gebiet des Saxothuringikums im Erzgebirge, im Lausitzer Block sowie verdeckt im Vogtland zu erwarten sind. Keines der von der BGE benannten kristallinen Gebiete des Saxothuringikums befindet sich innerhalb der Landesfläche Thüringens. Die für Thüringen inventarisierten kristallinen Einheiten befinden sich wiederum vollständig im Bereich der Mitteldeutschen Kristallinzone. Für das TLUBN ist daher nicht ersichtlich, mit welchen Argumenten die BGE die Ausweisung des Teilgebiets Saxothuringikum in Thüringen begründet. Außerdem kann das Gesamtkonzept des von der BGE genutzten Workflows durch das TLUBN nur schwer nachvollzogen werden. Der Bezug zwischen der anfänglichen Inventarisierung und den final ausgewiesenen Gebieten wird nach Ansicht des TLUBN durch die BGE nicht klar genug herausgestellt.

4.6.6 Verschnittreste, die weder die Anforderung an den minimalen Flächenbedarf noch an den geforderten Sicherheitsabstand erfüllen

Ähnlich wie die Teilgebiete Thüringer Becken und Werra-Fulda-Becken (Kap. 4.4.9) weisen auch die beiden Teilgebiete Mitteldeutsche Kristallinzone und Saxothuringikum Verschnittreste auf, die den Anforderungen an einen Endlagerstandort aus Sicht des TLUBN nicht genügen.

Abb. 59 zeigt einen solchen Verschnittrest im Teilgebiet Mitteldeutsche Kristallinzone im Raum Mihla-Lauterbach-Bischofroda südwestlich des Hainich. Das Teilgebiet nimmt hier die Form eines schmalen Streifens an, dessen Flächeninhalt ca. 0,5 km² beträgt und damit weit unterhalb des für einen Endlagerstandort im Wirtsgestein Kristallin geforderten Flächeninhalts von 6 km² liegt. Hinzu kommt, dass durch die BGE erhöhte Anforderungen an den Sicherheitsabstand an einen Endlagerstandort im Kristallin angelegt werden. Die BGE schreibt dazu in BGE (2020j) S. 82 (Hervorhebung durch TLUBN):

„Nach dem Gutachten zum Flächenbedarf für ein Endlager für wärmeentwickelnde, hoch radioaktive Abfälle (DBE TEC 2016), wird für ein Endlager in kristallinem Wirtsgestein eine Mächtigkeit von mindestens 200 m angesetzt. Dies ergibt sich aus dem einzurechnenden Sicherheitsabstand für die Errichtung eines Endlagers, welcher sowohl als horizontaler als auch als vertikaler Sicherheitsabstand eingehalten werden muss.“

Die BGE geht bei der Ausweisung der Teilgebiete im Wirtsgestein Kristallin daher so vor, dass bei einer Suchteufe von maximal 1.500 m die Oberfläche des Kristallins höchstens 1.300 m unter Geländeoberfläche liegen darf, so dass insgesamt mindestens 200 m Sicherheitsabstand nach oben verbleiben. In der horizontalen Richtung müsste nach dem obenstehenden Zitat aus BGE (2020j) S. 82 ebenso ein Abstand von 200 m eingehalten werden, so dass die Breite einer Teilgebiets-Fläche nach Auffassung des TLUBN mindestens 400 m betragen muss. Der in Abb. 59 dargestellte Streifen des Teilgebiets Mitteldeutsche Kristallinzone ist daher zu schmal.

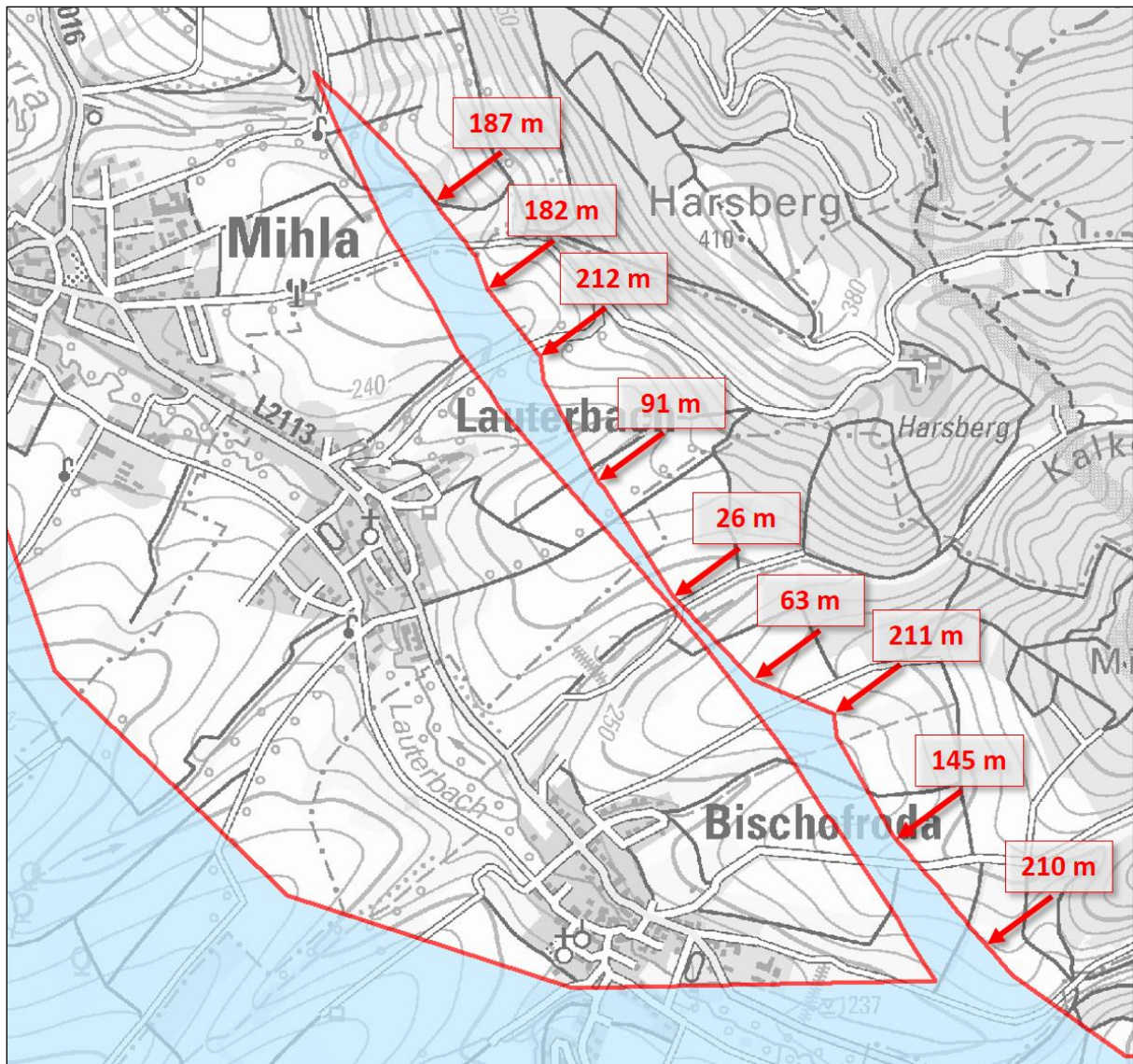


Abb. 59: Ausschnitt des Teilgebiets Mitteldeutsche Kristalline Zone (blaue Fläche) im Raum Mihla-Lauterbach-Bischofroda südwestlich des Hainich. Das Teilgebiet erstreckt sich hier als ca. 3,8 km langer Streifen mit Breiten, die im Allgemeinen deutlich unter 200 m betragen. Der Flächeninhalt des Streifens beträgt ca. 0,5 km².

In einem GIS-System können die oben beschriebenen Verschnittreste unter Nutzung der Puffer-Funktion schnell und einfach identifiziert und bereinigt werden. In Abb. 60 wurden durch das TLUBN beispielhaft die Verschnittreste im Teilgebiet Mitteldeutsche Kristalline Zone im Raum Mihla-Lauterbach-Bischofroda entfernt. Die dargestellten Flächen lassen sich wie folgt interpretieren:

- (1) Orange Fläche: Bereiche des ursprünglichen Teilgebiets, innerhalb derer für jeden Punkt ein allseitiger horizontaler Sicherheitsabstand von 200 m gewährleistet ist
- (2) Graue Fläche: Bereiche des ursprünglichen Teilgebiets, die ausschließlich einem randlichen Sicherheitsabstand von 200 m dienen
- (3) Grüne Fläche: Bereiche des ursprünglichen Teilgebiets, für die die Forderung nach einem Sicherheitsabstand von 200 m und infolgedessen ggf. die Anforderung an den minimalen Flächeninhalt verletzt ist

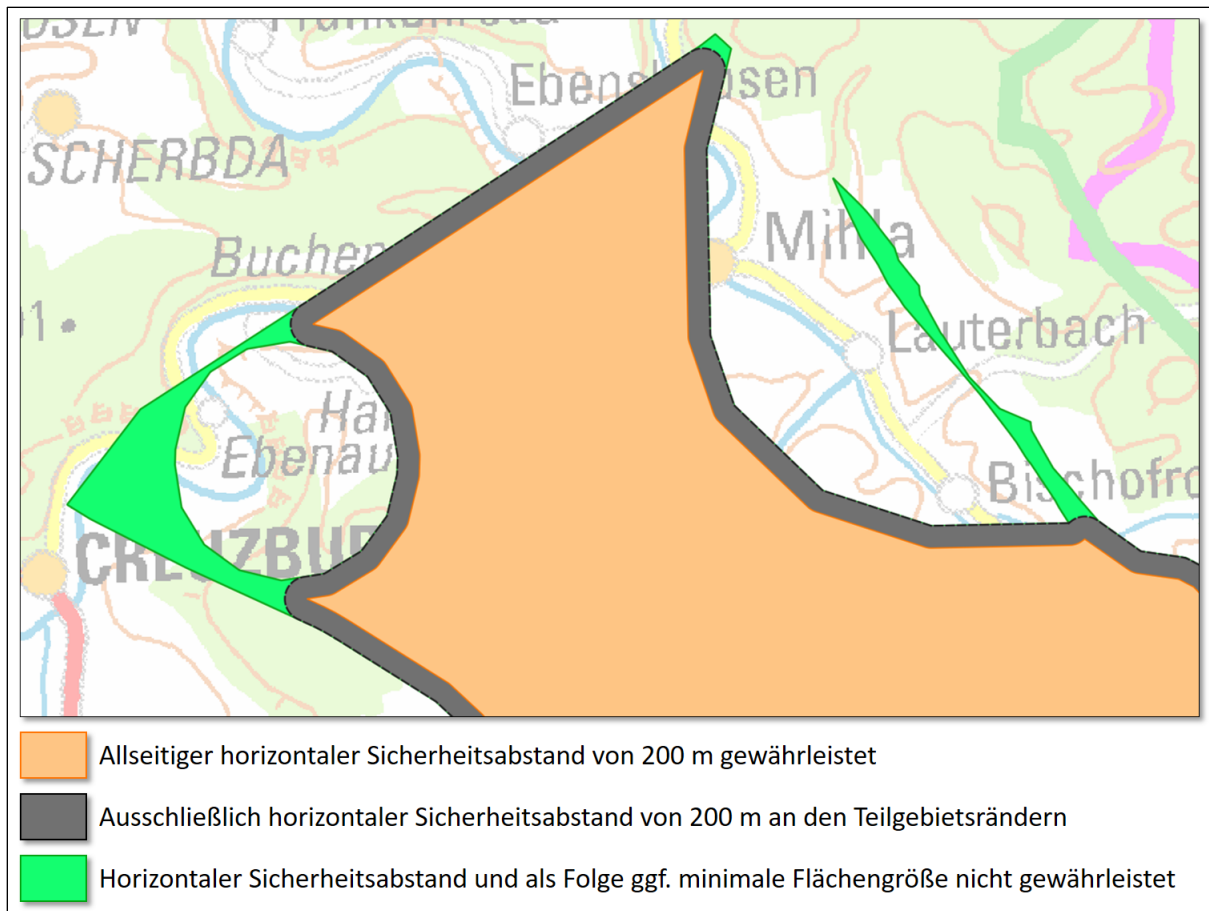


Abb. 60: Entfernen von Verschnittresten, in denen der horizontale Sicherheitsabstand von 200 m unterschritten wird, im Teilgebiet Mitteldeutsche Kristallinzone (Ausschnitt im Raum Mihla-Lauterbach-Bischofroda).

Gegenwärtig weisen alle in Thüringen ausgewiesenen Teilgebiete Verschnittreste auf. Der Flächenanteil dieser Verschnittreste an der Gesamtfläche der Teilgebiete ist zwar nicht sehr groß. Nach kurzer Durchsicht kommt das TLUBN aber zu der Einschätzung, dass sich durch das Entfernen der Verschnittreste die Gebietsbetroffenheit zumindest auf kommunaler Ebene in einem geringen Umfang ändern könnte. In jedem Fall würde ein Bereinigen der Verschnittreste zu einem deutlich glatteren Grenzverlauf der Teilgebiete führen. Die Teilgebiete wären dadurch übersichtlicher und verständlicher.

Die Puffer-Funktion ist eine Standard-Funktion in GIS-Systemen. Das Ausführen dieser Funktion nimmt nur wenige Minuten Zeit in Anspruch, so dass das Bereinigen der Teilgebiete um die Verschnittreste sehr zügig erfolgen kann. Aus Sicht des TLUBN ist daher nicht nachvollziehbar, warum die BGE eine solch einfache Möglichkeit nicht nutzt. Im gegenwärtigen Zustand erfüllen die Teilgebiete im Kristallin nach Auffassung des TLUBN die Anforderungen an den minimalen Flächeninhalt sowie den horizontalen Sicherheitsabstand von 200 m nicht vollumfänglich.

4.6.7 Fehlende fachliche Begründung für einen allseitigen Sicherheitsabstand von 200 m im Wirtsgestein Kristallin

Wie in Kap. 4.5.2.1 und 4.6.6 thematisiert, nimmt die BGE einen allseitigen horizontalen Sicherheitsabstand von 200 m für das Wirtsgestein Kristallin an (BGE 2020j, S. 82). Die BGE beruft sich dabei auf das Gutachten „Flächenbedarf für ein Endlager für wärmeentwickelnde, hoch radioaktive Abfälle“ der DBE TEC (2016). Für das TLUBN ist nach Durchsicht des Gutachtens nicht nachvollziehbar, inwieweit sich aus diesem Dokument die Forderung eines allseitigen Sicherheitsabstandes von 200 m im Wirtsgestein Kristallin ableiten lässt.

Darüber hinaus steht die Forderung nach einem Sicherheitsabstand von 200 m im direkten Widerspruch zu § 23 Abs. 5 Nr. 2 StandAG, wonach der Gebirgsbereich, der den einschlusswirksamen Gebirgsbereich aufnehmen soll, mindestens 100 m mächtig sein muss, und bei Gesteinskörpern des Wirtsgesteins Kristallin mit geringerer Mächtigkeit 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 kann.

