www.oeko.de

Öko-Institut

Weitere fachliche Beratung des Landkreises Emsland zu den bisherigen Ergebnissen im Standortauswahlverfahren für ein Endlager

Plausibilitätsbewertung der Teilgebiete 032_00TG_051_00IG_S_s_z, 033_00TG_052_00IG_S_s_z, 034_00TG_054_00IG_S_s_z, 063_00TG_149_00IG_S_s_z-ro und 068_00TG_163_00IG_S_s_z-ro sowie der Überlagerungsbereiche der Teilgebiete 004_00TG_053_00IG_T_f_tpg und 007_00TG_202_02IG_T_f_kru mit dem Teilgebiet 033_00TG_052_00IG_S_s_z.

Darmstadt, 30.06.2026

Studie der Öko-Institut Consult GmbH

Autorinnen und Autoren

Dipl.-Ing. Judith Krohn
Dr. Florian Krob
Öko-Institut Consult GmbH

Öko-Institut Consult GmbH
info@oeko-consult.de
oeko-consult.de

Büro Darmstadt
Rheinstraße 95
64295 Darmstadt
Telefon +49 6151 8191-0

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis 5

Tabellenverzeichnis 9

Abkürzungsverzeichnis 10

Zusammenfassung 11

1 Einleitung 14

2 Anwendungskriterien im Zwischenbericht Teilgebiete 15

2.1 Ausschlusskriterien (AK) 16

2.2 Mindestanforderungen (MA) 19

2.3 Geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (geoWK) 21

3 Teilgebiete im Gebiet des Landkreises Emsland und deren geologische Einordnung 33

3.1 Teilgebietssegmente im Tongestein innerhalb des Landkreises 37

3.2 Teilgebietssegmente im flach lagernden Steinsalz innerhalb des Landkreises 45

4 Anwendung von Ausschlusskriterien auf die für den Landkreis Emsland relevanten Teilgebiete in Tongestein oder flach lagerndem Steinsalz 54

5 Anwendung der Mindestanforderungen auf die für den Landkreis Emsland relevanten Teilgebiete in Tongestein oder flach lagerndem Steinsalz 61

5.1 Teilgebiet 004: Tongesteine des Paläogens (Tertiär) 63

5.2 Teilgebiet 005: Tongesteine des Doggers (Mitteljura) 68

5.3 Teilgebiet 006: Tongesteine des Lias (Unterjura) 75

5.4 Teilgebiet 007: Tongesteine der Unterkreide 84

5.5 Teilgebiet 076_03: Steinsalz in stratiformer Lagerung des Rötsalinars (oberer Bundsandstein) der Untertrias 93

5.6 Teilgebiet 077: Steinsalz in stratiformer Lagerung des Malms (Oberjura) 99

5.7 Teilgebiet 078_06: Steinsalz in stratiformer Lagerung des Zechsteins (oberes Perm) 106

6 Anwendung der individuell bewerteten geowissenschaftlichen Abwägungskriterien auf die für den Landkreis Emsland relevanten Teilgebiete in Tongestein oder flach lagerndem Steinsalz 111

6.1 Teilgebiet 004: Tongesteine des Paläogens (Tertiär) 111

6.2 Teilgebiet 005: Tongesteine des Doggers (Mitteljura) 118
6.3 Teilgebiet 006: Tongesteine des Lias (Unterjura) 122
6.4 Teilgebiet 007: Tongesteine der Unterkreide 127
6.5 Teilgebiet 076_03: Steinsalz in stratiformer Lagerung des Rötsalinars (oberer Bundsandstein) der Untertrias 131
6.6 Teilgebiet 077: Steinsalz in stratiformer Lagerung des Malms (Oberjura) 136
6.7 Teilgebiet 078_06: Steinsalz in stratiformer Lagerung des Zechsteins (oberes Perm) 140
7 Aktueller Stand des Standortauswahlverfahrens und der Weg zur Ermittlung von Standortregionen 145
7.1 Repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (rvSU) und Ermittlung von Standortregionen 145
7.2 Arbeitsfortschritt der BGE bei der Einengung der Teilgebiete – Stand Nov 2025 148
8 Schlussfolgerungen für den Landkreis Emsland 151
Literaturverzeichnis 157

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3-1: Geographische Lage der Teilgebiete innerhalb der Gemarkung des Landkreises 35

Abbildung 3-2: Geographische Lage des Teilgebietes 004 im Tongestein 36

Abbildung 3-3: Übersicht über die Faziesverteilung im Niedersächsischen Becken zur Zeit der Unterkreide 38

Abbildung 3-4: Geographische Lage des Teilgebietes 004 im Tongestein 39

Abbildung 3-5: Geographische Lage des Teilgebietes 005 im Tongestein 41

Abbildung 3-6: Geographische Lage des Teilgebietes 006 im Tongestein 42

Abbildung 3-7: Geographische Lage des Teilgebietes 007 im Tongestein 44

Abbildung 3-8: Stark vereinfachte schematische Darstellung der marinen Salzabscheidungsfolge am Beispiel der Zechstein-Entwicklung (Werra- und Strassfurt-Folge) in Deutschland 46

Abbildung 3-9: Vorkommen und Verbreitung der salinaren Schichtenfolgen in Deutschland 47

Abbildung 3-10: Geographische Lage des Teilgebietes 076_03 im flach lagernden Steinsalz 48

Abbildung 3-11: Stratigraphische Stellung des oberen Buntsandstein in Niedersachsen 49

Abbildung 3-12: Geographische Lage des Teilgebietes 077 im flach lagernden Steinsalz 50

Abbildung 3-13: Stratigraphische Stellung der Malm-Subgruppe in Niedersachsen 51

Abbildung 3-14: Schematische Verbreitung der Halit-formenden Malm-Salinare in Niedersachsen und deren Lagerungsverhältnisse im Landkreis Emsland 52

Abbildung 3-15: Geographische Lage des Teilgebietes 078_06 im flach lagernden Steinsalz 53

Abbildung 3-16: Stratigraphische Stellung des Zechsteins in Niedersachsen 54

Abbildung 4-1: Übersicht über die ausgeschlossenen Gebiete in Landkreis Emsland 55

Abbildung 4-2: Nummerierung der aufgrund aktiver Störungszonen ausgeschlossenen Gebiete im Landkreis Emsland 57

Abbildung 5-1: Geographische Lage der Segmente des Teilgebiet 004 im Landkreis Emsland 64

Abbildung 5-2: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3 StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 004. 65

Abbildung 5-3: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 004 66

Abbildung 5-4: Detailansicht der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 004 67

Abbildung 5-5: Geographische Lage der Segmente des Teilgebiet 005 im Landkreis Emsland 69

Abbildung 5-6: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3 StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 005 70

Abbildung 5-7: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 005 71

Abbildung 5-8: Detailansicht der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 005 73

Abbildung 5-9: Geographische Lage der Segmente des Teilgebiet 006 im Landkreis Emsland 76

Abbildung 5-10: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3 StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 006 77

Abbildung 5-11: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 006 78

Abbildung 5-12: Detailansicht der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 006 80

Abbildung 5-13: Geographische Lage der Segmente des Teilgebiet 007 im Landkreis Emsland 85

Abbildung 5-14: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3 StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 007 86

Abbildung 5-15: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 007 87

Abbildung 5-16: Detailansicht der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 007 90

Abbildung 5-17: Geographische Lage der Segmente des Teilgebiet 076_03 im Landkreis Emsland 94

Abbildung 5-18: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3 StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 076_03 95

Abbildung 5-19: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 076_03 96

Abbildung 5-20: Detailansicht der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 0076_03 97

Abbildung 5-21: Geographische Lage der Segmente des Teilgebiet 077 im Landkreis Emsland 100

Abbildung 5-22: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3 StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 077 101

Abbildung 5-23: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 077 102

Abbildung 5-24: Detailansicht der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 077 103

Abbildung 5-25: Geographische Lage der Segmente des Teilgebiet 078_06 im Landkreis Emsland 107

Abbildung 5-26: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3 StandAG) im Segment des Landkreises Emsland im Teilgebiet 078_06 108

Abbildung 5-27: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) im Segment des Landkreises Emsland im Teilgebiet 078_06 109

Abbildung 5-28: Detailansicht der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit in das Segment des Landkreises Emsland im Teilgebiet 078_06 110

Abbildung 6-1: Darstellung der räumlichen Konfiguration der sicherheitsrelevanten Bestandteile für einschlusswirksame Gebirgsbereiche im Wirtsgestein 112

Abbildung 6-2: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 004 114

Abbildung 6-3: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 004 117

Abbildung 6-4: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 005 119

Abbildung 6-5: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 004 122

Abbildung 6-6: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 006 124

Abbildung 6-7: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 004 126

Abbildung 6-8: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 007 128

Abbildung 6-9: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 004 130

Abbildung 6-10: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 076_03 133

Abbildung 6-11: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 076_03 135

Abbildung 6-12: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 077 137

Abbildung 6-13: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 077 140

Abbildung 6-14: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) im Segment des Landkreises Emsland im Teilgebiet 078_06 142

Abbildung 6-15: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) im Segment des Landkreises Emsland im Teilgebiet 078_06 144

Abbildung 7-1: Die vier Prüfschritte innerhalb der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (rvSU) 146

Abbildung 7-2: Beispielhafte zusammenfassende kartografische Darstellung der Einstufung und Eingrenzung der Teiluntersuchungsräume eines fiktiven Teilgebietes 147

Abbildung 7-3: Meilensteine der BGE im Standortauswahlverfahren 148

Abbildung 7-4: Teilgebiete noch in Prüfschritten 1 und 2 149

Abbildung 7-5: Ungeeignete (orange) oder gering geeignete Untersuchungsräume (gelb) 150

Abbildung 7-6: Teilgebiete mit Untersuchungsräumen in Prüfschritten 3 und 4 151

Abbildung 8-1: Darstellung des Arbeitsstandes der BGE vom 03. November 2025 156

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Teilgebiete mit Relevanz für den Landkreis Emsland 33

Tabelle 4-1: Störungszonen in den Teilgebietssegmenten innerhalb der Landkreisgrenzen des Landkreises Emsland 58

Tabelle 5-1: Charakteristika der betrachteten Teilgebiete zur Anwendung der Mindestanforderungen 61