Wie in Kap. 4.5.2.1 dargelegt, führt der nach BGE (2020j) einzuhaltende Sicherheitsabstand von 200 m dazu, dass die Grundgebirgsoberfläche maximal 1300 m unter Gelände liegen darf. Aus dem Verlauf der Grundgebirgsoberfläche werden wiederum die Grenzen der Teilgebiete im Wirtsgestein Kristallin abgeleitet. Da die fachliche Begründung für einen Sicherheitsabstand von 200 m nicht ersichtlich ist, ist die gesamte Berechnung in Frage zu stellen. Eine erneute Berechnung unter entsprechend veränderten Voraussetzungen hätte unmittelbar Einfluss auf den Verlauf aller Teilgebietsgrenzen im Wirtsgestein Kristallin.

4.6.8 Berichtsform in „Anhang 18 Länderübergreifendes Modellierprotokoll zu kristallinem Wirtsgestein“ (BGE 2020j S. 360 ff.)

In Kap. 4.2 wurde die Form des Zwischenberichts Teilgebiete und der untersetzenden Unterlagen besprochen. Das Aufteilen der Inhalte auf viele unterschiedliche Dokumente, der Mangel an verständnisfördernden Abbildungen sowie die detaillierten Darstellungen von wenig relevanten Zwischenschritten erschweren den inhaltlichen Zugang zu den behandelten Themen stark.

Als besonders schwierig wurde seitens des TLUBN Anhang 18 auf S. 360 ff. in BGE (2020j) empfunden, und hier wiederum speziell der Abschnitt 18.4. Der Anhang 18 umfasst insgesamt 51 Seiten (S. 360 bis einschließlich S. 410 in BGE 2020j). Die Seiten 370 bis 397 beinhalten den Abschnitt „Anhang 18.4 Länderübergreifende Anwendung der Mindestanforderungen § 23 StandAG“. Innerhalb dieses Abschnitts werden auffällig viele Details dargelegt, die ausschließlich BGE-intern von Relevanz sein können. Um das Problem zu verdeutlichen, wurden in Tab. 10 stichpunktartig einige Beispiele herausgegriffen.

Aufgrund der Art und Weise, wie der Abschnitt 18.4 in Anhang 18 des Dokumentes BGE (2020j) verfasst wurde, entstand im TLUBN beim Durcharbeiten des Textes der Eindruck, dass es sich bei diesem Dokument ursprünglich um eine rein interne Berichterstattung im Zuge des Austauschs von Bearbeitungsständen zwischen unterschiedlichen Arbeitsgruppen der BGE handeln könnte.

Das Ziel des Zwischenberichts Teilgebiete besteht darin, der interessierten Öffentlichkeit darzulegen, wie bei der Bearbeitung zur Ausweisung der Teilgebiete vorgegangen wurde. Durch die Fülle an irrelevanten und unverständlichen Details im Bericht wird das Erfassen der wesentlichen Inhalte und infolge dessen das Nachvollziehen der Methodik in einem hohen Maße erschwert. Nach Auffassung des TLUBN kommt daher die BGE ihrer Berichtspflicht nicht in angemessener Weise nach.

Tab. 10: Beispiele für Textpassagen aus Anhang 18 in BGE (2020j), in denen für die öffentliche Präsentation der Ergebnisse irrelevante Details ausführlich dargelegt werden.

Lokation in BGE (2020j)	Problembeschreibung	Umfang
S. 373 unten bis S. 374	es wird erläutert, dass bei einem internen Arbeitsschritt der Vektorisierung der Karte „Tiefenlage des Grundgebirges“ von Reinhold (2005) das Feld mit den Höhenangaben als Textfeld definiert wurde, in welchem Einträge mit unterschiedlichen Schreibweisen hinterlegt wurden; diese Höhenangaben wurden nun über ein neues Feld mit einem einheitlichen Bezeichnungsformat für die weitere interne Bearbeitung korrigiert	ca. 7 Zeilen Text
S. 376, dritter Absatz	es wird erläutert, dass bei einer Berechnung auf Basis der Tiefenlage der Konturlinien mit positiven anstelle von negativen Werten gerechnet wird, da ohnehin alle Konturlinien negative Höhenwerte aufweisen und somit eine positiv/negativ-Unterscheidung nicht erforderlich ist	ca. 5 Zeilen Text
S. 385, Tabelle A. 35	vollständige Auflistung der Dateibezeichnungen von Bohrmarker-Tabellen mit zugehörigen IDs; diese Bohrmarker-Tabellen sind das Ergebnis eines internen, unveröffentlichten Zwischenschritts, die IDs dienen sehr wahrscheinlich der internen Dokumentenverwaltung	ca. 1 Seite DIN A4
S. 386, obere Seitenhälfte	es wird erläutert, dass in einem internen Excel-Arbeitsdokument zu Bohrmarkern aus Schleswig-Holstein Spalten falsch beschriftet waren; diese Beschriftung wurde nun für die weitere Bearbeitung korrigiert	ca. ½ Seite DIN A4
S. 387, Tabelle A. 36 und A. 37	vollständige Auflistung der Dateibezeichnungen von unveröffentlichten Bohrmarker-Shapedateien im Zusammenhang mit dem Ergebnis eines Zwischenschrittes in Form einer „Merge“-Operation dieser Dateien, wobei auch die Ergebnisdatei nicht veröffentlicht ist	ca. 1 Seite DIN A4
S. 389 oben, Abschnitt „Reorganisation der Spaltenanordnung“	es wird erläutert, dass im Rahmen eines Zwischenschritts in einem internen unveröffentlichten Arbeitsdokument die Spalten einer Attributtabelle für die bessere Übersicht bei der weiteren internen Bearbeitung reorganisiert wurden (die Spaltenreihenfolge wurde wohl vertauscht)	ca. 4 Zeilen Text und 1 Zeile Überschrift
S. 389, Tabelle A. 38	lange Auflistung der Dateibezeichnungen von internen Eingabedaten, die mit internen Clip-Daten auf weitere interne Arbeitsdaten zugeschnitten wurden	ca. 1 Seite DIN A4
S. 396, Abschnitt „Zusammenführen (Merge) der verschiedenen Karten“	es wird erläutert, dass in internen Shapefiles der unveröffentlichten Kristallinkarten der BGR für die weitere Bearbeitung ein Feld für die Nachverfolgbarkeit der Datenquelle hinzugefügt wurde; es werden alle internen Dateibezeichnungen aufgelistet, gefolgt von der vollständigen Definition des nur für interne Zwecke neu angelegten Feldes und weiteren internen Dateibezeichnungen, unter denen die Zwischenergebnisse abgelegt wurden	ca. 1 Seite DIN A4

4.6.9 Erfüllung der Mindestanforderungen für das Wirtsgestein Kristallin nach den Ergebnissen der Validierung durch das TLUBN

§ 23 Abs. 5 Nr. 1 StandAG, Gebirgsdurchlässigkeit

Die Mindestanforderung „Gebirgsdurchlässigkeit“ bezieht sich ausdrücklich auf den einschlusswirksamen Gebirgsbereich. Je nach Endlagerkonzept kann der einschlusswirksame Gebirgsbereich durch das Kristallin, durch technische/geotechnische Barrieren oder durch überlagernde Schichten gebildet werden. Da im gegenwärtigen Detaillierungsgrad keine Differenzierung in die verschiedenen möglichen Endlagerkonzepte vorgenommen wird, wurde die Mindestanforderung „Gebirgsdurchlässigkeit“ durch die BGE im Wirtsgestein Kristallin nicht angewendet. Die von der BGE vorgetragene Argumentation erscheint dem TLUBN schlüssig.

§ 23 Abs. 5 Nr. 2 StandAG, Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Die Bearbeitung des Wirtsgesteins Kristallin durch die BGE stützt sich zu einem großen Teil auf die Tiefenlage der Oberfläche des Grundgebirges. Bei einer unteren Begrenzung des Suchraums von 1.500 m unter Geländeoberfläche darf die Oberfläche des Grundgebirges maximal 1.300 m unter der Geländeoberfläche liegen, damit die von der BGE veranschlagte Mindestmächtigkeit von 200 m erfüllt ist.

Der Workflow der BGE beinhaltet in weiten Bereichen Thüringens die Auswertung der Reinhold-Karte. Aus Sicht des TLUBN ist der Maßstab dieser Karte mit 1 : 2.000.000 zu klein, um daraus detaillierte Aussagen zur Tiefenlage des Grundgebirges abzuleiten. Außerdem weist das Vorgehen der BGE bei der Interpolation des Abstands zwischen Grundgebirgs- und Geländeoberfläche auf Basis der Konturlinien methodische Mängel auf. Damit wurde die Tiefenlage der Grundgebirgsoberfläche nicht ausreichend valide bestimmt, so dass in Folge auch die Mindestmächtigkeit von 200 m für die tieferliegenden Bereiche des Grundgebirges nicht gesichert ist.

Weiterhin ist die von der BGE veranschlagte Mindestmächtigkeit von 200 m generell in Frage zu stellen, da sie sich in direktem Widerspruch zu § 23 Abs. 5 Nr. 2 StandAG befindet und die fachliche Begründung für die abweichend vom StandAG verwendete Mindestmächtigkeit nicht ersichtlich wird.

Darüber hinaus wurden größere Gebiete ausgewiesen, innerhalb derer kein kristallines Wirtsgestein nach Definition der BGE vorkommt. In diesen Gebieten ist folglich auch nicht das Kriterium der Mindestmächtigkeit erfüllt.

Insgesamt ist daher aus Sicht des TLUBN die Mindestanforderung „Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ für die beiden Teilgebiete im Kristallin nicht erfüllt.

§ 23 Abs. 5 Nr. 3 StandAG, minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Die Oberfläche des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs muss sich laut diesem Kriterium in einer Mindestteufe von 300 m unter Geländeoberfläche befinden. Zusätzlich begrenzt die BGE den Suchraum nach unten bei 1.500 m unter Geländeoberfläche. Es muss also beurteilt werden, ob in den ausgewiesenen Teilgebieten in einer Tiefe zwischen 300 m und 1.500 m unter Geländeoberfläche kristallines Wirtsgestein ansteht. Aus Sicht des TLUBN ist dies für weite Bereiche der beiden ausgewiesenen Teilgebiete nicht erfüllt. Die BGE bezieht zwar in ihre Arbeit die Betrachtung der minimalen Teufe durch vertikales Verschieben des Digitalen Geländemodells um -300 m mit ein.

Die ausgewiesenen Gebiete des Grundgebirges beinhalten aber vor allem im Teilgebiet Saxothuringikum in weiten Bereichen innerhalb des Suchraums keinerlei kristalline Wirtsgesteine nach Definition der BGE. Die Mindestanforderung ist damit teilweise nicht erfüllt.

§ 23 Abs. 5 Nr. 4 StandAG, Fläche des Endlagers

Die BGE entfernt im Zuge der bundeslandübergreifenden Bearbeitung alle Flächenstücke < 6 km² aus den ausgewiesenen Teilgebieten. Damit wäre diese Mindestanforderung zunächst erfüllt.

Beachtet man aber nicht nur die Gesamtfläche zusammenhängender Flächenstücke, sondern zusätzlich die Geometrie der Grenzverläufe, dann wird erkennbar, dass die ausgewiesenen Teilgebiete partiell die Forderung nach dem minimalen Flächeninhalt nicht erfüllen. In Kap. 4.6.6 wurde ausgeführt, dass die Teilgebiete Verschnittreste beinhalten, die die Form schmaler Streifen annehmen, in denen der horizontale Sicherheitsabstand nicht gewährleistet ist. Außerdem sind diese schmalen Streifen quasi-isoliert vom Rest der Fläche, so dass man nach Auffassung des TLUBN den Flächeninhalt für diese

Verschnittreste separat ermitteln müsste. Darüber hinaus würden durch ein Entfernen derjenigen Bereiche, für die der horizontale Sicherheitsabstand nicht erfüllt ist, wieder neue isolierte Flächenstücke entstehen, deren Flächeninhalt $< 6 \text{ km}^2$ beträgt.

Daher ist die Mindestanforderung zur Fläche des Endlagers aus Sicht des TLUBN nicht vollumfänglich erfüllt.

§ 23 Abs. 5 Nr. 5 StandAG, Erhalt der Barrierewirkung

Nach dieser Mindestanforderung „dürfen keine Erkenntnisse oder Daten vorliegen, welche die Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs, insbesondere die Einhaltung der geowissenschaftlichen Mindestanforderungen zur Gebirgsdurchlässigkeit, Mächtigkeit und Ausdehnung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs über einen Zeitraum von einer Million Jahren zweifelhaft erscheinen lassen.“

Es wurden großflächig Gebiete ausgewiesen, in denen kristallines Wirtsgestein nach Definition der BGE nicht vorkommt. Darüber hinaus sind auch die genannten Kriterien Mächtigkeit und Ausdehnung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs nicht vollumfänglich erfüllt. Daher ist bereits jetzt die Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs innerhalb der Teilgebiete im Wirtsgestein Kristallin nicht gewährleistet. Insofern erübrigt sich auch hier, genauso wie bei den beiden Teilgebieten im stratiformen Steinsalz, die Frage nach dem langfristigen Erhalt der Barrierewirkung. Die Mindestanforderung zum Erhalt der Barrierewirkung ist nach Auffassung des TLUBN nicht erfüllt.

4.6.10 Zusammenfassung zur Validierung der Mindestanforderungen im Wirtsgestein Kristallin

Zu Beginn der Arbeiten an den Mindestanforderungen im Wirtsgestein Kristallin werden durch die BGE verschiedene lithostratigraphische Einheiten im Bereich der Mitteldeutschen Kristallinzone inventarisiert (Kap. 4.1.3.3). Mit insgesamt 69 lithostratigraphischen Einheiten werden viele Gesteine in die Inventarisierung eingeschlossen. Dies begründet sich im Vorgehen der BGE, potenziell geeignete Gesteine nicht zu früh auszuschließen. Insoweit ist das Ergebnis der Inventarisierung durch das TLUBN nachvollziehbar.

Im weiteren Verlauf der Arbeiten werden die durch das TLUBN gelieferte Datenbestände von der BGE nur sehr unzureichend berücksichtigt (Kap. 4.6.2). Die Karte „Geologischer Bau des tieferen Untergrundes“ des TLUBN, die einen guten Überblick über die zu erwartenden Verhältnisse im Grundgebirge liefert, wurde ebenso wenig verwendet wie die Digitale Geologische Karte von Thüringen im Maßstab 1 : 25.000 (GK25) mit den darin enthaltenen geologischen Profilschnitten. Für das TLUBN ist weiterhin nicht erkennbar, dass bei der Ausweisung der Teilgebiete im Wirtsgestein Kristallin auf dem Gebiet Thüringens mit Bohrdaten gearbeitet wurde. Insgesamt wurden dadurch von der BGE wesentliche Informationen als Basis für die Ausweisung der Teilgebiete nicht berücksichtigt. In der Konsequenz wurde der thüringische Anteil des Saxothuringikums als Teilgebiet ausgewiesen, obwohl hier keine kristallinen Wirtsgesteine nach Definition der BGE auftreten.

Zur Ermittlung der Tiefenlage der Grundgebirgsoberfläche verwendet die BGE aus dem 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens lediglich die Fläche Basis Permosilesium, nicht aber die Fläche Basis Zechstein (Kap. 4.6.1). Dadurch werden nur 41 % statt der möglichen 66 % der Landesfläche durch Daten aus dem 3D-Übersichtsmodell abgedeckt, was zu einer größeren Ungenauigkeit im Gesamtergebnis führt.

Der Workflow der BGE stützt sich hauptsächlich auf die Fläche Basis Permosilesium aus dem 3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens sowie auf die Auswertung der Reinhold-Karte. Hierbei sind der BGE einige methodische Fehler unterlaufen (Kap. 4.6.3). Die Karte von Reinhold ist für eine quantitative Auswertung der Tiefenlage des Grundgebirges nicht geeignet, da sie zu kleinmaßstäblich ist und

geometrische Fehler aufweist. Die Abgrenzung der regionaltektonischen Baueinheiten ist auf der Reinhold-Karte aufgrund des kleinen Maßstabs wenig detailliert und hätte ohne weitere Überprüfung und Anpassung an vorliegende Primärdaten nicht zur Abgrenzung von Teilgebieten übernommen werden dürfen. Bei der Ermittlung des Abstands zwischen der Tiefenlage des Grundgebirges und der Geländeoberfläche auf Basis der Konturlinien der Karte von Reinhold wählt die BGE einen Ansatz, der nach Analyse des TLUBN zu stark fehlerhaften Ergebnissen führt. Außerdem wurde zur Ermittlung des Abstands zwischen Grundgebirgs- und Geländeoberfläche die Basisfläche Permosilesium gemeinsam mit der Karte „Tiefenlage des Grundgebirges“ verwendet, obwohl die beiden Datensätze geometrisch nicht zusammenpassen. Einige Teilgebietsgrenzen sind als Artefakte anzusehen, da sie unmittelbar auf der Inkonsistenz der beiden Datensätze beruhen (Kap. 4.6.4).

Die fachliche Begründung für einen Sicherheitsabstand von 200 m im Wirtsgestein Kristallin für die Errichtung eines Endlagers ist nicht ersichtlich (Kap. 4.6.7). Legt man dennoch den von der BGE definierten Sicherheitsabstand zugrunde, wurde der horizontale Sicherheitsabstand für die Ausweisung von Teilgebieten im Wirtsgestein Kristallin nicht berücksichtigt. Infolgedessen wurden Flächen ausgewiesen, deren Flächeninhalt für die Anlage eines Endlagers zu klein ist (Kap. 4.6.6).

Der Workflow der BGE weist nur wenig Bezug zur vorangestellten Inventarisierung von lithostratigraphischen Einheiten im Wirtsgestein Kristallin auf (Kap. 4.6.5). Zuletzt ist die BGE nach Auffassung des TLUBN ihrer Berichtspflicht nicht in angemessener Art und Weise nachgekommen (Kap. 4.6.8), und die Veröffentlichung der verwendeten Daten wurde tlw. versäumt (Kap. 4.5.1.2).

Aus Sicht des TLUBN konnte die BGE ihre Argumente für die Ausweisung der Teilgebiete Saxothuringikum und Mitteldeutsche Kristallinzone insgesamt nicht überzeugend darlegen. Bei richtiger Zuordnung der Kristallingesteine zur Mitteldeutschen Kristallinzone entfällt zudem der thüringische Anteil am Saxothuringikum vollständig.

Das TLUBN empfiehlt daher eine Überarbeitung der Teilgebiete im Wirtsgestein Kristallin. Hierbei sollten die Mindestanforderungen unter Berücksichtigung aller vorliegenden Daten noch einmal angewendet werden.

4.7 Anwendung der Mindestanforderungen im Wirtsgestein Tongestein

Als Ergebnis der Inventarisierung werden durch die BGE für den Bereich Thüringens Tongesteine der Calvörde-Formation im Unteren Buntsandstein sowie der Weser-Formation im Mittleren Keuper als potenziell geeignet eingestuft (Kap. 4.1.3.2).

Im Zuge der bundeslandspezifischen Bearbeitung werden die Tongesteine der Calvörde-Formation als Wirtsgestein wieder verworfen, da aufgrund des hohen Gehalts an Sand- und Siltstein die Mindestanforderung der Gebirgsdurchlässigkeit als nicht erfüllt angesehen wird.

Im Anschluss an die bundeslandspezifische Bearbeitung im 3D-Modell werden die Tongesteine der Weser-Formation ebenfalls nicht weiter betrachtet, da die Mindestanforderung „Flächenbedarf“ nicht erfüllt ist.

Das TLUBN stimmt der Einschätzung der BGE in beiden Fällen zu.

5 Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG

Nach Anwendung der Ausschlusskriterien (§ 22 StandAG) und der Mindestanforderungen (§ 23 StandAG) wendet die BGE auf identifizierte Gebiete die geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG an. In diesem Arbeitsschritt werden von der BGE im Rahmen eines verbalargumentativen Abwägungsprozesses Teilgebiete ermittelt, die „günstige geologische Voraussetzungen für die sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle erwarten lassen“ (§ 13 Abs. 1 StandAG).

Als Bewertungsmaßstab dienen der BGE die in den Anlagen 1 bis 11 (zu § 24) StandAG näher beschriebenen Kriterien mit ihren dazugehörigen bewertungsrelevanten Eigenschaften, den jeweiligen Bewertungsgrößen bzw. Indikatoren und Wertungsgruppen. Die zusammenfassende Bewertung für jedes identifizierte Gebiet erfolgt im Zuge einer Abwägung der Ergebnisse zu allen Abwägungskriterien (§ 24 Abs. 1 S. 2 StandAG). Dabei ist ein einzelnes Abwägungskriterium nicht hinreichend, um die günstige geologische Gesamtsituation nachzuweisen oder auszuschließen (BGE 2020g, S. 114).

Für kristallines Wirtsgestein ist außerdem der Sonderfall zu berücksichtigen, dass in einem Gebiet zwar kein einschlusswirksamer Gebirgsbereich (ewG) ausgewiesen werden kann, es sich aber für ein wesentlich auf technischen oder geotechnischen Barrieren beruhendes Endlagersystem eignen kann. Anstelle des Kriteriums zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper (Anlage 2 zu § 24 StandAG) wird in diesem Fall das voraussichtlich zu erreichende Einschlussvermögens der technischen und geotechnischen Barrieren rechnerisch abgeleitet. Die Anwendung der weiteren geowissenschaftlichen Abwägungskriterien, die sich auf einen ewG beziehen, erfolgt in diesem Sonderfall auf den entsprechenden Einlagerungsbereich. Hierfür werden die generischen Endlagerkonzepte aus BGE (2020am) berücksichtigt (BGE 2020g, S. 113).

5.1 Datengrundlage und Methodik

Die BGE zieht zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien die bereits von den zuständigen Bundes- und Landesbehörden übermittelten Daten aus den Abfragen zu Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen heran (für Thüringen siehe Anhang E: Zusammenstellung und Kategorisierung nach GeolDG §§ 17 + 29 für Daten, die vom TLUBN (R81) im Zuge des StandAG § 12 (3) der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) bis zum 30.06.2020 übermittelt wurden). Ergänzend dazu hat die BGE am 12.08.2019 Daten zu geowissenschaftlichen Abwägungskriterien beim TLUBN abgefragt. Mit Schreiben vom 12.09.2019 hat der Geologische Landesdienst Thüringen (TLUBN Abt. 8) darauf hingewiesen, dass entsprechende Informationen, die über den bereits übermittelten Umfang hinausgehen, nur vereinzelt in analogen Berichten und Gutachten oder in Form von bisher nicht systematisch ermittelten Einzelwerten zu erwarten sind. In diesem Zuge ist der BGE die Einsichtnahme und Recherche von analogen Daten im Geologischen Landesarchiv des TLUBN angeboten worden. Bezüglich der Temperaturverhältnisse im tieferen Untergrund ist auf das Geothermie-Portal im Kartendienst des TLUBN verwiesen worden.

Aus dem Ergebnis der Datenabfragen bei den zuständigen Bundes- und Landesbehörden folgert die BGE, dass für die Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Schritt 1 der Phase 1 des Standortauswahlverfahrens nur zum Teil erforderliche Daten vorliegen. Neben den bereits für die Anwendung der Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen übermittelten bzw. zur Ermittlung von identifizierten Gebieten prozessierten Daten stützt sich die BGE daher bei der Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien auf Referenzdaten aus der Fachliteratur, sofern keine bzw. nicht ausreichende gebietsspezifische Informationen vorliegen. Die von der BGE verwendeten Referenzdaten sind in BGE (2020b) dokumentiert und stammen aus Lehrbüchern sowie Fachberichten und

wissenschaftlichen Publikationen, die im Zuge nationaler und internationaler Endlagerforschungsprojekte erarbeitet wurden.

In identifizierten Gebieten mit Steinsalz in stratiformer Lagerung werden sieben, in Gebieten mit kristallinem Wirtsgestein neun der elf geowissenschaftlichen Abwägungskriterien anhand von Referenzdaten bewertet (Tab. 11). Lediglich die Kriterien „Konfiguration der Gesteinskörper“ und „Schutz des ewG durch das Deckgebirge“ werden für alle Wirtsgesteine anhand von gebietsspezifischen Daten bewertet.

Tab. 11: Übersicht der Verwendung von Referenzdaten (R, rot markiert) und gebietsspezifischen Informationen (G, grün markiert) je geowissenschaftliches Abwägungskriterium und Wirtsgesteinskonfiguration (nach BGE 2020g, S. 119 f.)

Anlage zu § 24 StandAG	Geowissenschaftliches Abwägungskriterium	Steinsalz in steiler Lagerung	Kristallines Wirtsgestein	Stratiformes Steinsalz / Tongestein
1	Transport radioaktiver Stoffe durch Grundwasserbewegungen im ewG	R	R	R
2	Konfiguration der Gesteinskörper	G	G	G
3	Räumliche Charakterisierbarkeit	G	R	G
4	Langfristige Stabilität der günstigen Verhältnisse	R	R	G
5	Günstige gebirgsmechanische Eigenschaften	R	R	R
6	Neigung zur Bildung von Fluidwirksamkeiten	R	R	R
7	Gasbildung	R	R	R
8	Temperaturverträglichkeit	R	R	R
9	Rückhaltevermögen im ewG	R	R	R
10	Hydrochemische Verhältnisse	R	R	R
11	Schutz des ewG durch das Deckgebirge	G	G	G

Die Bewertung eines geowissenschaftlichen Abwägungskriteriums ergibt sich aus der Bewertung seiner einzelnen Indikatoren (Anlagen 1 bis 11 zu § 24 StandAG). Im Falle von Referenzdaten werden die zur Erfüllung des Kriteriums bekannten günstigen Eigenschaften des jeweiligen Wirtsgesteins zugrunde gelegt. Auf diese Weise soll gewährleistet werden, dass sich bei erneuter Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien in späteren Phasen des Standortauswahlverfahrens die Bewertung gegenüber den Ergebnissen der jetzigen Anwendung nicht mehr verbessern kann.

Die Bewertung der geologischen Gesamtsituation für jedes identifizierte Gebiet ergibt sich aus der zusammenfassenden Bewertung der einzelnen geowissenschaftlichen Abwägungskriterien. Nur identifizierte Gebiete mit einer erwartbaren günstigen geologischen Gesamtsituation werden nachfolgend als Teilgebiete ausgewiesen und verbleiben damit im Suchraum. Weder bei der Bewertung von Indikatoren und Kriterien noch bei der zusammenfassenden Bewertung der geologischen Gesamtsituation erfolgt eine räumliche Differenzierung innerhalb der identifizierten Gebiete, z.B. in „günstige“, „weniger günstige“ oder „ungünstige“ Bereiche. Jedes identifizierte Gebiet wird in seiner gesamten Ausdehnung bewertet.

In der Praxis kommt ein von der BGE entwickeltes Bewertungsmodul zum Einsatz, dessen Bedienung in der Arbeitshilfe BGE (2020a) erläutert wird. Das Modul dient der BGE neben der verbal-argumentativen Bewertung auch zur Dokumentation der einzelnen Bewertungsschritte.

5.2 Ergebnis der Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien in identifizierten Gebieten Thüringens

5.2.1 Identifizierte Gebiete Thüringens mit kristallinem Wirtsgestein

Für die identifizierten Gebiete 194_00IG_K_g_SO (kristallines Wirtsgestein im Saxothuringikum) und 193_00IG_Kg_MKZ (Kristallines Wirtsgestein – Mitteldeutsche Kristallinzonen) werden neun der elf geowissenschaftlichen Abwägungskriterien nach dem Referenzdatensatz Kristallingestein (BGE 2020b) bewertet und zwei Kriterien mit gebietsspezifischen Informationen (Tab. 11). Acht der elf Kriterien werden mit „günstig“ bewertet. Die Kriterien 6 (Neigung zur Bildung von Fluidwirksamkeiten) und 11 (Schutz des ewG durch das Deckgebirge) werden mit „bedingt günstig“ bewertet. Das Kriterium 9 (Rückhaltevermögen im ewG) wird mit „nicht günstig“ bewertet. Auffallend ist in den beiden Ergebnistabellen in BGE (2020g, S. 163 bzw. 166), dass im Unterschied zur graphischen Ergebnisdarstellung in der Begründung der zusammenfassenden Bewertung angegeben wird, dass zwei der mit Referenzdaten bewerteten Kriterien mit „nicht günstig“ bewertet werden (Abb. 61).

Die Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien durch die BGE lässt insgesamt eine „günstige“ geologische Gesamtsituation für die sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle in den beiden identifizierten Gebieten erwarten. Die beiden Gebiete werden daher als Teilgebiete 009_00TG_194_00IG_K_g_SO (Kristallines Wirtsgestein – Saxothuringikum, Kap. 2.1) und 010_00TG_193_00IG_K_g_MKZ (Kristallines Wirtsgestein – Mitteldeutsche Kristallinzonen, Kap. 2.2) ausgewiesen.

Geowissenschaftliche Abwägungskriterien (Anlagen 1 bis 11 (zu § 24) StandAG)		
<u>Ergebnis der zusammenfassenden Bewertung:</u> <u>Indikator Bewertungen:</u>		<u>Kriterium 1:</u> Bewertung des Transportes radioaktiver Stoffe durch Grundwasserbewegungen im einschlusswirksamen Gebirgsbereich (Anlage 1 (zu § 24) StandAG) <u>Kriterium 2:</u> Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper (Anlage 2 (zu § 24) StandAG) <u>Kriterium 3:</u> Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit (Anlage 3 (zu § 24) StandAG) <u>Kriterium 4:</u> Bewertung der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse (Anlage 4 (zu § 24) StandAG) <u>Kriterium 5:</u> Bewertung der günstigen gebirgsmechanischen Eigenschaften (Anlage 5 (zu § 24) StandAG) <u>Kriterium 6:</u> Bewertung der Neigung zur Bildung von Fluidwegsamkeiten (Anlage 6 (zu § 24) StandAG) <u>Kriterium 7:</u> Bewertung der Gasbildung (Anlage 7 (zu § 24) StandAG) <u>Kriterium 8:</u> Bewertung der Temperaturverträglichkeit (Anlage 8 (zu § 24) StandAG) <u>Kriterium 9:</u> Bewertung des Rückhaltevermögens im einschlusswirksamen Gebirgsbereich (Anlage 9 (zu § 24) StandAG) <u>Kriterium 10:</u> Bewertung der hydrochemischen Verhältnisse (Anlage 10 (zu § 24) StandAG) <u>Kriterium 11:</u> Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge (Anlage 11 (zu § 24) StandAG)
günstig	Kriterium 1	
günstig	Kriterium 2	
günstig	Kriterium 3	
günstig	Kriterium 4	
günstig	Kriterium 5	
bedingt günstig	Kriterium 6	
günstig	Kriterium 7	
günstig	Kriterium 8	
nicht günstig	Kriterium 9	
günstig	Kriterium 10	
bedingt günstig	Kriterium 11	
günstig bedingt günstig weniger günstig nicht günstig nicht anwendbar		
<u>Begründung der zusammenfassenden Bewertung:</u> Neun der elf Kriterien wurden nach dem Referenzdatensatz Kristallingestein (BGE 2020b) bewertet, dabei sind sieben Kriterien mit „günstig“ und zwei Kriterien mit „nicht günstig“ bewertet.		