Tabelle 5-2: Relevante Bohrungen für die Segmente des Teilgebietes 004 67

Tabelle 5-3: Relevante Bohrungen für die Segmente des Teilgebietes 005 72

Tabelle 5-4: Relevante Bohrungen für die Segmente des Teilgebietes 006 79

Tabelle 5-5: Relevante Bohrungen für die Segmente des Teilgebietes 007 88

Tabelle 5-6: Relevante Bohrungen für die Segmente des Teilgebietes 076_03 96

Tabelle 5-7: Relevante Bohrungen für die Segmente des Teilgebietes 077 105

Abkürzungsverzeichnis

AK	Ausschlusskriterien
AkEnd	Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte
BASE	Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung
BGE	Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
^{14}C	Kohlenstoff-14
ewG	Einschlusswirksamer Gebirgsbereich
IG	Identifizierte Gebiete
geoWK	Geowissenschaftliche Abwägungskriterien
GOK	Geländeoberkante
^{3}H	Tritium
HTO	Trittiiertes Wasser
LBEG	Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie
MA	Mindestanforderungen
NBG	Nationales Begleitgremium
planWK	Planungswissenschaftliche Abwägungskriterien
rvSU	Repräsentative vorläufige Sicherheitsuntersuchung
StandAG	Standortauswahlgesetz
StandAV	Standortauswahlverfahren
TG	Teilgebiet(e)
TUR	Teiluntersuchungsräume
UR	Untersuchungsräume
ZB TG	Zwischenbericht Teilgebiete

Zusammenfassung

Im Landkreis Emsland wurden im Rahmen des Zwischenberichts Teilgebiete von der Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) insgesamt zehn Teilgebiete ausgewiesen, die günstige geologische Voraussetzungen erwarten lassen und damit weiterhin im Standortauswahlverfahren für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle verbleiben. Im Anschluss an eine erste fachliche Beratung[1] für den Landkreis Emsland hat das Öko-Institut bereits die von der BGE vorgenommene Bewertung der drei Salzstöcke Wahn, TG 024, Lathen, TG 028, und Börger, TG 030, auf Plausibilität geprüft. Die Plausibilitätsprüfung der Bewertungen für die weiteren sieben Teilgebiete in Tongestein, TG 004, 005, 006 und 007, sowie in Steinsalz in stratiformer Lagerung, TG 076_03, 077 und 078_06, ist Gegenstand der vorliegenden Untersuchung.

Die Ausweisung dieser Teilgebiete ist grundsätzlich nachvollziehbar. Keines der betrachteten Teilgebiete in Tongestein oder Steinsalz in stratiformer Lagerung liegt jedoch vollständig auf dem Gebiet des Landkreises Emsland. Vielmehr beziehen sich die Teilgebiete auf stratigraphische Einheiten, die sich über große Teile Norddeutschlands erstrecken. Gemäß der Verfahrensstruktur hat die BGE in Schritt 1 der Phase I bisher ausschließlich vorhandene geologische Daten aus Industrie und Fachliteratur verwendet und selbst keine geologischen Daten erhoben. Die Bewertungen der BGE zur Erfüllung der Ausschlusskriterien (AK), der Mindestanforderungen (MA), und der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (geoWK), erfolgten daher zunächst auf einer übergeordneten, teils generischen Datengrundlage. Standortspezifische Daten für einzelne Segmente im Landkreis Emsland wurden dabei häufig nicht oder nur eingeschränkt berücksichtigt.

Die Anwendung der Ausschlusskriterien ist insgesamt nachvollziehbar. Dies gilt insbesondere für die Ausschlusskriterien *großräumige Vertikalbewegungen, aktive Störungszonen sowie Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit*. Für die Ausschlusskriterien *seismische Aktivität* und *Grundwasseralter* besteht dagegen Anpassungsbedarf. Diese sollten im weiteren Verfahren methodisch präzisiert und nachvollziehbarer angewendet werden.

Die Mindestanforderungen wurden bislang auf Grundlage sehr pauschaler Annahmen zu großen stratigraphischen Einheiten über ganz Norddeutschland angewendet. Die Plausibilitätsprüfung zeigt, dass einzelne Eigenschaften, die zur günstigen Bewertung der Teilgebiete beitragen, teilweise nicht ohne Weiteres auf die Segmente im Landkreis Emsland übertragbar sind. Dies wird vor allem durch die ergänzenden Kartendarstellungen der BGE in Kombination mit der stichprobenartigen Auswertung von Schichtverzeichnissen ausgewählter Tiefbohrungen im Landkreis Emsland deutlich. Dabei zeigt sich, dass Gesteine des jeweils gesuchten stratigraphischen Alters in vielen Segmenten grundsätzlich angenommen werden können. Gleichzeitig bleibt für mehrere Segmente unklar, ob die erforderliche *minimale Teufe und Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* tatsächlich über eine ausreichend große *Fläche des Endlagers* erfüllt werden. Darüber hinaus ist bei vielen Segmenten offen, ob die dort vorhandenen Tongesteine den von der BGE verwendeten Wirtsgesteinsdefinitionen entsprechen. Da die ausgewerteten Schichtverzeichnisse keine hinreichenden Angaben zur Lithologie enthalten, können die Mindestanforderungen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* auf dieser Datengrundlage nicht abschließend beurteilt werden. Die bisherigen Bewertungen lassen daher nur eingeschränkt belastbare Aussagen für die konkreten Segmente im Landkreis Emsland zu. Dennoch erscheinen einzelne Segmente nach der Plausibilitätsprüfung weiterhin aussichtsreicher als andere, müssen aber im weiteren Verfahren durch die BGE standortspezifisch überprüft werden. Es ist zu

[1] Öko-Institut e.V. (2021b).

erwarten, dass die aufgeführten Ungewissheiten bei der Einengung der Teilgebiete im weiteren Verfahren durch die BGE berücksichtigt werden.

Die Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien durch die BGE erfolgte für viele Kriterien pauschal und auf Grundlage von Referenzdatensätzen. Eine individuelle Plausibilitätsprüfung erscheint daher vor allem für die Kriterien *Konfiguration der Gesteinskörper*, *räumliche Charakterisierbarkeit*, *langfristige Stabilität günstiger Verhältnisse* und *Schutz des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge* sinnvoll. Allerdings ist auch bei der räumlichen Charakterisierbarkeit kaum eine tatsächliche individuelle Bewertung erkennbar. Die langfristige Stabilität wurde für die betrachteten Teilgebiete ebenfalls großflächig und sehr einheitlich bewertet. Für Steinsalz in stratiformer Lagerung ist dies unter Bezug auf die Entwicklung des Norddeutschen Beckens grundsätzlich nachvollziehbar, muss aber in späteren Verfahrensschritten durch reale Daten belegt werden. Für die Teilgebiete in Tongestein ist die Aussage, dass seit mehr als zehn Millionen Jahren keine wesentliche Änderung relevanter Merkmale stattgefunden habe, dagegen nicht ausreichend begründet.

Beim *Schutz des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge* ist die bedingt günstige Bewertung der Tongesteinsgebiete größtenteils nachvollziehbar. Sie sollte jedoch durch eine genauere Prüfung der lithologischen Zusammensetzung der tertiären Deckgesteine ergänzt werden, da diese in Norddeutschland häufig sandig oder siltig ausgebildet sind und daher nicht in jedem Fall ausreichend grundwasserhemmend wirken. Hinsichtlich erosionshemmender Gesteine im Deckgebirge bleibt die günstige Bewertung insbesondere auf standortspezifischer Ebene fraglich und muss im weiteren Verfahren überprüft werden. Für Steinsalz in stratiformer Lagerung ist die Bewertung des Deckgebirgsschutzes dagegen größtenteils nachvollziehbar. Bei der Konfiguration der Gesteinskörper ist für mehrere Segmente in Steinsalz jedoch davon auszugehen, dass sie bei erneuter Anwendung der Kriterien eher keine günstige Bewertung mehr erhalten würden, insbesondere wenn die erforderliche Teufenlage oder Mächtigkeit nicht gesichert ist.

Im Zuge der aktuell von der BGE durchgeführten repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (rvSU) in Phase I, Schritt 2, werden die vorliegenden Teilgebiete in Teiluntersuchungsräume unterteilt und zielgerichtet, schrittweise sowie vertiefend bewertet. Die BGE wird jährlich über den Arbeitsstand der rvSU berichten und ihre vorläufigen Ergebnisse allen Akteuren bereitstellen. Für den Landkreis Emsland bedeutet dies, dass bis zum Standortregionenvorschlag der BGE Ende 2027 schrittweise mehr Klarheit entstehen wird.

Der Arbeitsstand vom 3. November 2025 zeigt bereits, dass große Bereiche der Teilgebiete 005, 007, 076_03 und 077 den Kategorien C oder D zugeordnet wurden und im weiteren Standortauswahlverfahren nicht weiter betrachtet werden. Vier kleinere Untersuchungsräume in den Tongestein-Teilgebieten 005 und 007 haben die ersten beiden Prüfschritte der rvSU weitgehend bestanden. Davon sind zum jetzigen Zeitpunkt insbesondere die Gemeinden Sögel, Meppen, Haselünne, Lengerich, Freren, Spelle, Geeste und Lingen betroffen.

Derzeit lässt sich nicht absehen, ob diese Untersuchungsräume später zu den günstigsten Gebieten in Deutschland zählen und als Standortregionen vorgeschlagen werden könnten. Dafür müssen sie zunächst die weiteren Prüfschritte bestehen und im bundesweiten Vergleich günstig bewertet werden. Bis zum Jahr 2027 wird durch die deutliche Einengung der Teilgebiete für die Kommunen voraussichtlich mehr Klarheit geschaffen. Gleichzeitig ist davon auszugehen, dass die BGE ohne Erkenntnisse aus einer Erkundung weiterhin mit fachlichen Ungewissheiten umgehen muss.

Für den Landkreis Emsland bedeutet dies, dass sich offene Fragen bei einem Ausschluss weiterer Segmente zeitnah erledigen können. Werden dagegen Teiluntersuchungsräume als Kategorie A weitergeführt, entstehen neue fachliche und kommunale Aufgaben. Dazu gehört vor allem, den jeweils veröffentlichten Bewertungsstand der BGE fortlaufend auf Plausibilität zu prüfen und mögliche weitere Verfahrensschritte frühzeitig vorzubereiten.

1 Einleitung

Im Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz – StandAG) wird das Verfahren festgelegt, mit dem ein „Standort mit der bestmöglichen Sicherheit“ für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle ermittelt werden soll (StandAG 2017). Das Verfahren wurde 2017 aufgenommen. Gemäß § 13 des StandAG wurde am 28.09.2020 durch die Vorhabenträgerin, die Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE), der Zwischenbericht Teilgebiete vorgelegt. Damit wurde in der Phase I des Standortauswahlgesetzes ein wichtiger Meilenstein erreicht.