Abb. 61: Ergebnis der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien des Teilgebietes 194_00IG_K_g_SO (Kristallines Wirtsgestein – Saxothuringikum) und 010_00TG_193_00IG_K_g_MKZ (Kristallines Wirtsgestein – Mitteldeutsche Kristallinzone), Auszug aus BGE (2020g, S. 163 bzw. 166).

5.2.2 Identifizierte Gebiete Thüringens mit Steinsalz in stratiformer Lagerung

Für die identifizierten Gebiete 197_02IG_S_f_z (Steinsalz in stratiformer Lagerung – Thüringer Becken) und 197_03IG_S_f_z (Steinsalz in stratiformer Lagerung – Werra-Fulda-Becken) werden sieben der elf geowissenschaftlichen Abwägungskriterien nach dem Referenzdatensatz Steinsalz (BGE 2020b) bewertet und vier Kriterien mit gebietsspezifischen Informationen (Tab. 11). Acht der elf Kriterien werden mit „günstig“ bewertet. Das Kriterium 11 (Schutz des ewG durch das Deckgebirge) wird mit „bedingt günstig“ bewertet. Die Kriterien 9 (Rückhaltevermögen im ewG) und 10 (Hydrochemische Verhältnisse) werden mit „nicht günstig“ bewertet.

Die Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien durch die BGE lässt insgesamt eine günstige geologische Gesamtsituation für die sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle in den beiden identifizierten Gebieten erwarten. Die beiden Gebiete werden daher als Teilgebiete 078_02TG_197_02IG_S_f_z (Steinsalz in stratiformer Lagerung – Thüringer Becken, Kap. 2.3) und 078_03TG_197_03IG_S_f_z (Steinsalz in stratiformer Lagerung – Werra-Fulda-Becken, Kap. 2.4) ausgewiesen.

Geowissenschaftliche Abwägungskriterien (Anlagen 1 bis 11 (zu § 24) StandAG)		
Ergebnis der zusammenfassenden Bewertung:		Indikator Bewertungen:
günstig	Kriterium 1	
günstig	Kriterium 2	
günstig	Kriterium 3	
günstig	Kriterium 4	
günstig	Kriterium 5	
günstig	Kriterium 6	
günstig	Kriterium 7	
günstig	Kriterium 8	
nicht günstig	Kriterium 9	
nicht günstig	Kriterium 10	
bedingt günstig	Kriterium 11	
günstig bedingt günstig weniger günstig nicht günstig nicht anwendbar		
Kriterium 1: Bewertung des Transportes radioaktiver Stoffe durch Grundwasserbewegungen im einschlusswirksamen Gebirgsbereich (Anlage 1 (zu § 24) StandAG) Kriterium 2: Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper (Anlage 2 (zu § 24) StandAG) Kriterium 3: Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit (Anlage 3 (zu § 24) StandAG) Kriterium 4: Bewertung der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse (Anlage 4 (zu § 24) StandAG) Kriterium 5: Bewertung der günstigen gebirgsmechanischen Eigenschaften (Anlage 5 (zu § 24) StandAG) Kriterium 6: Bewertung der Neigung zur Bildung von Fluidwegsamkeiten (Anlage 6 (zu § 24) StandAG) Kriterium 7: Bewertung der Gasbildung (Anlage 7 (zu § 24) StandAG) Kriterium 8: Bewertung der Temperaturverträglichkeit (Anlage 8 (zu § 24) StandAG) Kriterium 9: Bewertung des Rückhaltevermögens im einschlusswirksamen Gebirgsbereich (Anlage 9 (zu § 24) StandAG) Kriterium 10: Bewertung der hydrochemischen Verhältnisse (Anlage 10 (zu § 24) StandAG) Kriterium 11: Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge (Anlage 11 (zu § 24) StandAG)		

Abb. 62: Ergebnis der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien des Teilgebietes 078_02TG_197_02IG_S_f_z (Steinsalz in stratiformer Lagerung – Thüringer Becken) und 078_03TG_197_03IG_S_f_z (Steinsalz in stratiformer Lagerung – Werra-Fulda-Becken), Auszug aus BGE (2020g, S. 379 bzw. 382).

5.3 Validierung der Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien

5.3.1 Validierung der Datengrundlage und Methodik

Die überwiegende Charakterisierung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien mithilfe von Referenzdaten aus der Fachliteratur in BGE (2020b) sowie der Ansatz der BGE, bei der Bewertung einzelner Indikatoren die theoretisch günstigsten Eigenschaften der betrachteten Wirtsgesteine zugrunde zu legen, kann aus Sicht des TLUBN zur räumlichen Einengung der Suchräume nicht beitragen. Im Wesentlichen werden durch die BGE die Eigenschaften der betrachteten Wirtsgesteine im Hinblick auf ihre Eignung zur Endlagerung zusammengestellt und dokumentiert, wie sie auch schon durch zahlreiche Veröffentlichungen im Rahmen der Endlagerforschung nachgewiesen wurden. Die Belastbarkeit der Referenzdaten in BGE (2020b) ist dabei sehr variabel, wie auch das vom Nationalen Begleitgremium (NBG) in Auftrag gegebene Gutachten von Fusseis (2020) feststellt. Neben Referenzdaten aus Fachberichten wird auffällig häufig auf Anfängerlehrbücher verwiesen, was nach Fusseis (2020, S. 15) „die Überzeugungskraft der zugrundeliegenden ‚Literaturrecherche‘ und die vermeintliche Belastbarkeit des Dokumentes insgesamt schmälert“.

Von der BGE wird in den Begründungen der zusammenfassenden Bewertung zu den geowissenschaftlichen Abwägungskriterien ausgeführt, dass den wenigen, mit gebietsspezifischen Daten bewerteten Kriterien im Vergleich zu den Referenzdaten eine besondere Bedeutung bei der Beurteilung der geologischen Gesamtsituation in den identifizierten Gebieten zukommt. Hier stellt sich die Frage, ob eine Abwägung anhand von lediglich zwei bis maximal vier mit gebietsspezifischen Daten bewerteten Kriterien zu einer belastbaren Bewertung der geologischen Gesamtsituation in den identifizierten Gebieten führen kann. Entgegen den Bestrebungen der BGE in den vorherigen Verfahrensschritten zur Anwendung der Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen, den Suchraum in der frühen Phase der Standortauswahl vorsichtig einzugrenzen, besteht hier das Risiko, die geologische Gesamtsituation in identifizierten Gebieten auf der Basis weniger, aber stark gewichteter gebietsspezifischer Bewertungskriterien als „nicht günstig“ oder „bedingt günstig“ zu werten und damit das gesamte identifizierte Gebiet verfrüht aus dem Suchraum zu nehmen.

Aus Sicht des TLUBN wäre zudem bei mehreren, derzeit auf Basis von Referenzdaten bewerteten Kriterien die Anwendung von gebietsspezifischen Informationen durchaus möglich gewesen. Wie der BGE im Zuge der Datenanfrage zu den geowissenschaftlichen Abwägungskriterien mitgeteilt worden ist, sind im Geologischen Landesarchiv des TLUBN weitere analoge Unterlagen zu erwarten, deren Recherche und systematische Aufarbeitung allerdings mit einem hohen personellen und zeitlichen Aufwand verbunden ist. In der Zeitplanung des Standortauswahlverfahren zur Veröffentlichung des Zwischenberichts Teilgebiete konnte dieser Aufwand durch die BGE anscheinend nicht geleistet werden.

Aus den Informationen in BGE (2020g) und weiteren untersetzenden Unterlagen zum Bewertungsmodul kann die Logik und Argumentationskette der Vorgehensweise bei der Zusammenführung von Indikatorbewertungen zur Bewertung des Kriteriums sowie die Bewertung der geologischen Gesamtsituation nicht im Detail durch das TLUBN nachvollzogen und validiert werden. Die Vorgehensweise hierzu sollte von der BGE in einer gesonderten untersetzenden Unterlage zum Zwischenbericht präzisiert und das Bewertungsmodul öffentlich zugänglich gemacht werden.

5.3.2 Validierung der Anwendung in identifizierten Gebieten Thüringens mit kristallinem Wirtsgestein

Die widersprüchliche Anzahl von ein bzw. zwei „nicht günstig“ mit Referenzdaten bewerteten Kriterien in identifizierten Gebieten mit kristallinem Wirtsgestein in den Ergebnistabellen und der Begründung der zusammenfassenden Bewertung (BGE 2020g, S. 163 bzw. 166, s.a. Abb. 61) ist von der BGE zu überprüfen und mit eingehender Begründung klarzustellen. Die geologische Gesamtsituation ist ggf. neu zu bewerten.

Die gebietsspezifischen Informationen, die zur Bewertung der Kriterien 2 (Konfiguration der Gesteinskörper) und 11 (Schutz des ewG durch das Deckgebirge) herangezogen werden, sind aufgrund der Größe der identifizierten Gebiete kaum aussagekräftig. Wie in Kap. 4.6 dargelegt, wird in beiden identifizierten Gebieten die räumliche Verbreitung kristalliner Wirtsgesteine in ungeeigneter Weise ermittelt. Das im Saxothuringikum identifizierte Gebiet enthält in seiner jetzigen Ausdehnung große Bereiche ohne kristalline Wirtsgesteine. Bei korrekter Grenzziehung zur Mitteldeutschen Kristallinzone wären keine kristallinen Wirtsgesteine in dem Gebiet enthalten.

Somit können zwar grundsätzlich kristalline Wirtsgesteine in den Gebieten vorkommen, ihr Gebietsanteil und insbesondere ihre Lage im jeweiligen identifizierten Gebiet ist aber durch die Anwendung der Mindestanforderungen nicht genauer ermittelt worden. Gerade dies ist jedoch notwendige Voraussetzung für eine belastbare Bewertung der Konfiguration eines kristallinen Gesteinskörpers, da sie sich ausschließlich auf die Bewertung räumlich gesteuerter Indikatoren wie der Barrieremächtigkeit, dem Grad der Umschließung, der Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen ewG und der flächenhaften Ausdehnung des kristallinen Gesteinskörpers stützt. Gleiches gilt für das Kriterium 11: Die Ausprägung struktureller Komplikationen im Deckgebirge und die Verbreitung und Mächtigkeit erosionshemmender Gesteine über dem kristallinen Gesteinskörper lassen sich nur bewerten, wenn seine räumliche Lage und Ausdehnung in den vorherigen Verfahrensschritten hinreichend genau ermittelt worden ist.

5.3.3 Validierung der Anwendung in identifizierten Gebieten Thüringens mit Steinsalz in stratiformer Lagerung

Für die identifizierten Gebiete mit Steinsalz in stratiformer Lagerung wird der Indikator „Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich“ des Kriteriums 3 (Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit) mit „günstig“ bewertet. Diese Bewertung ist nach Auffassung des TLUBN nicht zutreffend.

Die BGE hat die bereits im Kap. 4.4.1 als falsch kritisierte Methodik des Kumulierens der Steinsalzmächtigkeiten über die gesamte Zechsteinabfolge angewendet. Darauf aufbauend, hat sie die dann nachvollziehbare Feststellung in der verbalargumentativen Bewertung des Indikators in den beiden Gebieten getroffen (BGE 2020ag, S. 1079 bzw. S. 1090 s.a. Abb. 62): „Die Variationsbreite der Gesteinseigenschaften ist erheblich, da sowohl spröde als auch duktile Gesteine vorkommen.“ In beiden Gebieten treten in der betrachteten Gesteinsabfolge des Zechsteins sowohl Salzgesteine mit duktilen als auch Ton-, Anhydrit- und Karbonatgesteine mit spröden Verformungseigenschaften auf.

Die erhebliche Variationsbreite muss daher nach Anlage 3 zu § 24 StandAG mit den drei Wertungsmöglichkeiten:

- „günstig“: gering
- „bedingt günstig“: deutlich, aber bekannt beziehungsweise zuverlässig erhebbar
- „ungünstig“: erheblich und/oder nicht zuverlässig erhebbar

eindeutig zu einer „ungünstigen“ Bewertung des Indikators führen.

Für das mit gebietsspezifischen Informationen bewertete Kriterium 3 erfolgt die Zusammenführung von Indikatoren zu seiner Bewertung unter der Vorgabe, dass der jeweils schlechteste für das betreffende Wirtsgestein berücksichtigte Indikatorwert ausschlaggebend ist (BGE 2020k, S. 57). Demzufolge ist das Kriterium 3 mit „ungünstig“ bzw. „nicht günstig“ zu bewerten. In der Konsequenz werden für die beiden identifizierten Gebiete in Thüringen mit Steinsalz in stratiformer Lagerung die Kriterien 3 (Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit), 9 (Bewertung des Rückhaltevermögens im ewG) und 10 (Bewertung der hydrochemischen Verhältnisse) als „nicht günstig“ bewertet, das Kriterium 11 (Bewertung des Schutzes des ewG durch das Deckgebirge) als „bedingt günstig“. Hieraus lässt sich

keine günstige geologische Gesamtsituation für die identifizierten Gebiete ableiten. Die Gebiete sind somit nicht als Teilgebiete auszuweisen.

5.4 Zusammenfassung zur Validierung der Anwendung der Abwägungskriterien in Thüringen

Die erstmalige Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Schritt 1 der Phase 1 stützt sich nach Auffassung des TLUBN auf keine ausreichend solide Datenbasis. Die überwiegend zur Bewertung genutzten Referenzdaten können zur räumlichen Einengung des Suchraums kaum beitragen. Gebietsspezifische Informationen liegen im Wesentlichen nur aus der vorherigen Anwendung der Mindestanforderungen vor. Weitere Informationen aus vorhandenen, analogen Datenbeständen sind im Bearbeitungszeitraum nicht durch die BGE erhoben worden. In den identifizierten Gebieten Thüringens ist die tatsächliche räumliche Verbreitung der Wirtsgesteine bereits bei der Anwendung der Mindestanforderungen deutlich überschätzt worden (Kap. 4.4.12 und Kap. 4.6.10), wodurch die Bewertungen von Indikatoren und Kriterien mit räumlichem Bezug große Unsicherheiten aufweisen.

Die von der BGE durchgeführte Bewertung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien ist für identifizierte Gebiete mit kristallinem Wirtsgestein in Thüringen widersprüchlich (Kap. 5.3.2) und muss daher mit eingehender Begründung klargestellt werden. Die geologische Gesamtsituation ist für diese identifizierten Gebiete ggf. neu zu bewerten. Im Falle identifizierter Gebiete mit Steinsalz in stratiformer Lagerung wurde das Kriterium 3 trotz korrekter verbal-argumentativer Begründung falsch bewertet (Kap. 5.3.3). Bei korrekter, d.h. ungünstiger Bewertung des Kriteriums 3 lässt sich insgesamt keine günstige geologische Gesamtsituation für die beiden identifizierten Gebiete ableiten. Sie sind somit gemäß der jetzigen Verfahrensweise der BGE nicht als Teilgebiete auszuweisen.

Grundsätzlich erscheint es dem TLUBN zweifelhaft, ob auf der derzeit vorhandenen Grundlage wenig belastbarer Referenzdaten und einiger, wenig gebietsspezifischer Daten die großräumigen identifizierten Gebiete mit Steinsalzen in stratiformer Lagerung, Tongestein und Kristallin hinsichtlich ihrer geologischen Gesamtsituation insgesamt, d.h. ohne weitere räumliche Differenzierung bewertet werden können. Letztendlich wird durch die Bewertung der geologischen Gesamtsituation aber bereits jetzt durch die BGE entschieden, ob die Gebiete aus dem Suchraum herausgenommen werden – wie z.B. zahlreiche Salzstöcke – oder als Teilgebiete im Suchraum verbleiben. Damit ist ein erhöhtes Risiko gegeben, eigentlich günstige Gebiete vorzeitig auszuschließen.

Die Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Rahmen der derzeit noch unsicheren Datenlage, des unvollständigen Aufarbeitungsstandes entsprechender gebietsspezifischer Daten sowie vor dem Hintergrund der deutlich überschätzten Größen identifizierter Gebiete erweist sich nach Auffassung des TLUBN als noch nicht praktikabel durchführbar. Das TLUBN empfiehlt daher, wie bereits in Kap. 4.4.12 und Kap. 4.6.10 dargelegt, einen Rücksprung im Verfahren hin zum Arbeitsschritt der erneuten Anwendung der Mindestanforderungen. In diesem Zuge können identifizierte Gebiete zunächst räumlich genauer eingegrenzt werden. Indem noch weitere gebietsspezifische Informationen recherchiert, aufgearbeitet und zur Bewertung herangezogen werden, könnten mit der nochmaligen Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien weitaus genauere und belastbarere Ergebnisse zur Ausweisung der Teilgebiete erzielt werden.

Literaturverzeichnis

AkEnd (2002): Auswahlverfahren für Endlagerstandorte: Empfehlungen des AkEnd – Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte. Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe, Köln.

BGE (2020ag): Anlage 1A (zum Fachbericht Teilgebiete und Anwendung Geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG). Ergebnisse der Bewertung: Teil A (Teilgebiete). Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Zwischenbericht_Teilgebiete/Anlage_1A_zum_Fachbericht_Teilgebiete_und_Anwendung_Geowissenschaftliche_Abwaegungskriterien_gemaess_24_StandAG_Ergebnisse_der_Bewertung_Teil_A.pdf (letzter Zugriff: 04.06.2021).

BGE (2020am): Endlagerkonzepte. Überblick über grundsätzliche Rahmenbedingungen in der ersten Phase des Standortauswahlverfahrens Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, http://download.gsb.bund.de/BFE/Zwischenbericht/Ergaenzende_Unterlagen/Endlagerkonzepte_Ueberblick_Rahmenbedingungen.pdf (letzter Zugriff: 04.06.2021).

BGE (2020b): Referenzdatensätze zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Rahmen von § 13 StandAG – Grundlagen. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Methodensteckbriefe_fuer_Forum/20200506_2_Endfassung_Referenzdatensaetze_zur_Anwendung_der_geowissenschaftlichen_Abwaegungskriterien_im_Rahmen_von_13_StandAG_im_AStV_2_.pdf (letzter Zugriff: 04.06.2021).

BGE (2020g): Zwischenbericht Teilgebiete. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Zwischenbericht_Teilgebiete/Zwischenbericht_Teilgebiete_barrierefrei.pdf (letzter Zugriff: 04.06.2021).

BGE (2020ga): Karte zum Zwischenbericht Teilgebiete. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, <https://experience.arcgis.com/experience/b8ec642296ef48a19afc9759d4b757ee/> (letzter Zugriff: 04.06.2021).

BGE (2020h): Anwendung Ausschlusskriterien gemäß § 22 StandAG. Untersetzende Unterlage zum Zwischenbericht Teilgebiete. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Zwischenbericht_Teilgebiete/Anwendung_Ausschlusskriterien_gemaess_22_StandAG_Untersetzende_Unterlage_des_Zwischenberichts_Teilgebiete_Rev._001.pdf (letzter Zugriff: 04.06.2021).

BGE (2020j): Anwendung Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG. Untersetzende Unterlage zum Zwischenbericht Teilgebiete. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Zwischenbericht_Teilgebiete/Anwendung_MA_gemaess_23_StandAG_Rev._001_barrierefrei.pdf (letzter Zugriff: 04.06.2021).

BGE (2020k): Teilgebiete und Anwendung Geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG. Untersetzende Unterlage zum Zwischenbericht Teilgebiete. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Zwischenbericht_Teilgebiete/Teilgebiete_und_Anwendung_Geowissenschaftliche_Abwaegungskriterien_gemaess_24_StandAG_Untersetzende_Unterlage_zum_Zwischenbericht_Teilgebiete_.pdf (letzter Zugriff: 04.06.2021).

BGE (2020I): Datenbericht Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG und geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG. Untersetzende Unterlage zum Zwischenbericht Teilgebiete. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH

Teil 1 von 4: https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Zwischenbericht_Teilgebiete/Datenbericht_Teil_1_von_4_MA_und_geoWK_barrierefrei.pdf (letzter Zugriff: 04.06.2021).

Teil 2 von 4: https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Zwischenbericht_Teilgebiete/Datenbericht_Teil_2_von_4_MA_und_geoWK_barrierefrei.pdf (letzter Zugriff: 04.06.2021).

Teil 3 von 4: https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Zwischenbericht_Teilgebiete/Datenbericht_Teil_3_von_4_MA_und_geoWK_Datenstand_20210120_barrierearm.pdf (letzter Zugriff: 04.06.2021).

Teil 4 von 4: https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Zwischenbericht_Teilgebiete/Datenbericht_Teil_4_von_4_MA_und_geoWK_barrierefrei.pdf (letzter Zugriff: 04.06.2021).

BGR (1919): Geologische Übersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:250.000 (GÜK250). 1:250.000. 2. Aufl. Hannover: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR).

DBE TEC (2016): Gutachten - Flächenbedarf für ein Endlager für wärmeentwickelnde, hoch radioaktive Abfälle. K-MAT 58. Peine: DBE Technology GmbH.

EinwirkungsBergV: Einwirkungsbereichs-Bergverordnung vom 11. November 1982 (BGBl. I S. 1553, 1558), die zuletzt durch Artikel 3 der Verordnung vom 18. Oktober 2017 (BGBl. I S. 3584) geändert worden ist.

Eskola, P. (1915): On the relations between the chemical and mineralogical composition in the metamorphic rocks of the Orijarvi region. - Comm. geol. Finlande Bull., 44: S. 109-145.

Füchtbauer, H. (1988): Sedimente und Sedimentgesteine. 4. Aufl., Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. ISBN 3-510-65138-3.

Fusseis, F. (2020): Gutachten über die Ergebnisse der Akteneinsicht bei der BGE zur Anwendung der §§ 22-24 Standortauswahlgesetz für Standorte mit Wirtsgestein Kristallin, https://www.nationales-begleit-gremium.de/SharedDocs/Downloads/DE/Downloads_Gutachten/Gutachten_Kristallin_8_12_2020.pdf?__blob=publicationFile&v=6 (letzter Zugriff: 04.06.2021).

Grubenmann, U. (1904): Die kristallinen Schiefer. Berlin: Borntraeger.

Grünthal, G. (1998): European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98). Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie Report 15. Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie. Luxembourg. ISBN 2879770084.

Grünthal, G., Stromeyer, D., Bosse, C., Cotton, F. & Bindi, D. (2018): Neueinschätzung der Erdbebengefährdung Deutschlands - Version 2016 - für DIN EN 1998-1/NA. Bautechnik, Bd. 95, S. 371-384. ISSN 09328351. DOI: 10.1002/bate.201700098.

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

Jähne-Klingberg, F., Stück, H., Bebiolka, A., Bense, F. & Stark, L. (2019): Prognosemöglichkeiten von großräumigen Vertikalbewegungen für Deutschland. Abschlussbericht. Hannover: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR).

Jungmann O., & Beer, W. (2004): Neukartierung des Salzhanges im thüringischen Werra-Kaligebiet anhand reflexionsseismischer Tiefenprofile und Tiefenbohrungen. Kassel: K+S Aktiengesellschaft.

LBEG (2015): Symbolschlüssel Geologie. 4. Aufl., Hannover: Hrsg. vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie in Zusammenarbeit mit den beteiligten Staatlichen Geologischen Diensten der Bundesrepublik Deutschland.

Liu, W., Völkner, E., Popp, T. & Minkley, W. (2017): Zusammenstellung der Materialparameter für THM-Modellberechnungen – Ergebnisse aus dem Vorhaben KOSINA. Hannover: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR).

May, F. (2019): Möglichkeiten der Prognose zukünftiger vulkanischer Aktivität in Deutschland. Kurzbericht. Hannover: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR).

Okrusch, M. & Matthes, S. (2014): Mineralogie - Eine Einführung in die spezielle Mineralogie, Petrologie und Lagerstättenkunde. 9. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum. ISBN 978-3-642-34660-6.

Paul, J. & Heggemann, H. & Hug-Diegel, N. (2020): Einführung in die Stratigraphie des Zechsteins. – In: DSK (2020): Deutsche Stratigraphische Kommission (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland XII, Zechstein. – Schriftenr. Dt.Ges. Geowiss., 89: 648 S.; Hannover. – [Koordination: J. Paul & H. Heggemann]. ISBN 978-3-510-49241-1.

Reinhold, K. (2005): F+E Endlagerung - Tiefenlage der Kristallin-Oberfläche in Deutschland. Abschlussbericht. Berlin: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.

Rösler, H. J. (1981): Lehrbuch der Mineralogie. 2. Aufl., Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie.

Seidel, G. (2003): Geologie von Thüringen. 2. Aufl., Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. ISBN 3-510-65205-3.

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

Stolle, E., Döhner, Ch. (1970): Zur petrographischen Nomenklatur der Salzgesteine. Berlin: Ber. Deutsch. Ges. geol. Wiss. A Geol. Paläont., Bd. 14, H. 4, S. 481-493.

TLUG (2002): Geologische Übersichtskarte von Thüringen, 1:200.000. Jena: Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie.

TLUG (2014): Geologisches 3DModell „Thüringer Becken“ (WMS Dienst). [Online-Ressource]: Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, <http://nibis.lbeg.de/cardoMap3/?th=1411> (letzter Zugriff: 04.06.2021).

Ziegler (1989): North German Zechstein facies patterns in relation to their substrate. Geologische Rundschau, 78, S. 105-127.

Anhang

In den Anhängen A bis D sind Thüringer Landkreise / Städte bzw. Gemeinden gelistet, deren Flächen von den jeweiligen Teilgebieten berührt werden. Die räumliche Abfrage wurde anhand der von der BGE mit dem Zwischenbericht Teilgebiete veröffentlichen Vektordaten zu den Teilgebieten und den Kommunalgrenzen Thüringens aus dem Jahre 2019 durchgeführt.

Anhang A: Betroffene Gemeinden: Teilgebiet 009_00TG_194_00IG_K_g_SO (Kristallines Wirtsgestein – Saxothuringikum)

lfd. Nr.	Landkreis / Stadt	Gemeinde	GKZ
1	Gera	Gera	16052000
2	Jena	Jena	16053000
3	Suhl	Suhl	16054000
4	Weimar	Weimar	16055000
5	Schmalkalden-Meiningen	Dillstädt	16066016
6	Schmalkalden-Meiningen	Schwarza	16066065
7	Schmalkalden-Meiningen	Zella-Mehlis	16066092
8	Hildburghausen	Ahlstädt	16069001
9	Hildburghausen	Bischofrod	16069004
10	Hildburghausen	Brünn/ Thür.	16069006
11	Hildburghausen	Ehrenberg	16069009
12	Hildburghausen	Eichenberg	16069011
13	Hildburghausen	Eisfeld	16069012
14	Hildburghausen	Grub	16069017
15	Hildburghausen	Hildburghausen	16069024
16	Hildburghausen	Kloster Veßra	16069025
17	Hildburghausen	Lengfeld	16069026
18	Hildburghausen	Marisfeld	16069028
19	Hildburghausen	Oberstadt	16069035
20	Hildburghausen	Schleusegrund	16069042
21	Hildburghausen	Schleusingen	16069043
22	Hildburghausen	Schmeheim	16069044
23	Hildburghausen	Straufhain	16069049
24	Hildburghausen	Themar	16069051
25	Hildburghausen	Veilsdorf	16069053
26	Hildburghausen	Auengrund	16069058
27	Ilmkreis	Alkersleben	16070001
28	Ilmkreis	Arnstadt	16070004
29	Ilmkreis	Bösleben-Wüllersleben	16070006
30	Ilmkreis	Dornheim	16070008
31	Ilmkreis	Elleben	16070012
32	Ilmkreis	Elxleben	16070013
33	Ilmkreis	Amt Wachsenburg	16070028

lfd. Nr.	Landkreis / Stadt	Gemeinde	GKZ
34	Ilmkreis	Ilmenau	16070029
35	Ilmkreis	Osthausen-Wülfershausen	16070041
36	Ilmkreis	Stadtilm	16070048
37	Ilmkreis	Witzleben	16070054
38	Ilmkreis	Großbreitenbach	16070058
39	Weimarer Land	Apolda	16071001
40	Weimarer Land	Bad Berka	16071003
41	Weimarer Land	Bad Sulza	16071004
42	Weimarer Land	Blankenhain	16071008
43	Weimarer Land	Buchfart	16071009
44	Weimarer Land	Döbritschen	16071013
45	Weimarer Land	Frankendorf	16071019
46	Weimarer Land	Großheringen	16071022
47	Weimarer Land	Großschwabhausen	16071025
48	Weimarer Land	Hammerstedt	16071027
49	Weimarer Land	Hetschburg	16071031
50	Weimarer Land	Hohenfelden	16071032
51	Weimarer Land	Kapellendorf	16071037
52	Weimarer Land	Kiliansroda	16071038
53	Weimarer Land	Kleinschwabhausen	16071042
54	Weimarer Land	Klettbach	16071043
55	Weimarer Land	Kranichfeld	16071046
56	Weimarer Land	Lehnstedt	16071049
57	Weimarer Land	Magdala	16071053
58	Weimarer Land	Mechelroda	16071055
59	Weimarer Land	Mellingen	16071056
60	Weimarer Land	Nauendorf	16071059
61	Weimarer Land	Niedertrebra	16071064
62	Weimarer Land	Obertrebra	16071069
63	Weimarer Land	Oettern	16071071
64	Weimarer Land	Rittersdorf	16071079
65	Weimarer Land	Schmiedehausen	16071083
66	Weimarer Land	Tonndorf	16071087
67	Weimarer Land	Umpferstedt	16071089
68	Weimarer Land	Vollersroda	16071093
69	Weimarer Land	Grammetal	16071103
70	Sonneberg	Schalkau	16072015
71	Sonneberg	Frankenblick	16072023
72	Sonneberg	Föritzal	16072024
73	Saalfeld-Rudolstadt	Bad Blankenburg	16073005
74	Saalfeld-Rudolstadt	Rudolstadt	16073076
75	Saalfeld-Rudolstadt	Saalfeld/ Saale	16073077
76	Saalfeld-Rudolstadt	Uhlstädt-Kirchhasel	16073109
77	Saalfeld-Rudolstadt	Unterwellenborn	16073111