Der Zwischenbericht Teilgebiete (BGE 2020e) benennt die Teilgebiete, die nicht auf Basis der Ausschlusskriterien ausgeschlossen wurden, die die Mindestanforderungen erfüllen und die nach erster Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien als günstig bewertet wurden. Sie werden als sogenannte „Teilgebiete“ (TG) ausgewiesen, welche „günstige geologische Voraussetzungen für die sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle erwarten lassen“ (StandAG 2017).

Im Landkreis Emsland wurden zehn Teilgebiete ausgewiesen: drei davon in Salzstöcken, vier sind Teilgebiete in Tongestein und drei weitere sind Teilgebiete in Steinsalz in flacher Lagerung. In einem ersten fachlichen Beratungsprojekt für den Landkreis Emsland hat das Öko-Institut bereits die von der BGE vorgenommene Bewertung der drei Salzstöcke Wahn (TG 024), Lathen (TG 028) und Börger (TG 030) auf Plausibilität hin geprüft (Öko-Institut e.V. 2021b).

Nach der Ausweisung der Teilgebiete unternimmt die BGE nun die Eingrenzung der Teilgebiete auf diejenigen Gebiete, die in Phase II des Standortauswahlverfahrens (StandAV) übertägig erkundet werden sollen. Diese Eingrenzung geschieht stufenweise anhand einer repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchung. Zwischenergebnisse dieser Eingrenzungsarbeiten der BGE veröffentlicht diese einmal jährlich.

Mit Schreiben vom 12.07.2024 beauftragte der Landkreis Emsland die Öko-Institut Consult GmbH, die Ergebnisse der BGE gemäß Zwischenbericht Teilgebiete und unterfütternder Unterlagen hinsichtlich der Teilgebiete in Tongestein (TG 004, TG 005, TG 006 und TG 007) sowie der Teilgebiete in Steinsalz in flacher Lagerung (TG 076_03, TG 077 und TG 078_06) auf ihre Plausibilität hin zu prüfen. Darüber hinaus sollten die jährlichen Arbeitstände der BGE für den Landkreis in Bezug auf ihre Relevanz für den Landkreis eingeordnet werden.

Im vorliegenden Gutachten werden Plausibilität und Nachvollziehbarkeit der Vorgehensweise und der Bewertung bei der Ausweisung von Teilgebieten im Tongestein sowie in flach lagernden Steinsalzvorkommen im Landkreis Emsland anhand der verfügbaren Unterlagen geprüft und mit den Vorgaben des Standortauswahlgesetzes abgeglichen. Die Methodik der Anwendungen von Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien wird in Kapitel 2 übergeordnet beschrieben. Anschließend wird in Kapitel 3 die Situation der ausgewiesenen Teilgebiete im Landkreis Emsland im Überblick dargestellt. Die Anwendung der Kriterien und Anforderungen, die zur Ausweisung von Teilgebieten mit Relevanz für den Landkreis geführt haben, werden in den nachfolgenden Kapiteln 4, 5, und 6 geprüft. Die Anwendung der Ausschlusskriterien innerhalb der Landkreisgrenzen (Kapitel 4) sowie die Anwendung der Mindestanforderungen (Kapitel 5) und der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (Kapitel 6) auf die relevanten Teilgebiete werden in Bezug auf die Teilgebietssegmente im Landkreis auf Nachvollziehbarkeit hin geprüft.

Abschließend wird in Kapitel 7 eingeordnet, ob sich aus dem bis Ende 2025 veröffentlichten Arbeitsständen der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchung der BGE, Rückschlüsse auf die Teilgebiete im Landkreis ergeben.

2 Anwendungskriterien im Zwischenbericht Teilgebiete

Zur Ermittlung von Teilgebieten gem. § 13 StandAG (StandAG 2017) wurden durch die Vorhabenträgerin BGE Geodaten der staatlichen geologischen Dienste für das gesamte Gebiet der Bundesrepublik Deutschland abgerufen. Auf diese Daten wurden in einem ersten Schritt die in § 22 StandAG festgelegten **Ausschlusskriterien (AK)** angewendet. Die Bereiche des Staatsgebietes, in denen ein Ausschlusskriterium erfüllt ist, wurden aus dem Verfahren ausgeschlossen. Ausschlusskriterien sind Kenntnisse über großräumige Vertikalbewegungen, aktive Störungszonen, Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit, seismische oder vulkanische Aktivität sowie über das Grundwasseralter (siehe Kapitel 2.1). Die Anwendungsmethodik der Ausschlusskriterien ist in Kapitel 2.1 im Einzelnen erläutert.

Im, nach der Anwendung der Ausschlusskriterien verbleibenden Gebiet wurden stratigraphische Einheiten[2] identifiziert, in denen grundsätzlich geeignete Wirtsgesteine für die Errichtung eines Endlagers vorkommen können. Nach § 23 StandAG sind grundsätzlich geeignete Wirtsgesteine Steinsalz, Tongestein oder Kristallingestein. Auf diese Gesteinsvorkommen wurden dann die **Mindestanforderungen (MA)** gemäß § 23 StandAG angewendet. Die Anwendung der fünf Mindestanforderungen ist im Bericht „Anwendung Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG“ (BGE 2020c) dargestellt. Ist eine Mindestanforderung nicht erfüllt, scheidet das betroffene Gebiet aus dem Verfahren aus. Es gibt Mindestanforderungen zu Gebirgsdurchlässigkeit, zur Mächtigkeit und minimalen Teufe[3] des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (ewG)[4], zur Fläche des Endlagers und zum Erhalt der Barrierewirkung (siehe Kapitel 2.2). Die Anwendungsmethodik der Mindestanforderungen ist in Kapitel 5 detailliert erläutert. Gebiete, die alle Mindestanforderungen erfüllen, wurden von der BGE in Anlehnung an § 13 Abs. 2 StandAG als **identifizierte Gebiete (IG)** bezeichnet und mit einer Kennung versehen. Innerhalb des Landkreises Emsland liegen 15 identifizierte Gebiete.

Anschließend wurden auf diese identifizierten Gebiete die in § 24 StandAG und den Anlagen 1 bis 11 ausgeführten **geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (geoWK)** angewendet. Durch die Anwendung dieser geoWK soll bewertet werden, „ob in einem Gebiet eine günstige geologische Gesamtsituation“ (StandAG 2017) vorliegt. Dazu wurden elf Kriterien (siehe Kapitel 2.3), die jeweils mit einem oder mehreren Indikatoren untersetzt sind, herangezogen.

Die Bewertungsskala der Indikatoren und Kriterien reicht von „günstig“ über „bedingt günstig“ bis zu „weniger günstig“/„ungünstig“ (Bezeichnung im StandAG) bzw. „nicht günstig“ (Bezeichnung gemäß Umsetzung der BGE). Identifizierte Gebiete, in denen nach der Kriterienanwendung eine günstige

[2] Als stratigraphische Einheit bezeichnet man ein räumliches Gesteinsvolumen, welches sich durch die charakteristischen geologischen Merkmale bezüglich der Entstehungsgeschichte und Herkunft der Komponenten identifizieren lässt und in dessen erdzeitlichem Entstehungsalter chronologisch definiert ist.

[3] Die Teufe ist ein bergmännischer Ausdruck, mit dem die Tiefe unter der Geländeoberfläche beschrieben wird.

[4] Mit dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich ist der Gesteinsbereich im tiefen Untergrund eines Gebirges gemeint, in dem der sichere Einschluss der radioaktiven Abfälle durch eine Kombination aus geologischen, geotechnischen und technischen Barrieren dauerhaft gewährleistet werden kann. (Quelle: https://www.grs.de/de/glossar)

geologische Gesamtsituation angenommen werden kann, werden als **„Teilgebiete“ (TG)** bezeichnet und im **Zwischenbericht Teilgebiete (ZB TG)** (BGE 2020e) dargestellt.

Die konkrete Anwendung der Ausschlusskriterien, der Mindestsanforderungen und der geoWK auf die stratigraphischen Einheiten mit Bezug zum Landkreis Emsland, aufgrund derer die Teilgebiete ausgewiesen wurden, wird in Kap. 4, 0 und 0 erläutert und bewertet.

2.1 Ausschlusskriterien (AK)

Die sechs Ausschlusskriterien gemäß § 22 StandAG sowie die Methodik der Anwendung im ZB TG (BGE 2020e) werden hier näher erläutert:

Großräumige Vertikalbewegungen

Durch das Ausschlusskriterium großräumige Vertikalbewegungen sollen Gebiete ausgeschlossen werden, in denen innerhalb der nächsten eine Million Jahre Hebungen mit Beträgen von mehr als einem Millimeter pro Jahr zu erwarten sind. Zur Anwendung des Kriteriums hat die BGE zwei Datenabfragen bei den geologischen Diensten der Bundesländer und bei Bundesbehörden vorgenommen. Neben diesen spezifischen Datenlieferungen stellt die von der BGE in Auftrag gegebene Studie „Prognosemöglichkeiten von großräumigen Vertikalbewegungen in Deutschland“ (BGR 2019a) die wesentliche Quelle für die Anwendung des Ausschlusskriteriums dar.

Darin kommen die Autoren zu dem Schluss, dass „die für Mitteleuropa diskutierten, vermutlich zurzeit wirkenden endogenen Prozesse […] nach heutigem Kenntnisstand nur Hebungsraten deutlich unter 1000 Meter pro Million Jahre“ (Jähne-Klingberg et al. 2019) hervorbringen. Aufgrund der Komplexität bewerten sie, dass „verlässliche quantifizierbare flächige Zukunftsprognosen auf Basis von Modellen zu diesen komplexen geodynamischen Zusammenhängen […] eine genauere, konsistentere und flächendeckendere Datenbasis als heute vorhanden“ (BGR 2019a) erfordern. Die BGE geht auf dieser Grundlage davon aus, dass im Nachweiszeitraum Hebungsraten von 1000 m nicht erreicht werden.

Aktive Störungszonen

Als aktive Störungszone werden gemäß § 22 Abs. 2 Nr. 2. StandAG „Brüche in den Gesteinsschichten der oberen Erdkruste wie Verwerfungen mit deutlichem Gesteinsversatz sowie ausgedehnte Zerrüttungszonen mit tektonischer Entstehung, an denen nachweislich oder mit großer Wahrscheinlichkeit im Zeitraum Rupel bis heute, also innerhalb der letzten 34 Millionen Jahre, Bewegungen stattgefunden haben“, bezeichnet. Grundlage zur Anwendung des Ausschlusskriteriums aktive Störungszonen waren zum einen die Angabe der Koordinaten von Linien- oder Flächenelementen, die die Lage von tektonischen oder atektonischen Störungszonen beschreiben, zum anderen Angaben zur stratigraphischen oder zeitlichen Einordnung deren Aktivität sowie zur Raumlage von Störungen und zu Versatzbeträgen.

Aktive Störungszonen werden im Zwischenbericht Teilgebiete mit einem Sicherheitsabstand von 1000 m beidseitig der Störungsfläche ausgeschlossen. Dieser Abstand wurde der Begründung zum Gesetzentwurf zum StandAG (Fraktionen CDU/CSU, SPD und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN 2017) entnommen; darin heißt es, der erforderliche Sicherheitsabstand sei individuell abzuschätzen und betrage in der Regel mindestens einen Kilometer. Das ausgeschlossene Gebiet „wird von der Geländeoberkante vertikal in alle endlagerrelevanten Tiefen projiziert“ (BGE 2020b).

Im Fall von Scheitelstörungen, „die im Deckgebirge von Salzstrukturen (z.B. Salzwälle und Salzdiapire) auftreten“ (BGE 2020b), wird von diesem Vorgehen abgewichen. Scheitelstörungen werden nur für das Deckgebirge von steilstehenden Salinaren[5] als ausgeschlossene Gebiete angeführt, und auch nur dann, wenn „der höchste Punkt der Salzstruktur unterhalb von 300 m“ (Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) 2020e) unter der Geländeoberkante (GOK) liegt. Das entspricht der Mindestteufe der Oberfläche des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (ewG) gemäß § 23 Abs. 5 Nr. 3 StandAG. Begründet wird dieses Vorgehen durch die Annahme eines grundsätzlich duktilen Verformungsverhalten von Steinsalz, durch das auch hohe Spannungen „in der Regel nicht zu spröder Deformation“ (BGE 2020b) führten und sich Störungszonen im Deckgebirge von Salzstöcken nicht innerhalb der Salinarstruktur fortsetzten. Damit bleibe die Barrierenwirksamkeit einer Salzstruktur erhalten (BGE 2020e).

Diese Annahme wird in der Fachliteratur jedoch weit differenzierter diskutiert (bspw. (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe 2020; Frisch und Kockel 2004). Das Vorgehen der BGE hinsichtlich der Behandlung von Scheitelstörungen oberhalb von Salzstrukturen bedarf aus Sicht der Autoren einer detaillierteren Begründung und wissenschaftlichen Abstützung als im Zwischenbericht dargestellt und sollte im weiteren Verfahren in jedem Einzelfall überprüft werden. Da der Fernerkundung salinarer Gesteine mittels geophysikalischer Methoden enge Grenzen gesetzt sind, wird dies mutmaßlich nur durch Bohrungen oder im Rahmen der Erkundung aus einem Bergwerk heraus möglich sein.

Atektonische Vorgänge, d. h. Phänomene, die nicht durch tektonische Prozesse, sondern beispielsweise durch Verkarstung entstehen, aber für die Sicherheit eines Endlagers ähnliche Konsequenzen wie tektonische Störungen nach sich ziehen können, sind nach § 22 Abs. 2 Nr. 2 StandAG wie tektonische Störungen zu behandeln. Im Bericht „Anwendung Ausschlusskriterien gemäß § 22 StandAG“ (BGE 2020b) werden folgende mögliche atektonische Vorgänge genannt: Deformationen durch Diagenese (nachträgliche Verfestigung eines Sediments unter dem Einfluss von Druck, Temperatur und weiteren Einflüssen), Senkungen und Einstürze über Lösungshohlräumen, subaerische und subaquatische Rutschungen (Rutschungsvorgänge an Land und unter Wasser, bspw. Muren oder durch Seebeben ausgelöste Rutschungen von Sedimenten an Kontinentalabhängen), Glazialtektonik, Kryoturbation (Bodenbewegungen aufgrund des Wechsels von Frost- und Tauperioden während Kaltzeiten) und Impaktereignisse (Meteoriteneinschläge). Von diesen wird Impaktereignissen und Einstürzen über Lösungshohlräumen eine mögliche Beeinflussung der Sicherheit des Endlagers zugeschrieben. Durch atektonische Vorgänge ausgeschlossene Gebiete wurden im Zwischenbericht Teilgebiete „analog zu aktiven Störungszonen“ ausgewiesen, indem „ein Sicherheitsabstand von 1000 m auf die jeweiligen atektonischen Vorgänge addiert wird“ (BGE 2020b).

Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit

Bei der Anwendung des Kriteriums Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit wird von der BGE zwischen Bohrungen einerseits und Bergwerken andererseits unterschieden.

Bohrdaten wurden von der BGE bei den zuständigen Landes- und Bundesbehörden zweimal, zunächst zur Anwendung der Ausschlusskriterien und anschließend für die Anwendung der

[5] Mit Salinaren werden Gesteinskomplexe bezeichnet, die überwiegend aus Salzgesteinen (Evaporiten) aufgebaut sind.

Mindestanforderungen, abgefragt. Bohrungen, „deren Einwirkungsbereich den endlagerrelevanten Bereich von 300 bis 1.500 m unter GOK“ (BGE 2020b) erreichen, wurden mit einem Sicherheitsradius von 25 m um den Bohrlochverlauf ausgeschlossen. Vertikale Bohrungen bzw. Bohrungen, deren Verlauf unbekannt ist und die daher als vertikal angenommen werden, werden in der Kartendarstellung entsprechend als Punkte abgebildet, abgelenkte Bohrungen als Linien, die der Projektion des Bohrlochverlaufs an die Oberfläche entsprechen.

Daten zu Lage und Erstreckung von Bergwerken sowie „des durch die bergbauliche Tätigkeit geschädigten Gebirgsbereiches“ (BGE 2020b) wurden von der BGE in mehreren Datenabfragen von den zuständigen Landes- und Bundesbehörden angefordert; dabei wurde zwischenzeitlich die Methodik zur Kriterienanwendung weiterentwickelt. Vom weiteren Verfahren ausgeschlossen wurden Gebiete mit Bergwerken, deren Hohlräume im endlagerrelevanten Tiefenbereich von 300 bis 1.500 m unter GOK liegen. Dabei wurden die Bereiche, in denen das Gebirge durch den Bergbau potenziell geschädigt sein kann, entweder anhand mitgelieferter Informationen oder durch die BGE selbst unter Zugrundelegung der maximalen horizontalen Ausdehnung des Grubengebäudes, der maximalen Tiefe und eines Grenzwinkels bestimmt.

Seismische Aktivität

Beim Ausschluss von Gebieten aufgrund des Kriteriums seismische Aktivität hat sich die BGE gemäß § 22 Abs. 2 Nr. 4. StandAG an der Kartendarstellung der Erdbebenzonen in DIN EN 1998-1/NA 2011-01 orientiert. Ausgeschlossen wurden Gebiete mit einer örtlichen seismischen Gefährdung größer als in Erdbebenzone 1. Dazu wurde die Konturlinie, die den Übergang zwischen den Erdbebenzonen 1 und 2 in der Kartendarstellung markiert, digitalisiert. Die Datenlieferungen für diese Zweck waren „sehr heterogen und enthielten […] meist thematisch verwandte aber nur in wenigen Fällen die konkret erfragten Informationen“ (BGE 2020b). Hervorzuheben ist, dass der Nationale Anhang zur DIN EN 1998-1 zwischenzeitlich überarbeitet und im Juli 2021 veröffentlicht wurde. Die BGE beabsichtigt, den aktualisierten Anhang im weiteren StandAV zu berücksichtigen.

Vulkanische Aktivität

Die BGE hat zur Anwendung des Ausschlusskriteriums Vulkanische Aktivität bei den Geologischen Diensten der Bundesländer und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) Daten zu Gebieten abgerufen, in denen quartärer Vulkanismus stattgefunden hat oder innerhalb der nächsten Million Jahre Vulkanismus erwartet wird. Im Bericht zur Anwendung der Ausschlusskriterien (BGE 2020b) wird ausgeführt, dass Prognosen über zukünftigen Vulkanismus aus keinem Bundesland vorliegen.

Zur Ermittlung ausgeschlossener Gebiete wurde auf Grundlage einer Literaturauswertung „die Verteilung quartärer Eruptionszentren herangezogen“ (BGE 2020b). Um die Eruptionszentren wurde ein Sicherheitsabstand von 10 km berücksichtigt.

Grundwasseralter

Durch das Ausschlusskriterium *Grundwasseralter* soll sichergestellt werden, dass in der Umgebung eines Endlagers keine Grundwässer existieren, die „am aktuellen hydrologischen Kreislauf teilnehmen“, so die Begründung des StandAG (Fraktionen CDU/CSU, SPD und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN 2017) und damit einen Schadstofftransport aus dem Endlager in den Lebensraum von Menschen ermöglichen. In der Gesetzesbegründung wird weiterhin darauf hingewiesen, dass „die

Konzentration der Isotope Tritium [^{3}H] und Kohlenstoff-14 [^{14}C] im Grundwasser des vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereiches oder Einlagerungsbereiches“ (Fraktionen CDU/CSU, SPD und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN 2017) als Bewertungsgrundlage herangezogen werden können.

Die BGE orientiert sich bei der ersten Anwendung der Ausschlusskriterien am Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd), der dazu in seinem Abschlussbericht 2002 festhielt: „Das Grundwasser im Wirtsgestein und einschlusswirksamen Gebirgsbereich eines Standortes (einer Region) sowie in sicherheitsrelevanten Bereichen ihrer Umgebung darf kein Tritium und/oder Kohlenstoff-14 enthalten“ (Appel et al. 2002). Da zum jetzigen Zeitpunkt weder einschlusswirksame Gebirgsbereiche noch Einlagerungsbereiche bekannt sind, wird „ein großräumiger Ausschluss von Gebieten auf Basis des Ausschlusskriteriums „Grundwasseralter““ seitens der BGE als „nicht zielführend“ beschrieben (BGE 2020b). Stattdessen „erfolgt eine punktuelle Ermittlung ausgeschlossener Gebiete“ (BGE 2020b).

In zwei Datenabfragen wurden Informationen zum Grundwasseralter, ^{3}H- und ^{14}C-Gehalten sowie Lage, Bezeichnung der hydrogeologischen Einheit etc. bei den Bundes- und Landesbehörden abgefragt. Im Ergebnis zeigt sich, dass alle Datenpunkte mit relevanten Informationen zum Grundwasseralter entweder durch Bohrungen oder Bergwerke bereits im Rahmen des Ausschlusskriteriums *Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit* erfasst sind. Es werden „insgesamt 58 Datenpunkte und 96 Linien“ ausgewiesen, durch die jedoch „kein zusätzlicher Ausschluss“ erfolgt (BGE 2020b).