lfd. Nr.	Landkreis / Stadt	Gemeinde	GKZ
78	Saalfeld-Rudolstadt	Königsee	16073112
79	Saale-Holzland-Kreis	Albersdorf	16074001
80	Saale-Holzland-Kreis	Altenberga	16074002
81	Saale-Holzland-Kreis	Bad Klosterlausnitz	16074003
82	Saale-Holzland-Kreis	Bibra	16074004
83	Saale-Holzland-Kreis	Bobeck	16074005
84	Saale-Holzland-Kreis	Bremsnitz	16074007
85	Saale-Holzland-Kreis	Bucha	16074008
86	Saale-Holzland-Kreis	Bürgel	16074009
87	Saale-Holzland-Kreis	Dornburg-Camburg	16074011
88	Saale-Holzland-Kreis	Crossen/Elster	16074012
89	Saale-Holzland-Kreis	Eichenberg	16074016
90	Saale-Holzland-Kreis	Eineborn	16074017
91	Saale-Holzland-Kreis	Eisenberg	16074018
92	Saale-Holzland-Kreis	Frauenprießnitz	16074019
93	Saale-Holzland-Kreis	Freienorla	16074021
94	Saale-Holzland-Kreis	Geisenhain	16074022
95	Saale-Holzland-Kreis	Gneus	16074024
96	Saale-Holzland-Kreis	Golmsdorf	16074026
97	Saale-Holzland-Kreis	Graitschen b.B.	16074028
98	Saale-Holzland-Kreis	Großbockedra	16074029
99	Saale-Holzland-Kreis	Großeutersdorf	16074031
100	Saale-Holzland-Kreis	Großlöbichau	16074032
101	Saale-Holzland-Kreis	Großpütschütz	16074033
102	Saale-Holzland-Kreis	Gumperda	16074034
103	Saale-Holzland-Kreis	Hainichen	16074036
104	Saale-Holzland-Kreis	Hainspitz	16074037
105	Saale-Holzland-Kreis	Hartmannsdorf	16074038
106	Saale-Holzland-Kreis	Heideland	16074039
107	Saale-Holzland-Kreis	Hermisdorf	16074041
108	Saale-Holzland-Kreis	Hummelshain	16074042
109	Saale-Holzland-Kreis	Jenalöbnitz	16074043
110	Saale-Holzland-Kreis	Kahla	16074044
111	Saale-Holzland-Kreis	Karlsdorf	16074045
112	Saale-Holzland-Kreis	Kleinbockedra	16074046
113	Saale-Holzland-Kreis	Kleinebersdorf	16074047
114	Saale-Holzland-Kreis	Kleineutersdorf	16074048
115	Saale-Holzland-Kreis	Laasdorf	16074049
116	Saale-Holzland-Kreis	Lehesten	16074051
117	Saale-Holzland-Kreis	Lindig	16074052
118	Saale-Holzland-Kreis	Lippersdorf-Erdmannsdorf	16074053
119	Saale-Holzland-Kreis	Löberschütz	16074054
120	Saale-Holzland-Kreis	Mertendorf	16074055
121	Saale-Holzland-Kreis	Meusebach	16074056

lfd. Nr.	Landkreis / Stadt	Gemeinde	GKZ
122	Saale-Holzland-Kreis	Milda	16074057
123	Saale-Holzland-Kreis	Möckern	16074058
124	Saale-Holzland-Kreis	Mörsdorf	16074059
125	Saale-Holzland-Kreis	Nausnitz	16074061
126	Saale-Holzland-Kreis	Neuengönna	16074063
127	Saale-Holzland-Kreis	Oberbodnitz	16074064
128	Saale-Holzland-Kreis	Orlamünde	16074065
129	Saale-Holzland-Kreis	Ottendorf	16074066
130	Saale-Holzland-Kreis	Petersberg	16074067
131	Saale-Holzland-Kreis	Poxdorf	16074068
132	Saale-Holzland-Kreis	Rattelsdorf	16074071
133	Saale-Holzland-Kreis	Rauda	16074072
134	Saale-Holzland-Kreis	Rauschwitz	16074073
135	Saale-Holzland-Kreis	Rausdorf	16074074
136	Saale-Holzland-Kreis	Reichenbach	16074075
137	Saale-Holzland-Kreis	Reinstädt	16074076
138	Saale-Holzland-Kreis	Renthendorf	16074077
139	Saale-Holzland-Kreis	Rothenstein	16074079
140	Saale-Holzland-Kreis	Ruttersdorf-Lotschen	16074081
141	Saale-Holzland-Kreis	Scheiditz	16074082
142	Saale-Holzland-Kreis	Schleifreisen	16074084
143	Saale-Holzland-Kreis	Schlöben	16074085
144	Saale-Holzland-Kreis	Schöngleina	16074086
145	Saale-Holzland-Kreis	Schöps	16074087
146	Saale-Holzland-Kreis	Seitenroda	16074089
147	Saale-Holzland-Kreis	Serba	16074091
148	Saale-Holzland-Kreis	Silbitz	16074092
149	Saale-Holzland-Kreis	St.Gangloff	16074093
150	Saale-Holzland-Kreis	Stadtroda	16074094
151	Saale-Holzland-Kreis	Sulza	16074095
152	Saale-Holzland-Kreis	Tautenburg	16074096
153	Saale-Holzland-Kreis	Tautendorf	16074097
154	Saale-Holzland-Kreis	Tautenhain	16074098
155	Saale-Holzland-Kreis	Thierschneck	16074099
156	Saale-Holzland-Kreis	Tissa	16074101
157	Saale-Holzland-Kreis	Trockenborn-Wolfersdorf	16074102
158	Saale-Holzland-Kreis	Tröbnitz	16074103
159	Saale-Holzland-Kreis	Unterbodnitz	16074104
160	Saale-Holzland-Kreis	Waldeck	16074105
161	Saale-Holzland-Kreis	Walpernhain	16074106
162	Saale-Holzland-Kreis	Waltersdorf	16074107
163	Saale-Holzland-Kreis	Weißbach	16074108
164	Saale-Holzland-Kreis	Weißenborn	16074109
165	Saale-Holzland-Kreis	Wichmar	16074112

lfd. Nr.	Landkreis / Stadt	Gemeinde	GKZ
166	Saale-Holzland-Kreis	Zimmern	16074113
167	Saale-Holzland-Kreis	Zöllnitz	16074114
168	Saale-Holzland-Kreis	Schkölen	16074116
169	Saale-Orla-Kreis	Bodelwitz	16075006
170	Saale-Orla-Kreis	Döbritz	16075016
171	Saale-Orla-Kreis	Dreitzsch	16075019
172	Saale-Orla-Kreis	Geroda	16075029
173	Saale-Orla-Kreis	Gertewitz	16075031
174	Saale-Orla-Kreis	Kospoda	16075051
175	Saale-Orla-Kreis	Langenorla	16075054
176	Saale-Orla-Kreis	Lausnitz b.N./O.	16075056
177	Saale-Orla-Kreis	Lemnitz	16075057
178	Saale-Orla-Kreis	Miesitz	16075065
179	Saale-Orla-Kreis	Mittelpölnitz	16075066
180	Saale-Orla-Kreis	Neustadt/Orla	16075073
181	Saale-Orla-Kreis	Nimritz	16075074
182	Saale-Orla-Kreis	Oberoppurg	16075075
183	Saale-Orla-Kreis	Oppurg	16075077
184	Saale-Orla-Kreis	Pößneck	16075085
185	Saale-Orla-Kreis	Ranis	16075088
186	Saale-Orla-Kreis	Rosendorf	16075093
187	Saale-Orla-Kreis	Schmieritz	16075099
188	Saale-Orla-Kreis	Seisla	16075103
189	Saale-Orla-Kreis	Solkwitz	16075105
190	Saale-Orla-Kreis	Tömmelsdorf	16075114
191	Saale-Orla-Kreis	Triptis	16075116
192	Saale-Orla-Kreis	Weira	16075121
193	Saale-Orla-Kreis	Wernburg	16075124
194	Saale-Orla-Kreis	Wilhelmsdorf	16075125
195	Saale-Orla-Kreis	Krölpa	16075129
196	Greiz	Bad Köstritz	16076003
197	Greiz	Bethenhausen	16076006
198	Greiz	Bocka	16076007
199	Greiz	Brahmenau	16076008
200	Greiz	Caaschwitz	16076012
201	Greiz	Crimla	16076014
202	Greiz	Großenstein	16076023
203	Greiz	Hartmannsdorf	16076026
204	Greiz	Hirschfeld	16076028
205	Greiz	Hundhaupten	16076033
206	Greiz	Korbußen	16076036
207	Greiz	Lederhose	16076042
208	Greiz	Lindenkreuz	16076044
209	Greiz	Münchenbernsdorf	16076049

lfd. Nr.	Landkreis / Stadt	Gemeinde	GKZ
210	Greiz	Pölzig	16076058
211	Greiz	Reichstädt	16076059
212	Greiz	Ronneburg	16076061
213	Greiz	Saara	16076064
214	Greiz	Schwaara	16076067
215	Greiz	Schwarzbach	16076068
216	Greiz	Weida	16076079
217	Greiz	Wünschendorf/Elster	16076084
218	Greiz	Zedlitz	16076086
219	Greiz	Harth-Pöllnitz	16076088
220	Greiz	Kraftsdorf	16076089
221	Greiz	Auma-Weidatal	16076092
222	Greiz	Mohlsdorf-Teichwolframsdorf	16076093
223	Altenburger Land	Altenburg	16077001
224	Altenburger Land	Dobitschen	16077003
225	Altenburger Land	Fockendorf	16077005
226	Altenburger Land	Gerstenberg	16077007
227	Altenburger Land	Göhren	16077008
228	Altenburger Land	Göllnitz	16077009
229	Altenburger Land	Gößnitz	16077012
230	Altenburger Land	Haselbach	16077015
231	Altenburger Land	Heyersdorf	16077017
232	Altenburger Land	Kriebitzsch	16077022
233	Altenburger Land	Langenleuba-Niederhain	16077023
234	Altenburger Land	Löbichau	16077026
235	Altenburger Land	Lödla	16077027
236	Altenburger Land	Lucka	16077028
237	Altenburger Land	Mehna	16077031
238	Altenburger Land	Meuselwitz	16077032
239	Altenburger Land	Monstab	16077034
240	Altenburger Land	Nobitz	16077036
241	Altenburger Land	Ponitz	16077039
242	Altenburger Land	Rositz	16077042
243	Altenburger Land	Schmölln	16077043
244	Altenburger Land	Starkenbergr	16077044
245	Altenburger Land	Treben	16077048
246	Altenburger Land	Windischleuba	16077052

Anhang B: Betroffene Gemeinden: Teilgebiet 010_00TG_193_00IG_K_g_MKZ (Kristallines Wirtsgestein – Mitteldeutsche Kristallinzone)

lfd Nr.	Landkreis / Stadt	Gemeinde	GKZ
1	Suhl	Suhl	16054000
2	Weimar	Weimar	16055000
3	Eisenach	Eisenach	16056000
4	Wartburgkreis	Bad Salzungen	16063003
5	Wartburgkreis	Barchfeld-Immelsborn	16063004
6	Wartburgkreis	Berka v.d.H.	16063006
7	Wartburgkreis	Bischofroda	16063008
8	Wartburgkreis	Dernbach	16063015
9	Wartburgkreis	Empfertshausen	16063023
10	Wartburgkreis	Geisa	16063032
11	Wartburgkreis	Gerstengrund	16063033
12	Wartburgkreis	Krauthausen	16063046
13	Wartburgkreis	Lauterbach	16063049
14	Wartburgkreis	Leimbach	16063051
15	Wartburgkreis	Nazza	16063058
16	Wartburgkreis	Oechsen	16063062
17	Wartburgkreis	Ruhla	16063066
18	Wartburgkreis	Schleiden	16063068
19	Wartburgkreis	Seebach	16063071
20	Wartburgkreis	Weilar	16063084
21	Wartburgkreis	Wiesenthal	16063086
22	Wartburgkreis	Wutha-Farnroda	16063092
23	Wartburgkreis	Moorgrund	16063094
24	Wartburgkreis	Gerstungen	16063097
25	Wartburgkreis	Hörselberg-Hainich	16063098
26	Wartburgkreis	Bad Liebenstein	16063099
27	Wartburgkreis	Amt Creuzburg	16063104
28	Unstrut-Hainich-Kreis	Bad Langensalza	16064003
29	Unstrut-Hainich-Kreis	Unstrut-Hainich	16064076
30	Kyffhäuserkreis	Bad Frankenhausen	16065003
31	Kyffhäuserkreis	Borxleben	16065008
32	Kyffhäuserkreis	Gehofen	16065019
33	Kyffhäuserkreis	Kalbsrieth	16065042
34	Kyffhäuserkreis	Mönchpiffel-Nikolausrieth	16065046
35	Kyffhäuserkreis	Oberheldungen	16065052
36	Kyffhäuserkreis	Reinsdorf	16065056
37	Kyffhäuserkreis	Sondershausen	16065067
38	Kyffhäuserkreis	Kyffhäuserland	16065085
39	Kyffhäuserkreis	Artern	16065086
40	Kyffhäuserkreis	Roßleben-Wiehe	16065087
41	Kyffhäuserkreis	An der Schmücke	16065088

lfd Nr.	Landkreis / Stadt	Gemeinde	GKZ
42	Schmalkalden-Meiningen	Birx	16066012
43	Schmalkalden-Meiningen	Breitungen/ Werra	16066013
44	Schmalkalden-Meiningen	Christes	16066015
45	Schmalkalden-Meiningen	Dillstädt	16066016
46	Schmalkalden-Meiningen	Erbenhausen	16066019
47	Schmalkalden-Meiningen	Fambach	16066022
48	Schmalkalden-Meiningen	Floh-Seligenthal	16066023
49	Schmalkalden-Meiningen	Frankenheim/Rh.	16066024
50	Schmalkalden-Meiningen	Friedelshausen	16066025
51	Schmalkalden-Meiningen	Kühndorf	16066038
52	Schmalkalden-Meiningen	Mehmels	16066041
53	Schmalkalden-Meiningen	Meiningen	16066042
54	Schmalkalden-Meiningen	Oberhof	16066047
55	Schmalkalden-Meiningen	Oberweid	16066052
56	Schmalkalden-Meiningen	Rippershausen	16066056
57	Schmalkalden-Meiningen	Rosa	16066059
58	Schmalkalden-Meiningen	Roßdorf	16066061
59	Schmalkalden-Meiningen	Schmalkalden	16066063
60	Schmalkalden-Meiningen	Schwallungen	16066064
61	Schmalkalden-Meiningen	Schwarza	16066065
62	Schmalkalden-Meiningen	Steinbach-Hallenberg	16066069
63	Schmalkalden-Meiningen	Brotterode-Trusetal	16066074
64	Schmalkalden-Meiningen	Wasungen	16066086
65	Schmalkalden-Meiningen	Zella-Mehlis	16066092
66	Schmalkalden-Meiningen	Rhönblick	16066093
67	Schmalkalden-Meiningen	Kaltennordheim	16066095
68	Gotha	Friedrichroda	16067019
69	Gotha	Luisenthal	16067044
70	Gotha	Ohrdruf	16067053
71	Gotha	Sonneborn	16067063
72	Gotha	Bad Tabarz	16067064
73	Gotha	Tambach-Dietharz/Th.W.	16067065
74	Gotha	Tonna	16067067
75	Gotha	Waltershausen	16067072
76	Gotha	Hörsel	16067088
77	Gotha	Nessetal	16067091
78	Gotha	Georgenthal	16067092
79	Sömmerda	Kölleda	16068034
80	Hildburghausen	Schleusingen	16069043
81	Ilmkreis	Arnstadt	16070004
82	Ilmkreis	Bösleben-Wüllersleben	16070006
83	Ilmkreis	Elgersburg	16070011
84	Ilmkreis	Ilmenau	16070029
85	Ilmkreis	Martinroda	16070034
86	Ilmkreis	Plaue	16070043

lfd Nr.	Landkreis / Stadt	Gemeinde	GKZ
87	Ilmkreis	Stadtilm	16070048
88	Ilmkreis	Geratal	16070057
89	Weimarer Land	Apolda	16071001
90	Weimarer Land	Bad Sulza	16071004
91	Weimarer Land	Eberstedt	16071015
92	Weimarer Land	Frankendorf	16071019
93	Weimarer Land	Kapellendorf	16071037
94	Weimarer Land	Mellingen	16071056
95	Weimarer Land	Niedertrebra	16071064
96	Weimarer Land	Obertrebra	16071069
97	Weimarer Land	Umpferstedt	16071089
98	Weimarer Land	Wiegendorf	16071095
99	Weimarer Land	Ilmtal-Weinstraße	16071101