2.2 Mindestanforderungen (MA)

Die in § 23 StandAG festgelegten Mindestanforderungen wurden auf potenzielle Wirtsgesteine angewandt, die auf Grundlage der stratigraphischen Tabelle von Deutschland und vertiefender Informationen wie Bohrdaten, 3D-Modellen etc. ausgewiesen werden. Die BGE hat Informationen zu den Mindestanforderungen in zwei Datenabfragen bei den zuständigen Bundes- und Landesbehörden abgerufen und dazu, analog zur Datenabfrage für Ausschlusskriterien, eine Arbeitshilfe (BGE 2018) formuliert.

Im Folgenden werden die fünf Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG sowie die Methodik der Anwendung im Zwischenbericht Teilgebiete auf die Wirtsgesteine Tongestein und Steinsalz in flacher Lagerung erläutert:

Gebirgsdurchlässigkeit

Für Steinsalz sowie für Tongestein wird in dieser Phase des Standortauswahlverfahrens grundsätzlich angenommen, dass aufgrund deren bekannter Eigenschaften die Gebirgsdurchlässigkeit ausreichend gering ist (BGE 2020c), um die Mindestanforderung, eine Gebirgsdurchlässigkeit von weniger als 10^{-10} m/s, zu erfüllen. Widersprechende Erkenntnisse liegen bisher nicht vor.

Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Nach § 23 Abs. 5 Nr. 2 StandAG muss der Gebirgsbereich, der den einschlusswirksamen Gebirgsbereich (ewG) aufnehmen soll, mindestens 100 m mächtig sein. Im Fachbericht der BGE zur Anwendung der Mindestanforderungen (BGE 2020c) wird dargestellt, dass „für alle steil

stehenden Salzstrukturen, die eine Mächtigkeit von mindestens 100 m aufweisen, […] diese Mindestanforderung im jetzigen Verfahrensschritt als erfüllt“ gilt.

Als Mächtigkeit des ewG in Teilgebieten in Tongestein wurde die Mächtigkeit der stratigraphischen Einheit, in der sich das Tongestein befindet, innerhalb der Suchparameter von 300 m bis 1.500 m unter Geländeoberkante (GOK) (BGE 2020e), angegeben. Als Tongestein ausgewiesene stratigraphische Einheiten bestehen in aller Regel nicht nur aus Ton, sondern auch aus gröberen Gesteinspartikeln wie Silt oder Sand. Im Fachbericht zur Anwendung der Mindestanforderungen wird ausgeführt, dass in als relevante Abfolge identifizierten stratigraphischen Einheiten auch Gesteinsformationen enthalten sein können, die die Mindestanforderungen nicht erfüllen; es lägen allerdings Hinweise vor, die grundsätzlich belegten, dass Tongesteine dieser stratigraphischen Einheit in ausreichender Mächtigkeit vorkommen könnten (BGE 2020c). Diese ungenaue Vorgehensweise im ersten Schritt des Standortauswahlverfahrens wird auf die geringe stratigraphische Auflösung der zur Kriterienanwendung genutzten 3D-Modelle zurückgeführt.

Für Steinsalz in stratiformer Lagerung wird durch die BGE analog zu Tongesteinen vorgegangen. Auch hier erfüllt in der Regel nicht die gesamte stratigraphische Einheit die Anforderungen, die an ein Wirtsgestein für ein Endlager zu stellen sind. Im Fachbericht zur Anwendung der Mindestanforderungen wird jedoch darauf hingewiesen, dass „Informationen aus Bohrungen überwiegend als Beleg für die Erfüllung der Mindestanforderung“ (BGE 2020c) dienen.

Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Die generelle Anforderung, dass die Oberfläche des ewG mindestens 300 m unter der Geländeoberkante liegen muss, wird in § 23 Abs. 5 Nr. 3 StandAG für Steinsalz in steiler Lagerung ergänzt um das Vorhandensein einer Salzschwebe von mindestens 300 m Mächtigkeit, d. h. eines Bereiches von mindestens 300 m Salz, der oberhalb des ewG zum Schutz gegen Erosion und Wasserzutritt stehen bleiben soll. Für die Ausweisung von Teilgebieten betrachtet die BGE mit Vorhandensein einer 300 m mächtigen Salzschwebe auch die Mindestanforderung von 300 m Abstand zur Geländeoberkante als erfüllt. Dabei wird lediglich die Mächtigkeit des Salzstocks zur Bewertung herangezogen; lässt sich aus den genutzten 3D-Modellen oder anderen Informationen der Schluss ableiten, dass innerhalb einer Salzstruktur 400 m Mächtigkeit erreicht werden – 300 m Salzschwebe +100 m Mindestmächtigkeit – wird die Anforderung als erfüllt angesehen.

Für Teilgebiete in Tongesteinen wird die Mindestanforderung als erfüllt angesehen, wenn sie Tiefen von mehr als 300 m unter GOK erreichen. Die zusätzliche Anforderung an Tongesteine gemäß § 23 StandAG, dass eine Beeinträchtigung des ewG durch Dekompaktion[6] des Tongesteins nach einer Schädigung des Deckgebirges durch intensive Erosion, beispielsweise in der Folge von Eiszeiten, ausgeschlossen werden kann, kann nach Aussage der Vorhabenträgerin „derzeit nicht beantwortet werden“ und wird daher „grundsätzlich als erfüllt angesehen“ (BGE 2020c).

Für Vorkommen von Steinsalz in stratiformer Lagerung wird analog zum Vorgehen für Tongesteine verfahren und die Mindestanforderung als erfüllt angesehen, wenn die Gesteine Tiefen von mehr als 300 m unter GOK erreichen. Anteile des Gesteinskörpers, die höher als 300 m unter GOK liegen,

[6] Wie in Kapitel 2 ausgeführt entstehen Tongesteine durch Sedimentation feiner Gesteinspartikel z.B. in Seen oder Meeresbecken. Durch die Auflast jüngerer Gesteine werden sie im Laufe der Erdgeschichte zusammengedrückt, d. h. kompaktiert. Wenn die Auflast durch überlagernde Gesteine verringert wird, z.B. durch Erosion, können Tongesteine dekompaktieren und bestimmte Eigenschaften, die sie als Wirtsgestein qualifizieren, verlieren.

werden, wie auch bei Tongesteinen, nicht berücksichtigt. Eine Salzschwebe von 300 m analog zu Steinsalzvorkommen in steiler Lagerung wird für Steinsalz in stratiformer Lagerung durch das StandAG nicht gefordert.

Fläche des Endlagers

Für Gebiete mit Steinsalz in steiler Lagerung wird, wie in der Begründung zum Gesetzentwurf des StandAG (Fraktionen CDU/CSU, SPD und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN 2017) für das Wirtsgestein Salz vorgeschlagen, eine Fläche von 3 km^2 als Mindestflächenbedarf angenommen. Die Fläche der maximalen Ausdehnung wurde für Salinare unter Zuhilfenahme geologischer 3D-Modelle berechnet und die Mindestanforderung als erfüllt angesehen, wenn eine horizontale Ausdehnung von mindestens 3 km^2 vorliegt.

Bei Tongestein wurde die maximale Ausdehnung des potentiellen Wirtsgesteins mit Hilfe von geologischen 3D-Modelle oder 2D-Karten ermittelt und die Mindestanforderung bei einer horizontalen Ausdehnung von 10 km^2, ebenfalls angelehnt an die Begründung zum StandAG (Fraktionen CDU/CSU, SPD und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN 2017) als erfüllt angesehen (BGE 2020c).

Auch für den Flächenbedarf für ein Endlager im Wirtsgestein Steinsalz in stratiformer Lagerung wird ein Flächenbedarf von 3 km^2 angenommen. Zur Methodik der Flächenermittlung in Gebieten mit stratiformem Steinsalz enthält der Fachbericht zu den Mindestanforderungen (BGE 2020c) keinen Hinweis. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Flächenermittlung analog zu den Wirtsgesteinen Tongestein und Steinsalz in steiler Lagerung mittels 3D-Modellen und Karten erfolgte.

Erhalt der Barrierewirkung

Die Mindestanforderung *Erhalt der Barrierewirkung* stellt eine Negativ-Anforderung dar: Informationen, die gegen einen Erhalt der Barrierewirkung über den Zeitraum von einer Million Jahren sprechen, dürfen nicht vorliegen. Die BGE übernimmt den Gesetzestext fast wörtlich in den Fachbericht zu den Mindestanforderungen. Demnach wird die Mindestanforderung als nicht erfüllt angesehen, wenn „klare Erkenntnisse oder Daten vorliegen, dass der Erhalt der Barrierewirkung zweifelhaft erscheint“ (BGE 2020c). Eine konkrete Abfrage nach Daten und Informationen, die gegen den Erhalt der Barrierewirkung von Gesteinseinheiten über den geforderten Zeitraum sprechen, erfolgt der Arbeitshilfe (BGE 2018) zufolge nicht.

2.3 Geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (geoWK)

Die geoWK werden in § 24 StandAG sowie den Anlagen 1 bis 11 ausgeführt. Der Vorgehensweise der BGE liegt die Unterlage „Arbeitshilfe zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Rahmen von § 13 StandAG“ (BGE 2020d) zugrunde. Im Fachbericht „Teilgebiete und Anwendung Geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG“ (BGE 2020j) wird die Anwendung im Detail ausgeführt und eine Übersicht über die Ergebnisse gegeben.

Im Folgenden werden die elf geowissenschaftlichen Abwägungskriterien und deren Anwendung durch die BGE bei der Ermittlung von Teilgebieten in Steinsalz näher erläutert.

Kriterium 1 zur Bewertung des Transportes radioaktiver Stoffe durch Grundwasserbewegungen im einschlusswirksamen Gebirgsbereich

Aus dem Endlager bzw. dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich sollen möglichst keine radioaktiven Stoffe entweichen können. Zur Bewertung eines möglichen Stofftransports und damit potenziellen Austrags von Schadstoffen aus dem Endlager beziehen sich die Indikatoren auf Eigenschaften, die die Grundwasserströmung und die Diffusion durch das Gestein betreffen. Als Indikatoren wurden die Parameter *Abstandsgeschwindigkeit des Grundwassers*, *Charakteristische Gebirgsdurchlässigkeit des Gesteinstyps*, *Charakteristischer effektiver Diffusionskoeffizient des Gesteinstyps für tritiiertes Wasser (HTO) bei 25 °C*, *Absolute Porosität* und *Verfestigungsgrad* herangezogen. Die Indikatoren *Absolute Porosität* und *Verfestigungsgrad* finden nur für Tongestein Anwendung. Das Kriterium wurde für alle Wirtsgesteine mittels Referenzdaten bewertet.

Zur Bewertung des Indikators *Abstandsgeschwindigkeit des Grundwassers* wurden allgemeine Materialeigenschaften des Wirtsgesteins Steinsalz herangezogen. Er wird für Steinsalz als günstig bewertet. Zur Begründung wird auf die allgemein geringe Durchlässigkeit bzw. Undurchlässigkeit von Steinsalz verwiesen, aufgrund derer ausschließlich diffusiver Transport denkbar ist (BGE 2020i).

Für Tongesteine wird dieser Indikator ebenfalls als günstig bewertet. Ausgehend von veröffentlichten Literaturwerten für die Porosität verschiedener Tongesteine und hydraulischen Gradienten, die der hydrogeologischen Karte von Niedersachsen entnommen wurden, wurden minimale und maximale Abstandsgeschwindigkeiten für verschiedene Tongesteinsvorkommen berechnet. Die BGE gibt an, „trotz breiter Schwankungen bei Alter, Teufe und Tonanteil“ könnten „alle berechneten Werte mit einer Ausnahme als günstig bewertet werden“ (BGE 2020i). Es wird darauf hingewiesen, dass „die tatsächliche Abstandsgeschwindigkeit [...] sich jedoch nur mit standortspezifischen Untersuchungen ermitteln“ (BGE 2020i) lassen.

Der als ungünstig bewertete Referenzwert wurde mit Daten aus dem in Belgien als Wirtsgestein untersuchten Boom Clay berechnet. Dabei handelt es sich um einen nur schwach verfestigten Ton, der von allen im Referenzdatensatz verwendeten Werten möglicherweise am ehesten zur Verwendung als Analogon zu den tertiären Tonsteinen Norddeutschlands geeignet ist. Die grundsätzlich günstige Bewertung dieses Indikators muss daher in Frage gestellt werden.

Der Indikator *Charakteristische Gebirgsdurchlässigkeit des Gesteinstyps* wurde anhand von Literaturdaten, bspw. aus Untersuchungen im Bergwerk Morsleben, der Schachtanlage Asse und der Waste Isolation Pilot Plant (WIPP[7]) in New Mexico (USA) für Steinsalz bewertet. Er wurde ebenfalls als günstig eingestuft. Auch für Tongesteine wurden Literaturwerte herangezogen, unter anderem aus Gesteinen, die im Rahmen der Erkundung bzw. Forschung zur Endlagerung in der Schweiz und in Frankreich gewonnen wurden. Der Indikator wird für Tongesteine als günstig bewertet.

Für den Indikator *Charakteristischer effektiver Diffusionskoeffizient des Gesteinstyps für tritiiertes Wasser (HTO) bei 25 °C* wird darauf hingewiesen, dass eine experimentelle Bestimmung der Diffusionsgeschwindigkeit mit HTO für Steinsalz nicht durchführbar sei, da das Steinsalz vom Wasser gelöst würde. Er wird daher anhand allgemeiner Materialeigenschaften bewertet. Aufgrund der geringen Porosität von Steinsalz wird von einer „sehr geringen Diffusionsgeschwindigkeit“ (BGE 2020i) ausgegangen und der Indikator für Steinsalz mit günstig bewertet. Für Tongesteine werden experimentell ermittelte Werte aus den Untertagelaboren in Mont Terri in der Schweiz und Bure in

[7] https://www.wipp.energy.gov/

Frankreich herangezogen. Da der effektive Diffusionskoeffizient in allen Fällen geringer als 10^{-1} m^2/s bestimmt wurde, wird der Indikator als günstig bewertet.

Der Indikator *Charakteristischer effektiver Diffusionskoeffizient des Gesteinstyps für tritiiertes Wasser (HTO) bei 25 °C* dient der Bewertung der Diffusionsgeschwindigkeit innerhalb eines Wirtsgesteins bzw. einschlusswirksamen Gebirgsbereichs. Für Tongesteine Anlage 1 zu § 24 StandAG vor, die Diffusionsgeschwindigkeit mittels der Indikatoren *Absolute Porosität* und *Verfestigungsgrad* zu bewerten. Dies hat die BGE im Zwischenbericht Teilgebiete nicht getan, sondern wie für Steinsalz und kristalline Gesteine den effektiven charakteristischen Diffusionskoeffizient herangezogen. Eine Begründung, warum die Indikatoren *absolute Porosität* und *Verfestigungsgrad* nicht genutzt werden, ist den Teilgebietssteckbriefen und dem Referenzdatensatz nicht zu entnehmen. Zum Indikator *absolute Porosität* wird im Referenzdatensatz (BGE 2020i) festgehalten, „da standortspezifisch Untersuchungen durchgeführt werden müssen", könne „der Indikator als „günstig" bewertet werden". Zum Indikator *Verfestigungsgrad* wird ausgeführt: „Da zum jetzigen Zeitpunkt jedoch keine dieser ortsspezifischen Daten vorliegen, werden standortspezifische Untersuchungen durchgeführt werden müssen. Eine allgemeine Aussage zur Ausprägung des Verfestigungsgrades des Wirtsgesteins Tongestein kann nicht erfolgen. Deshalb sind alle drei Wertungsgruppen möglich" (BGE 2020i).

Das Kriterium zur *Bewertung des Transportes radioaktiver Stoffe durch Grundwasserbewegungen im einschlusswirksamen Gebirgsbereich* wurde für Steinsalz und Tongesteine entsprechend der Indikatorbewertungen als günstig bewertet.

Kriterium 2 zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper

Das Kriterium zur *Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper* wird auf Grundlage gebietsspezifischer Daten anhand der Indikatoren *Barrierenmächtigkeit*, *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich*, *Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* und *Flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit* bewertet. Der Indikator 5 – *Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischem Potenzial, die die Induzierung beziehungsweise Verstärkung der Grundwasserbewegung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich ermöglichen können* – findet nur für Teilgebiete in Tongestein Anwendung. Da dem Kriterium aufgrund der für den Zwischenbericht Teilgebiete zur Verfügung stehenden Datenlage eine besondere Bedeutung zukomme, wird die Gesamtbewertung des Kriteriums durch den am schlechtesten bewerteten Indikator bestimmt (BGE 2020k).

Durch die Erfüllung des Indikators *Barrierenmächtigkeit* soll gezeigt werden, dass die Gesteine des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs als Barriere den Einschluss der eingelagerten Abfallstoffe über mindestens eine Million Jahre gewährleisten. Dazu wird ein Abstand von mehr als 150 m zum Rand des Gesteinskörpers als günstig angenommen. Da die genaue Lage des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs noch nicht bekannt ist, bewertet die BGE eine Mächtigkeit des Wirtsgesteins von 300 m generell als günstig (BGE 2020j).

Durch den Indikator *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich* wird sichergestellt, dass die eingelagerten Abfälle vollständig vom Wirtsgestein umschlossen sind, um einen Transport von Schadstoffen aus dem Endlager möglichst zu verhindern. Es wird seitens der Vorhabenträgerin „zum jetzigen Zeitpunkt [...] davon ausgegangen, dass Wirtsgestein und einschlusswirksamer Gebirgsbereich Teil ein und desselben

Gesteinskörpers sind“, der die funktionalen Eigenschaften des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches“ aufweise und „die Anlage eines Endlagerbergwerks“ erlaube. Daher erfolge die Bewertung des Indikators „für alle identifizierten Gebiete aller Wirtsgesteine“ als günstig (BGE 2020j).

Der Indikator *Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* dient dem Ausweis, dass das Endlager einen hinreichenden vertikalen Abstand von der Oberfläche bzw. der Biosphäre, und damit von Mensch und Umwelt, hat. Eine Tiefe von 500 m unter GOK wird dabei nach Anlage 2 zu § 24 StandAG als günstig angesehen.

Zur Bewertung des Indikators *Flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit* wird für Steinsalz in steiler Lagerung, der Begründung zum Gesetzesentwurf des StandAG (Fraktionen CDU/CSU, SPD und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN 2017) folgend, ein Mindestflächenbedarf von 3 km^2 angesetzt. Als günstig sind nach Anlage 2 zu § 24 Abs. 3 StandAG Gesteinskörper mit einer Ausdehnung von deutlich mehr als dem 2-fachen Flächenbedarf zu bewerten, als bedingt günstig potenzielle Wirtsgesteine mit einer Ausdehnung von etwa dem 2-fachen Flächenbedarf und als weniger günstig Gesteinseinheiten mit einer flächenhaften Ausdehnung von deutlich weniger als dem 2-fachen Flächenbedarf. Nach dem Fachbericht zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (BGE 2020j) wird für Steinsalz ein Flächenangebot von 3 – 6 km^2 als weniger günstig, 6 – 9 km^2 als bedingt günstig und größer 9 km^2 als günstig übersetzt. Für Gebiete in Tongesteinen gilt eine Fläche von 10 – 20 km^2 als weniger günstig, 20 – 30 km^2 als bedingt günstig und mehr als 30 km^2 als günstig. Die Bewertung der identifizierten Gebiete wurde „nach der jeweiligen Gesamtfläche des identifizierten Gebiets ohne eine etwaige Teilflächenprüfung“ (BGE 2020j) vorgenommen.

Für Tongesteine wird nach Anlage 2 zu § 24 StandAG zusätzlich der Indikator *Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischem Potenzial, die die Induzierung beziehungsweise Verstärkung der Grundwasserbewegung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich ermöglichen können* herangezogen. Im Fachbericht zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (BGE 2020j) wird ausgeführt, eine „abschließende Bewertung der identifizierten Gebiete im Tongestein“ nach diesem Indikator sei „zum jetzigen Zeitpunkt aufgrund fehlender Detailinformationen nicht sinnvoll möglich“. Daher wird er im Zwischenbericht Teilgebiete für alle identifizierten Gebiete in Tongesteinen als günstig bewertet.

Kriterium 3 zur Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit

Das Kriterium zur *Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit* dient als Maß dafür, wie gut sich die Eigenschaften eines Wirtsgesteins in einem Teilgebiet oder im weiteren Verfahren in einer Standortregion oder an einem Standort beschreiben lassen, und wie gut sich punktuell gewonnene Erkenntnisse aus der Erkundung auf den einschlusswirksamen Gebirgsbereich oder Einlagerungsbereich übertragen lassen. Die Gesteinsausbildung, das Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit, die Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich sowie die räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften dienen hierbei als Indikatoren. Die Bewertung erfolgte jeweils anhand von Fachliteratur.