Anhang C: Betroffene Gemeinden: Teilgebiet 078_02TG_197_02IG_S_f_z (Steinsalz in stratiformer Lagerung – Thüringer Becken)

Ifd. Nr.	Landkreis / Stadt	Gemeinde	GKZ
1	Erfurt	Erfurt	16051000
2	Jena	Jena	16053000
3	Weimar	Weimar	16055000
4	Eichsfeld	Arenshausen	16061001
5	Eichsfeld	Birkenfelde	16061007
6	Eichsfeld	Brehme	16061015
7	Eichsfeld	Breitenworbis	16061017
8	Eichsfeld	Büttstedt	16061018
9	Eichsfeld	Buhla	16061019
10	Eichsfeld	Burgwalde	16061021
11	Eichsfeld	Dieterode	16061023
12	Eichsfeld	Dietzenrode-Vatterode	16061024
13	Eichsfeld	Ecklingerode	16061026
14	Eichsfeld	Effelder	16061027
15	Eichsfeld	Eichstruth	16061028
16	Eichsfeld	Ferna	16061031
17	Eichsfeld	Freienhagen	16061032
18	Eichsfeld	Fretterode	16061033
19	Eichsfeld	Geisleden	16061034
20	Eichsfeld	Gernrode	16061037
21	Eichsfeld	Großbartloff	16061041
22	Eichsfeld	Haynrode	16061044
23	Eichsfeld	Heiligenstadt	16061045
24	Eichsfeld	Heuthen	16061047
25	Eichsfeld	Hohengandern	16061048
26	Eichsfeld	Hohes Kreuz	16061049
27	Eichsfeld	Kirchgandern	16061057
28	Eichsfeld	Kirchworbis	16061058
29	Eichsfeld	Krombach	16061062
30	Eichsfeld	Küllstedt	16061063
31	Eichsfeld	Lenterode	16061065
32	Eichsfeld	Lutter	16061067
33	Eichsfeld	Mackenrode	16061068
34	Eichsfeld	Marth	16061069
35	Eichsfeld	Niederorschel	16061074
36	Eichsfeld	Röhrig	16061077
37	Eichsfeld	Rohrberg	16061078
38	Eichsfeld	Rustenfelde	16061082
39	Eichsfeld	Schachtebich	16061083
40	Eichsfeld	Schönhagen	16061084
41	Eichsfeld	Steinheuterode	16061091

lfd. Nr.	Landkreis / Stadt	Gemeinde	GKZ
42	Eichsfeld	Tastungen	16061094
43	Eichsfeld	Thalwenden	16061096
44	Eichsfeld	Uder	16061097
45	Eichsfeld	Wachstedt	16061101
46	Eichsfeld	Wehnde	16061103
47	Eichsfeld	Wüstheuterode	16061111
48	Eichsfeld	Schimberg	16061113
49	Eichsfeld	Leinefelde-Worbis	16061115
50	Eichsfeld	Am Ohmberg	16061116
51	Eichsfeld	Sonnenstein	16061117
52	Eichsfeld	Dingelstädt	16061118
53	Nordhausen	Görsbach	16062008
54	Nordhausen	Großlohra	16062009
55	Nordhausen	Kehmstedt	16062024
56	Nordhausen	Kleinfurra	16062026
57	Nordhausen	Lipprechterode	16062033
58	Nordhausen	Niedergebra	16062037
59	Nordhausen	Nordhausen	16062041
60	Nordhausen	Sollstedt	16062049
61	Nordhausen	Urbach	16062054
62	Nordhausen	Hohenstein	16062062
63	Nordhausen	Werther	16062063
64	Nordhausen	Heringen/Helme	16062064
65	Nordhausen	Bleicherode	16062066
66	Wartburgkreis	Berka v.d.H.	16063006
67	Wartburgkreis	Frankenroda	16063028
68	Wartburgkreis	Lauterbach	16063049
69	Wartburgkreis	Nazza	16063058
70	Wartburgkreis	Treffurt	16063076
71	Wartburgkreis	Wutha-Farnroda	16063092
72	Wartburgkreis	Hörselberg-Hainich	16063098
73	Wartburgkreis	Amt Creuzburg	16063104
74	Unstrut-Hainich-Kreis	Bad Langensalza	16064003
75	Unstrut-Hainich-Kreis	Bad Tennstedt	16064004
76	Unstrut-Hainich-Kreis	Ballhausen	16064005
77	Unstrut-Hainich-Kreis	Blankenburg	16064007
78	Unstrut-Hainich-Kreis	Dünwald	16064014
79	Unstrut-Hainich-Kreis	Großvargula	16064019
80	Unstrut-Hainich-Kreis	Haussömmern	16064021
81	Unstrut-Hainich-Kreis	Herbsleben	16064022
82	Unstrut-Hainich-Kreis	Hornsömmern	16064027
83	Unstrut-Hainich-Kreis	Kammerforst	16064032
84	Unstrut-Hainich-Kreis	Kirchheilingen	16064033
85	Unstrut-Hainich-Kreis	Körner	16064037
86	Unstrut-Hainich-Kreis	Kutzleben	16064038

lfd. Nr.	Landkreis / Stadt	Gemeinde	GKZ
87	Unstrut-Hainich-Kreis	Marolterode	16064043
88	Unstrut-Hainich-Kreis	Mittelsömmern	16064045
89	Unstrut-Hainich-Kreis	Mühlhausen	16064046
90	Unstrut-Hainich-Kreis	Oppershausen	16064053
91	Unstrut-Hainich-Kreis	Rodeberg	16064055
92	Unstrut-Hainich-Kreis	Schönstedt	16064058
93	Unstrut-Hainich-Kreis	Sundhausen	16064061
94	Unstrut-Hainich-Kreis	Tottleben	16064062
95	Unstrut-Hainich-Kreis	Urleben	16064064
96	Unstrut-Hainich-Kreis	Unstruttal	16064071
97	Unstrut-Hainich-Kreis	Menteroda	16064072
98	Unstrut-Hainich-Kreis	Anrode	16064073
99	Unstrut-Hainich-Kreis	Südeichsfeld	16064074
100	Unstrut-Hainich-Kreis	Vogtei	16064075
101	Unstrut-Hainich-Kreis	Unstrut-Hainich	16064076
102	Unstrut-Hainich-Kreis	Nottertal-Heilinger Höhen	16064077
103	Kyffhäuserkreis	Abtsbessingen	16065001
104	Kyffhäuserkreis	Bad Frankenhausen	16065003
105	Kyffhäuserkreis	Bellstedt	16065005
106	Kyffhäuserkreis	Borxleben	16065008
107	Kyffhäuserkreis	Clingen	16065012
108	Kyffhäuserkreis	Ebeleben	16065014
109	Kyffhäuserkreis	Etzleben	16065016
110	Kyffhäuserkreis	Freienbessingen	16065018
111	Kyffhäuserkreis	Gehofen	16065019
112	Kyffhäuserkreis	Greußen	16065023
113	Kyffhäuserkreis	Helbedündorf	16065032
114	Kyffhäuserkreis	Holzsußra	16065038
115	Kyffhäuserkreis	Kalbsrieth	16065042
116	Kyffhäuserkreis	Mönchpiffel-Nikolausrieth	16065046
117	Kyffhäuserkreis	Niederbösa	16065048
118	Kyffhäuserkreis	Oberbösa	16065051
119	Kyffhäuserkreis	Oberheldrungen	16065052
120	Kyffhäuserkreis	Reinsdorf	16065056
121	Kyffhäuserkreis	Rockstedt	16065058
122	Kyffhäuserkreis	Sondershausen	16065067
123	Kyffhäuserkreis	Topfstedt	16065074
124	Kyffhäuserkreis	Trebra	16065075
125	Kyffhäuserkreis	Wasserthaleben	16065077
126	Kyffhäuserkreis	Westgreußen	16065079
127	Kyffhäuserkreis	Wolferschwenda	16065082
128	Kyffhäuserkreis	Großenehrich	16065084
129	Kyffhäuserkreis	Kyffhäuserland	16065085
130	Kyffhäuserkreis	Artern	16065086
131	Kyffhäuserkreis	Roßleben-Wiehe	16065087

lfd. Nr.	Landkreis / Stadt	Gemeinde	GKZ
132	Kyffhäuserkreis	An der Schmücke	16065088
133	Gotha	Bienstädt	16067004
134	Gotha	Dachwig	16067009
135	Gotha	Döllstädt	16067011
136	Gotha	Emleben	16067013
137	Gotha	Eschenbergen	16067016
138	Gotha	Friedrichroda	16067019
139	Gotha	Friemar	16067022
140	Gotha	Gierstädt	16067026
141	Gotha	Gotha	16067029
142	Gotha	Großfahner	16067033
143	Gotha	Herrenhof	16067036
144	Gotha	Molschleben	16067047
145	Gotha	Nottleben	16067052
146	Gotha	Ohrdruf	16067053
147	Gotha	Pferdingsleben	16067055
148	Gotha	Schwabhausen	16067059
149	Gotha	Sonneborn	16067063
150	Gotha	Tonna	16067067
151	Gotha	Tröchtelborn	16067068
152	Gotha	Tüttleben	16067071
153	Gotha	Waltershausen	16067072
154	Gotha	Zimmernsupra	16067082
155	Gotha	Nesse-Apfelstädt	16067087
156	Gotha	Hörsel	16067088
157	Gotha	Drei Gleichen	16067089
158	Gotha	Nessetal	16067091
159	Gotha	Georgenthal	16067092
160	Sömmerda	Alperstedt	16068001
161	Sömmerda	Andisleben	16068002
162	Sömmerda	Büchel	16068005
163	Sömmerda	Eckstedt	16068007
164	Sömmerda	Elxleben	16068009
165	Sömmerda	Gangloffsömmern	16068013
166	Sömmerda	Gebesee	16068014
167	Sömmerda	Griefstedt	16068015
168	Sömmerda	Großmölsen	16068017
169	Sömmerda	Großneuhäusen	16068019
170	Sömmerda	Großrudestedt	16068021
171	Sömmerda	Günstedt	16068022
172	Sömmerda	Haßleben	16068025
173	Sömmerda	Kleinmölsen	16068032
174	Sömmerda	Kleinneuhäusen	16068033
175	Sömmerda	Kölleda	16068034
176	Sömmerda	Markvippach	16068036

lfd. Nr.	Landkreis / Stadt	Gemeinde	GKZ
177	Sömmerda	Nöda	16068037
178	Sömmerda	Ollendorf	16068039
179	Sömmerda	Ostramondra	16068041
180	Sömmerda	Rastenberg	16068042
181	Sömmerda	Riethgen	16068043
182	Sömmerda	Riethnordhausen	16068044
183	Sömmerda	Ringleben	16068045
184	Sömmerda	Schloßvippach	16068048
185	Sömmerda	Schwerstedt	16068049
186	Sömmerda	Sömmerda	16068051
187	Sömmerda	Sprötau	16068052
188	Sömmerda	Straußfurt	16068053
189	Sömmerda	Udestedt	16068055
190	Sömmerda	Vogelsberg	16068056
191	Sömmerda	Walschleben	16068057
192	Sömmerda	Weißensee	16068058
193	Sömmerda	Werningshausen	16068059
194	Sömmerda	Witterda	16068061
195	Sömmerda	Wundersleben	16068062
196	Sömmerda	Buttstädt	16068063
197	Sömmerda	Kindelbrück	16068064
198	Ilmkreis	Alkersleben	16070001
199	Ilmkreis	Arnstadt	16070004
200	Ilmkreis	Bösleben-Wüllersleben	16070006
201	Ilmkreis	Dornheim	16070008
202	Ilmkreis	Elleben	16070012
203	Ilmkreis	Elxleben	16070013
204	Ilmkreis	Amt Wachsenburg	16070028
205	Ilmkreis	Ilmenau	16070029
206	Ilmkreis	Martinroda	16070034
207	Ilmkreis	Osthausen-Wülfershausen	16070041
208	Ilmkreis	Plaue	16070043
209	Ilmkreis	Stadtilm	16070048
210	Ilmkreis	Witzleben	16070054
211	Ilmkreis	Geratal	16070057
212	Weimarer Land	Apolda	16071001
213	Weimarer Land	Bad Berka	16071003
214	Weimarer Land	Bad Sulza	16071004
215	Weimarer Land	Ballstedt	16071005
216	Weimarer Land	Blankenhain	16071008
217	Weimarer Land	Döbritschen	16071013
218	Weimarer Land	Eberstedt	16071015
219	Weimarer Land	Ettersburg	16071017
220	Weimarer Land	Frankendorf	16071019
221	Weimarer Land	Großheringen	16071022

lfd. Nr.	Landkreis / Stadt	Gemeinde	GKZ
222	Weimarer Land	Großschwabhausen	16071025
223	Weimarer Land	Hammerstedt	16071027
224	Weimarer Land	Hohenfelden	16071032
225	Weimarer Land	Kapellendorf	16071037
226	Weimarer Land	Kleinschwabhausen	16071042
227	Weimarer Land	Klettbach	16071043
228	Weimarer Land	Kranichfeld	16071046
229	Weimarer Land	Lehnstedt	16071049
230	Weimarer Land	Magdala	16071053
231	Weimarer Land	Nauendorf	16071059
232	Weimarer Land	Neumark	16071061
233	Weimarer Land	Niedertrebra	16071064
234	Weimarer Land	Obertrebra	16071069
235	Weimarer Land	Rannstedt	16071077
236	Weimarer Land	Rittersdorf	16071079
237	Weimarer Land	Schmiedehausen	16071083
238	Weimarer Land	Tonndorf	16071087
239	Weimarer Land	Ilmtal-Weinstraße	16071101
240	Weimarer Land	Am Ettersberg	16071102
241	Weimarer Land	Grammetal	16071103
242	Saalfeld-Rudolstadt	Rudolstadt	16073076
243	Saalfeld-Rudolstadt	Uhlstädt-Kirchhasel	16073109
244	Saale-Holzland-Kreis	Bucha	16074008
245	Saale-Holzland-Kreis	Dornburg-Camburg	16074011
246	Saale-Holzland-Kreis	Lehesten	16074051
247	Saale-Holzland-Kreis	Milda	16074057