Für Salinare mit Gesteinen des Rotliegenden, sogenannte Doppelsalinare, wurden die Indikatoren V*ariationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich*, *Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften* und *Gesteinsausbildung* abhängig von

ihrem Internbautyp[8] bewertet. Auf diese Weise soll eine Abschätzung des Anteils an Gesteinen des Zechsteins ermöglicht werden (BGE 2020j). Während im Rotliegenden Salzgesteine und Tonsteine von häufig geringer Mächtigkeit miteinander wechsellagern und nach dem Aufstieg in einem Salzdiapir häufig miteinander vermischt sind, sind die Gesteine des Zechsteins oft durch mächtige Lagen sehr reinen Steinsalzes gekennzeichnet.

Der Indikator *Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit* wurde für Steinsalz in steiler Lagerung grundsätzlich als bedingt günstig bewertet, da der Salzdiapirismus als tektonischer Prozess selbst zur Überprägung[9] der beteiligten Gesteine führt (BGE 2020j).

Für Gebiete mit Tongesteinen und stratiformen salinaren Gesteinen erfolgte die Bewertung aller Indikatoren auf Basis geologischer Übersichten und Zusammenfassungen aus Modellierungsprotokollen, die durch Fachliteratur ergänzt wurden.

Kriterium 4 zur Bewertung der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse

Das Endlager soll für einen Zeitraum von einer Million Jahren Sicherheit vor den schädlichen Wirkungen der eingelagerten Abfallstoffe bieten. Mit dem Kriterium zur *Bewertung der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse* wird eine Aussage dazu getroffen, ob die zum Zeitpunkt der Standortauswahl als günstig bewerteten Verhältnisse auch langfristig gewährleistet werden können. Das Kriterium wird für Gebiete mit Steinsalz in steiler Lagerung anhand von Referenzdaten, für Gebiete mit Tongestein oder Steinsalz in stratiformer Lagerung individuell bewertet.

In Anlage 4 zu § 24 Abs. 3 StandAG wird ausgeführt, Indikatoren zur Bewertung des Kriteriums *Bewertung der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse* seien „insbesondere die Zeitspannen, über die sich die Betrachtungsmerkmale „Mächtigkeit“, flächenhafte beziehungsweise räumliche „Ausdehnung“ und „Gebirgsdurchlässigkeit“ des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs nicht wesentlich verändert haben“. Die BGE beschränkt sich bei der Bewertung des Kriteriums auf diese drei Indikatoren.

Nach dem Referenzdatensatz sind aus vorhandener Literatur „nur indirekt Aussagen zu Änderungen der Indikatoren Mächtigkeit, Ausdehnung und Gebirgsdurchlässigkeit über die Zeit ableitbar“ (BGE 2020i). Es werden eine Reihe von Prozessen aufgeführt, die Auswirkungen auf die räumlichen Eigenschaften Mächtigkeit und Ausdehnung haben können. Diese Prozesse werden für die Bewertung der beiden Indikatoren jedoch nicht herangezogen, da im Referenzdatensatz von einer günstigen Ausgangssituation ausgegangen werde. Grundlage dafür ist die Feststellung, dass der Diapirismus an den norddeutschen Salzstöcken im Wesentlichen zum Erliegen gekommen ist und keine oder nur noch sehr geringe Hebungsvorgänge stattfinden. Es wird darauf hingewiesen, dass „für belastbare Aussagen zu diesen Prozessen […] standortspezifische Untersuchungen nötig“ (BGE 2020i) seien.

[8] Als Internbautyp werden im Forschungsvorhaben InSpEE (von Goerne et al. (2016) fünf Strukturtypen von Salzvorkommen unterschieden: Salzkissen und flache Sättel (Typ 1), Tektonische Strukturen (Typ 2), Diapire (Typ 3), kompressiv überprägte Diapire (Typ 4) und Doppelsalinare (Typ 5). Von der BGE ebenfalls als Internbautyp bezeichnet werden Unterscheidungen, die im Sachbericht zum Projekt InSpEE-DS als Doppelsalinar-Internbautypen eingeführt werden.

[9] Als Überprägung wird die Veränderung von Gesteinen durch tektonische Prozesse bezeichnet. Diese Veränderungen reichen von der Änderung der ursprünglichen Lagerungsverhältnisse eines Gesteins durch Verstellung oder Faltung bis zur teilweisen Aufschmelzung und Umkristallisation (Anatexis) unter Einfluss von Druck und Temperatur während tektonischer Beanspruchung.

Zum Indikator *langfristige Stabilität der Gebirgsdurchlässigkeit* wird ausgeführt, dass im Nachdiapirstadium von Salzstöcken keine wesentlichen Änderungen der Gebirgsdurchlässigkeit mehr stattfinden. Alle Indikatoren des Kriteriums und entsprechend auch das Kriterium selbst werden für Salzstöcke als günstig bewertet (BGE 2020i).

Für Gebiete mit Tongestein und Steinsalz in stratiformer Lagerung werden die drei Indikatoren „aufgrund der Datenlage gemeinsam betrachtet und dementsprechend meistens gleich bewertet“ (BGE 2020j). Die Bewertung des Kriteriums erfolgte jeweils „anhand der Bewertung des am schlechtesten bewerteten Indikators“ (BGE 2020j).

Kriterium 5 zur Bewertung der günstigen gebirgsmechanischen Eigenschaften

Das Kriterium zur *Bewertung der günstigen gebirgsmechanischen Eigenschaften* dient der Beurteilung, inwiefern die Errichtung eines Endlagerbergwerks das jeweilige Wirtsgestein schädigt und unter Umständen zur Entstehung erhöhter Permeabilität[10] in der Umgebung des Grubengebäudes führt. Es soll nach Anlage 5 zu § 24 Abs. 4 StandAG mit Hilfe zweier Indikatoren bewertet werden:

1. das Gebirge kann als geomechanisches Haupttragelement die Beanspruchung aus Auffahrung und Betrieb ohne planmäßigen tragenden Ausbau, abgesehen von einer Kontursicherung, bei verträglichen Deformationen aufnehmen
2. um Endlagerhohlräume sind keine mechanisch bedingten Sekundärpermeabilitäten außerhalb einer unvermeidbaren konturnah entfestigten Auflockerungszone zu erwarten

Die Bewertung der Indikatoren für Steinsalz erfolgt mittels des Referenzdatensatzes anhand von Erfahrungswerten und Literaturstudium. Beide Indikatoren werden nach Darstellung in Anlage 1 A zum ZB TG und Anwendung Geowissenschaftliche Abwägungskriterien (BGE 2020a) als günstig bewertet. Nach dem Referenzdatensatz erfolgt die Bewertung jedoch zusammenfassend für das Kriterium ohne Unterscheidung der Indikatoren.

Begründet wird die günstige Einschätzung des Kriteriums mit der Standfestigkeit von Salzgestein, das keinen tragenden Ausbau benötige, sowie der Annäherung an Werte für die Gebirgsfestigkeit durch Betrachtung der Gesteinsdruckfestigkeit. Mit Verweis auf Lux und Eberth (2002b) wird dargestellt, dass Steinsalz günstige gebirgsmechanische Eigenschaften biete. Zum Beleg werden weitere Literaturquellen sowie praktische Erfahrungen angeführt.

Im Referenzdatensatz (BGE 2020i) wird für die Anwendung des Kriteriums in Gebieten mit Tongestein ausgeführt, dass die Beurteilung des Indikators zur Aufnahme der Beanspruchung aus Auffahrung und Betrieb durch das Gebirge für Tongestein von einer Reihe von Parametern abhängt, die standortspezifisch ermittelt werden müssen. Anhand verschiedener Beispiele wird die Bandbreite der möglichen Gebirgsdruckfestigkeit in Tongesteinen dargestellt. Der Indikator wird als nicht günstig eingestuft. Der Indikator zur Bildung von Sekundärpermeabilitäten wird unter Verweis auf eine Literaturquelle als günstig bewertet; auch dieser Indikator müsse aber „für eine gezielte Bewertung standortspezifisch“ (BGE 2020i) bewertet werden. Das Kriterium wird für Gebiete in Tongestein zusammenfassend als nicht günstig bewertet.

[10] Als Permeabilität bezeichnet man die Durchlässigkeit der Struktur für andere Stoffe wie z.B. Gase oder Flüssigkeiten.

Kriterium 6 zur Bewertung der Neigung zur Bildung von Fluidwegsamkeiten

Mit der Bewertung der *Neigung zur Bildung von Fluidwegsamkeiten* soll sichergestellt werden, dass es auch dann nicht zu einem erhöhten Stofftransport aus dem Endlager kommt, wenn durch die Errichtung eines Endlagerbergwerks induzierte Schädigungen des Gebirges in Betracht gezogen werden. Dabei wird zur Bewertung aller Indikatoren im Rahmen des Referenzdatensatzes auf Erfahrungs- und Literaturwerte zurückgegriffen.

Der Indikator *Verhältnis repräsentative Gebirgsdurchlässigkeit/repräsentative Gesteinsdurchlässigkeit* wird bei einem Wert kleiner als 10 als günstig bewertet. für einen Wert zwischen 10 und 100 erfolgt die Bewertung als bedingt günstig, über 100 als weniger günstig. Dabei wird „aufgrund des Fehlens von ortsbezogenen In-situ-Messwerten […] das Gebirge als unverritzt betrachtet (BGE 2020i). Für Steinsalz in steiler Lagerung wird der Indikator mit 1 angegeben und damit mit günstig bewertet, da „die Gebirgs- und Gesteinsdurchlässigkeit gleich ist“ (BGE 2020i). Für Tongestein wird im Referenzdatensatz (BGE 2020i) angenommen, dass „bei Abwesenheit von Standortdaten [...] ein ausreichend großer Bereich für einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich mit geringer oder keiner Klüftung existiert. Gebirgs- und Gesteinsdurchlässigkeit können damit die gleiche Größenordnung haben“. Damit wäre ein Verhältnis von <10 anzunehmen und der Indikator als günstig zu bewerten.