Anhang D: Betroffene Gemeinden: Teilgebiet 078_03TG_197_03IG_S_f_z (Steinsalz in stratiformer Lagerung – Werra-Fulda-Becken)

lfd. Nr.	Landkreis / Stadt	Gemeinde	GKZ
1	Wartburgkreis	Bad Salzungen	16063003
2	Wartburgkreis	Barchfeld-Immelborn	16063004
3	Wartburgkreis	Buttlar	16063011
4	Wartburgkreis	Dernbach	16063015
5	Wartburgkreis	Empfertshausen	16063023
6	Wartburgkreis	Geisa	16063032
7	Wartburgkreis	Gerstengrund	16063033
8	Wartburgkreis	Leimbach	16063051
9	Wartburgkreis	Oechsen	16063062
10	Wartburgkreis	Schleiden	16063068
11	Wartburgkreis	Untereibach	16063078
12	Wartburgkreis	Vacha	16063082
13	Wartburgkreis	Weilar	16063084
14	Wartburgkreis	Wiesenthal	16063086
15	Wartburgkreis	Moorgrund	16063094
16	Wartburgkreis	Gerstungen	16063097
17	Wartburgkreis	Bad Liebenstein	16063099
18	Wartburgkreis	Krayenberggemeinde	16063101
19	Wartburgkreis	Werra-Suhl-Tal	16063103
20	Schmalkalden-Meiningen	Breitungen/ Werra	16066013
21	Schmalkalden-Meiningen	Christes	16066015
22	Schmalkalden-Meiningen	Ellingshausen	16066018
23	Schmalkalden-Meiningen	Kühndorf	16066038
24	Schmalkalden-Meiningen	Meiningen	16066042
25	Schmalkalden-Meiningen	Obermaßfeld-Grimmenthal	16066049
26	Schmalkalden-Meiningen	Oberweid	16066052
27	Schmalkalden-Meiningen	Rippershausen	16066056
28	Schmalkalden-Meiningen	Ritschenhausen	16066057
29	Schmalkalden-Meiningen	Rohr	16066058
30	Schmalkalden-Meiningen	Rosa	16066059
31	Schmalkalden-Meiningen	Roßdorf	16066061
32	Schmalkalden-Meiningen	Schmalkalden	16066063
33	Schmalkalden-Meiningen	Schwarza	16066065
34	Schmalkalden-Meiningen	Sülzfeld	16066073
35	Schmalkalden-Meiningen	Untermaßfeld	16066076
36	Schmalkalden-Meiningen	Utendorf	16066079
37	Schmalkalden-Meiningen	Wasungen	16066086
38	Schmalkalden-Meiningen	Rhönblick	16066093
39	Schmalkalden-Meiningen	Grabfeld	16066094
40	Schmalkalden-Meiningen	Kaltennordheim	16066095

Anhang E: Zusammenstellung und Kategorisierung nach GeoldG §§ 17 + 29 für Daten, die vom TLUBN (R81) im Zuge des StandAG § 12 (3) der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) bis zum 30.06.2020 übermittelt wurden

Der BGE übermittelte **Berichte**, **Kartenwerke** und **Geodatensätze** sowie die Festlegung der Kategorien sind in der folgenden Tabelle aufgeführt. Für am 27.09.2017 und 30.06.2018 übermittelte **Bohrdaten** sind die Informationen dem [Kartendienst des TLUBN](#) zu entnehmen.

Bericht / Kartenwerk / Geodatenatz	Dateien	Datenübermittlung	Einstufung	Kategorie
Digitale Geologische Karte von Thüringen im Maßstab 1: 25.000	168 TIFF-Dateien (Messtischblätter)	08.05.2018	staatlich	Bewertungsdatum
	168 PDF-Dateien (Messtischblätter, Erläuterungen)		staatlich	Bewertungsdatum
	168 tfw-Dateien (Georeferenzierung TIFF-Dateien)		staatlich	Nachweisdatum
	Gis-Datei GK25_Thüringen_Flaechen		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei GK25_Thüringen_Linien		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei GK25_Thüringen_Punkte		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei GK25_Thüringen_Ueberdeckung		staatlich	Bewertungsdatum
	qml Datei GK25 (Darstellung von Legendeneinheiten)		staatlich	nicht kategorisierbar
Digitale Geologische Karte von Thüringen im Maßstab 1: 200.000	Gis-Datei GK25TH_TEC	08.05.2018	staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei GUEK200_Thüringen_Festgestein_Flaechen		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei GUEK200_Thüringen_Festgestein_Linien		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei GUEK200_Thüringen_Lockergestein_Flaechen		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei GUEK200_Thüringen_Lockergestein_Linien		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei GUEK200_Thüringen_Zusatzlinie		staatlich	Bewertungsdatum
	qml Datei GÜK200 (Darstellung von Legendeneinheiten)		staatlich	nicht kategorisierbar
Karte Geologischer Bau des tieferen Untergrundes	Gis-Datei GUEK200TH_TEC	08.05.2018	staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei Geologische_Einheit_Untergrund_Thüringen		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei Geologische_Störung_Untergrund_Thüringen		staatlich	Bewertungsdatum
3D-Übersichtsmodell des Thüringer Beckens	Gis-Datei Tiefenlage_Geologische_Einheit_Untergrund_Thüringen	08.05.2018	staatlich	Bewertungsdatum
	Erläuterungen_INFLUINS_3D_Modell		staatlich	Bewertungsdatum
	INFLUINS 3D Modell		staatlich	Bewertungsdatum
	WellsStratigraphyTable.txt		staatlich	Bewertungsdatum
	3D-Modell, WellsInfluins_gcObjekte		staatlich	Bewertungsdatum
Hydrogeologische Übersichtskarte von Thüringen im Maßstab 1: 200.000	WellsInfluins_Liste.txt	08.05.2018	staatlich	Nachweisdatum
	Gis-Datei HUEK200TH_deck		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei HUEK200TH_hgwI		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei HUEK200TH_kgwI		staatlich	Bewertungsdatum
	Erläuterungstext Durchlässigkeit		staatlich	Bewertungsdatum
	Erläuterungstext generell		staatlich	Bewertungsdatum
	Erläuterungstext Geochemie		staatlich	Bewertungsdatum
	Erläuterungstext Gesteinsart		staatlich	Bewertungsdatum
	Erläuterungstext Hohlraum		staatlich	Bewertungsdatum
	Erläuterungstext Verfestigung		staatlich	Bewertungsdatum
	Erläuterungstext HUEK200_kf_klasse		staatlich	Bewertungsdatum

Bericht / Kartenwerk / Geodatensatz	Dateien	Datenübermittlung	Einstufung	Kategorie
Hydrogeologische Karte der Deutschen Demokratischen Republik im Maßstab 1 : 50 000 mit Blattüberdeckung des Freistaates Thüringen	HK, Gis-Datei hyka50ih	27.02.2019	staatlich	Bewertungsdatum
	HK50_A.vrt		staatlich	Bewertungsdatum
	HK50_B.vrt		staatlich	Bewertungsdatum
	HK50_C.vrt		staatlich	Bewertungsdatum
	HK50_D.vrt		staatlich	Bewertungsdatum
	HK50 Rasterkarten		staatlich	Bewertungsdatum
	HK50.qgs (GIS-Projektdatei)		staatlich	nicht kategorisierbar
Tiefenlage der Quartärbasis	Gis-Datei Blattschnitt_LKQ	08.05.2018	staatlich	Nachweisdatum
	Gis-Datei Quartärbasis Höhenlinien		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei Quartärbasis Q_Verbreitung_FL		staatlich	Bewertungsdatum
Gefährdungszonen Seismik	Gefährdungszonen_TH	27.09.2017	staatlich	Bewertungsdatum
Auszug Subrosionskataster	180612_georisiko_daten.shp	30.06.2018	staatlich	Bewertungsdatum
Zerrspaltensysteme	Rasterkarte Zerrspalten Salzhang Bendeleben	30.06.2018	staatlich	Bewertungsdatum
	Rasterkarte Zerrspalten Salzhang Hohe Schrecke		staatlich	Bewertungsdatum
Ergebnisbericht über die Kalisalzführung des Zechsteins im Südteil der DDR mit Berechnung prognostischer Vorräte, 1963 (II1-2027/1963)	Gis-Datei II1-2027_1963_An18_z1NA_SUBL	30.06.2018	staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II1-2027_1963_An18_z1NA_THICKL		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II1-2027_1963_An18_z1NA_THICKP		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II1-2027_1963_An122_z2NA_SUBL		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II1-2027_1963_An122_z2NA_THICKL		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II1-2027_1963_An122_z2NA_THICKP		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II1-2027_1963_An126_z3NA_SUBL		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II1-2027_1963_An126_z3NA_THICKL		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II1-2027_1963_An126_z3NA_THICKP		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II1-2027_1963_An128_z4NA_SUBL		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II1-2027_1963_An128_z4NA_THICKL		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II1-2027_1963_An128_z4NA_THICKP		staatlich	Bewertungsdatum
	Rasterkarten II1-2027_1963_An18		staatlich	Bewertungsdatum
	Rasterkarten II1-2027_1963_An122		staatlich	Bewertungsdatum
	Rasterkarten II1-2027_1963_An126		staatlich	Bewertungsdatum
Tektonik und Erdöl-Erdgas-Höflichkeit DDR - Regionalbericht Thüringen mit Vorratsprognose Staßfurt-karbonat - 1. Teil Allgemeingeologische Angaben, 1969 (II1-2036/1969 Bd1)	Gis-Datei II1-2036_1969_Bd1_An103_16_z3NA_THICKL	30.06.2018	staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II1-2036_1969_Bd1_An103_16_z3NA_THICKP		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II1-2036_1969_Bd1_An105_02_DEPTHL		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II1-2036_1969_Bd1_An105_02_rco_OCF		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II1-2036_1969_Bd1_An105_02_TECL		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II1-2036_1969_Bd1_An103_16		staatlich	Bewertungsdatum
Abschlussbericht über das metamorphe Grundgebirge im Thüringer Becken (H.-J. Behr), 1965 (II1-2046/1965)	Gis-Datei II1-2046_1965_An106_DEPTHL	30.06.2018	staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II1-2046_1965_An106_FACF		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II1-2046_1965_An106_TECL		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II1-2046_1965_An106_WELLP		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II1-2046_1965_An106		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II1-3535_1984_An104_z1NA_THICKL	30.06.2018	staatlich	Bewertungsdatum

Bericht / Kartenwerk / Geodatenatz	Dateien	Datenübermittlung	Einstufung	Kategorie
Neueinschätzung der Erdöl-Erdgas-Perspektivität des Staatsgebietes der DDR 1985 - Zwischenbericht, 1984 (II1-3535/1984)	Gis-Datei II1-3535_1984_AnI04_z1NA_THICKP		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II1-3535_1984_AnI10_s01NA_SUBL		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II1-3535_1984_AnI_10		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II1-3536_1984_AnI02_z2KSt_FAC		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II1-3536_1984_AnI02_z2KSt_SUBL		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II1-3536_1984_AnI02_z2NA_OCF		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II1-3536_1984_AnI02_z2NA_OCL		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II1-3536_1984_AnI02		staatlich	Bewertungsdatum
Neueinschätzung der Erdöl-Erdgas-Perspektivität des Staatsgebietes der DDR 1985 - Teilbericht Neueinschätzung Zechstein - Subherzyne Senke, 1985 (II1-3640/1985)	Rasterkarte II1-3640_1985_AnI03	30.06.2018	staatlich	Bewertungsdatum
Studie Möglichkeiten der Kaliendlaugenversenkung im Thüringer Becken; TL1: Möglichkeiten der Kaliendlaugenversenkung in wasserführenden Schichten des Thüringer Beckens (II3-2076/1979)	Gis-Datei II3-2076_1979_AnI04_z1CA_FACL	30.06.2018	staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II3-2076_1979_AnI04_z1CA_THICKL		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II3-2076_1979_AnI04_z1NA_OCL		staatlich	Bewertungsdatum
	Rasterkarten II3-2076_1979_AnI04_rec		staatlich	Bewertungsdatum
Die geologischen Bedingungen für die untertägige Deponie von Industrieabwässern im Thüringer Becken und die sich daraus ergebende Möglichkeit der Nachnutzung alter Erdöl- und Erdgaserkundungsbohrungen -Studie (II3-2723/1972)	Gis-Datei II3-2723_1972_AnI11_s01NA_OCL	30.06.2018	staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II3-2723_1972_AnI11_s01NA_SUBL		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II3-2723_1972_AnI11_s01NA_THICKL		staatlich	Bewertungsdatum
	Rasterkarten II3-2723_1972_AnI11_rec		staatlich	Bewertungsdatum
Studie - Möglichkeiten der Kaliendlaugenversenkung in Süd-Thüringen (außerhalb des Werra-Kaligebiet) (II3-3666/1978)	Rasterkarten II3-3666_1978_AnI02_rec	30.06.2018	staatlich	Bewertungsdatum
Reflexionsseismik/GSX Regionales Kartenwerk Thüringer Becken (Zechstein), 1978 (II5-2963/1978)	Gis-Datei II5-2963_1978_AnI32_36_DEPTHL	27.02.2019	staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II5-2963_1978_AnI32_36_TECL		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II5-2963_1978_AnI32		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II5-2963_1978_AnI_01_AnI06_TECF		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II5-2963_1978_AnI_07_AnI12_TECF		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II5-2963_1978_AnI_13_AnI18_TECF		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II5-2963_1978_AnI_19_AnI24_TECF		staatlich	Bewertungsdatum
	Gis-Datei II5-2963_1978_AnI_37_AnI38_TECF		staatlich	Bewertungsdatum
	Rasterkarten, II5-2963		staatlich	Bewertungsdatum
	II5_2963_1978_Erläuterung zum regionalen Kartenwerk Thüringer Becken (Zechstein)		staatlich	Bewertungsdatum
Neukartierung des Salzhangs im thüringischen Werra-Kaligebiet anhand reflexionsseismischer Tiefenprofile und Tiefenbohrungen (II3-5125_310_2004)	Rasterkarte II3-5125_310_2004_AnI1	30.06.2018	nichtstaatlich	Bewertungsdatum
Ergebnisbericht - "Deckgebirge Südharz I/II", Band I und II	Rasterkarte II1-4430_2002_1989_AnI16	30.06.2018	staatlich	Bewertungsdatum
Auflistung Bohrungen ab 300 TH Logmessungen	Auflistung Bohrungen_ab_300_TH_Logmessungen.xlsx	11.07.2019	staatlich	Nachweisdatum