Der Indikator *Erfahrungen über die Barrierewirksamkeit der Gebirgsformationen* wird nach Anlage 6 zu § 24 Abs. 4 StandAG mit Hilfe von sieben Erfahrungsbereichen bewertet: rezente Existenz als wasserlösliches Gestein, fossile Fluideinschlüsse, unterlagernde wasserlösliche Gesteine, unterlagernde Vorkommen flüssiger oder gasförmiger Kohlenwasserstoffe, Heranziehung als hydrogeologische Schutzschicht bei Gewinnungsbergwerken, Aufrechterhaltung der Abdichtungsfunktion auch bei dynamischer Beanspruchung, Nutzung von Hohlräumen zur behälterlosen Speicherung von gasförmigen und flüssigen Medien. Laut StandAG ist ein Wirtsgesteinstyp als günstig einzustufen, wenn dieser „anhand eines oder mehrerer Erfahrungsbereiche als gering durchlässig oder geologisch dicht identifiziert wird und dies auch unter geogener oder technogener[11] Beanspruchung der Fall ist“ (BGE 2020i). Für Teilgebiete in Steinsalz sieht die BGE drei der Erfahrungsbereiche als erfüllt an. Da Salzformationen laut (BGE 2020i) damit „mehrere der Erfahrungsbereiche“ erfüllen, werden sie für diesen Indikator standortunabhängig in die Wertungsgruppe günstig eingeordnet. Gleiches gilt für Tongesteine, für die nach dem Referenzdatensatz zwei der Erfahrungsbereiche erfüllt sind.

Der Indikator *Rückbildung der Sekundärpermeabilität durch Rissschließung* wird anhand von Materialeigenschaften des Wirtsgesteins bewertet. Ausgehend von der Feststellung, dass „für die genaue Bewertung der Fragestellung Angaben erforderlich sind, die erst im späteren Rahmen der Endlagerplanung vorliegen, können“ (BGE 2020i), wird in Phase I des StandAV vorerst eine qualitative Einschätzung des Gesteinsverhaltens, basierend auf den bisher im Bergbau und der Forschung gemachten Erfahrungen, angewendet. Aufgrund dieser Erfahrungswerte werden für Salinargesteine deren viskosen Eigenschaften hervorgehoben, durch die Klüfte im Gestein verheilen können. Die BGE folgt damit (Lux und Eberth 2002a) in ihrer Einschätzung, dass die „Sekundärpermeabilität signifikant reduziert“ wird und bewertet deshalb diesen Indikator für Steinsalz in steiler Lagerung grundsätzlich mit günstig. Für Tongesteine werden im

[11] Unter geogener Beanspruchung ist der Einfluss von Kräften zu verstehen, die durch geologische Prozesse, bspw. Senkung oder Hebung der Erdkruste durch Eisbedeckung während Kaltzeiten, wirken können. Technogene, also durch den Einsatz von Technik durch Menschen verursachte Beanspruchungen können insbesondere während der Errichtung und des Betriebs des Endlagerbergwerks entstehen.

Referenzdatensatz (BGE 2020i) eine Reihe von Mechanismen erläutert, die zur Rissschließung beitragen können. Der Indikator wird als günstig bewertet.

Auch zur Beurteilung des Indikators *Rückbildung der mechanischen Eigenschaften durch Rissverheilung* liegen für Steinsalz in der ersten Phase des StandAV keine Werte vor, „so dass vorerst eine auf dem Wirtsgestein basierende Bewertung stattfinden muss“ (BGE 2020i). Unter erneutem Verweis auf Lux und Eberth (2002a) wird der Indikator als günstig bewertet. Für Tongestein werden, ähnlich wie beim Indikator zur Rissschließung, im Referenzdatensatz Mechanismen zur Rissverheilung aufgeführt, jedoch keine Information zur Bewertung des Indikators gegeben. Der Indikator wird jedoch als günstig bewertet. Den Indikatoren folgend wurde auch das Kriterium für Gebiete in Tongestein und Steinsalz als günstig bewertet.

Kriterium 7 zur Bewertung der Gasbildung

Die Gasbildungsrate im Endlagerbergwerk soll möglichst gering sein, damit der Gasdruckaufbau klein bleibt und so die Integrität der geologischen Barriere nicht gefährdet wird. Die im Endlagerbergwerk maßgeblich auftretende Gasbildung resultiert aus der Korrosion und Radiolyse von Metall, hier der Abfallbehälter oder der Abfälle selbst, beim Kontakt mit Wasser bzw. Lösungen. Die Menge des Gases, das sich potenziell bilden kann, ist einerseits vom Angebot an Metall und andererseits vom Angebot an Wasser oder Feuchtigkeit abhängig. Da sich die verfügbare Metallmenge aus dem Abfall ergibt, wird die Gasbildung anhand des Indikators *Wasserangebot im Einlagerungsbereich* (StandAG 2017) bewertet. Als Wertungsgruppe gibt das StandAG „trocken“ bis „feucht“ an, ohne dies weiter zu definieren.

Steinsalz ist ein vergleichsweise trockenes Gestein, aber auch darin liegt Wasser in wasserhaltigen Mineralen, als interkristallines Porenwasser oder in Einschlüssen vor. Da der genaue Wassergehalt des jeweiligen Salzgesteins und die daraus resultierende Bewertung derzeit in aller Regel nicht bekannt ist, erfolgt hier die Bewertung anhand von Referenzdaten. In der Arbeitshilfe zu den geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (BGE 2020d) erläutert die BGE, dass bei der Bewertung der Gasbildung neben dem Wasserdargebot auch die Temperatur und das chemische Milieu am Einlagerungsort zu berücksichtigen sind. Eine Gesamtbetrachtung ist entsprechend im Verlauf des Verfahrens noch standortspezifisch erforderlich. Im Referenzdatensatz (BGE 2020i) werden aus Studien Wassergehalte meist < 1 Gewichtsprozent bzw. zwischen 0,84 % und 3,13 % ermittelt. Entsprechend werden der Indikator „Wassergehalt im Einlagerungsbereich“ und daraus resultierend das Kriterium zur *Bewertung der Gasbildung* für Steinsalz für die Phase I des StandAV zunächst als günstig bewertet.

Für Tongestein werden im Referenzdatensatz (BGE 2020i) die komplexen Prozesse erläutert, die zur Gasbildung in einem Endlager führen können und inwiefern in Tongesteinen enthaltenes Wasser zu diesen Prozessen beitragen kann. Der Indikator und das Kriterium werden für Tonstein als günstig bewertet.

Kriterium 8 zur Bewertung der Temperaturverträglichkeit

Durch Temperaturerhöhung im Wirtsgestein aufgrund der Abgabe von Wärme der eingelagerten Abfälle sollen weder ein Festigkeitsverlust noch Sekundärpermeabilität, also Wegsamkeiten für den Transport von Fluiden, entstehen. Zur Beurteilung der Temperaturverträglichkeit des Wirtsgesteins dient das Kriterium 8, das mittels Referenzdaten bewertet wird. Indikatoren sind die *Neigung zur*

Bildung wärmeinduzierter Sekundärpermeabilitäten und die *Temperaturstabilität hinsichtlich Mineralumwandlungen*.

Sie werden im Referenzdatensatz für Steinsalz gestützt auf Literaturangaben zu physikalischen und geochemischen Eigenschaften von Steinsalz bewertet. Eine Alternative zur Bewertung mit Literaturdaten böten nur In-Situ-Versuche und Laborversuche an Proben der konkreten zu betrachtenden Standortregionen oder Standorte. Der Indikator *Neigung zur Bildung wärmeinduzierter Sekundärpermeabilitäten* wird als günstig bewertet. Begründet wird diese Einstufung mit einem positiven thermischen Expansionskoeffizienten für Steinsalz (BGE 2020i). Auch der Indikator *Temperaturstabilität hinsichtlich Mineralumwandlungen* wird als günstig bewertet. Temperaturbedingte Mineralumwandlungen in Salinargesteinen finden nach dem Referenzdatensatz (BGE 2020i) als Entwässerung von Salzhydraten statt. Gestützt auf Literaturangaben wird davon ausgegangen, dass Mineralumwandlungen im Temperaturbereich bis 100 °C (siehe § 27 Abs. 4 StandAG) nicht zu erwarten sind.

Für Tongesteine wird der Indikator *Neigung zur Bildung wärmeinduzierter Sekundärpermeabilitäten* „auf Basis eines positiven thermischen Expansionskoeffizienten als „günstig“ eingestuft“ (BGE 2020i). Begründet wird diese Bewertung damit, dass „unterschiedliche Materialeigenschaften für die Wirtsgesteinstypen als vorteilhaft gesehen werden“ (BGE 2020i). Zur Bewertung des Indikators *Temperaturstabilität hinsichtlich Mineralumwandlungen* wird im Referenzdatensatz im Wesentlichen der Prozess der Illitisierung von 3-Schicht-Tonmineralen beschrieben, der unter anderem dazu führt, dass die Quellfähigkeit von Tongesteinen verloren geht. Der Indikator wird im Referenzdatensatz als günstig bewertet. Gleiches gilt für das Kriterium.

Kriterium 9 zur Bewertung des Rückhaltevermögens im einschlusswirksamen Gebirgsbereich

Schadstoffe, die im Endlager nach der Einlagerung freigesetzt werden, sollen möglichst im einschlusswirksamen Gebirgsbereich bzw. dem Einlagerungsbereich verbleiben. Dazu können verschiedene physikalische, geochemische und hydrochemische Eigenschaften des Wirtsgesteins beitragen, die mittels des Kriteriums *zur Bewertung des Rückhaltevermögens im einschlusswirksamen Gebirgsbereich* abgeprüft werden. Die Bewertung erfolgt anhand des Referenzdatensatzes.

Die Indikatoren *Sorptionskoeffizienten für die betreffenden langzeitrelevanten Radionuklide*, *Gehalt an Mineralphasen mit großer reaktiver Oberfläche*, *Ionenstärke des Grundwassers* und *Öffnungsweiten der Gesteinsporen im Nanometerbereich* werden im Referenzdatensatz für Steinsalz mittels Literaturwerten beurteilt.

Der Indikator *Sorptionskoeffizienten für die betreffenden langzeitrelevanten Radionuklide* wird dabei mit Bezug auf verschiedene Literaturquellen als weniger günstig bewertet, weil Sorption in Steinsalz bzw. an der Oberfläche von Halit-Kristallen praktisch nicht stattfindet (BGE 2020i). Nach jetzigem Kenntnisstand gibt es wenige experimentelle Untersuchungen zur Sorption der genannten Radionuklide im Steinsalz. Mehrere Literaturquellen attestieren dem Wirtsgestein Steinsalz eine „sehr geringe“ bis „nicht signifikante“ Sorption (BGE 2020i), weshalb der Indikator „Sorptionskoeffizienten für die betreffenden langzeitrelevanten Radionuklide“ als weniger günstig eingestuft wurde. Darüber hinaus sind in homogenem Steinsalz keine großen Mengen an Mineralphasen mit großer reaktiver Oberfläche wie Tonminerale und Eisen- und Mangan-Hydroxide und -Oxihydrate zu erwarten (BGE 2020i). Zwar kann im Oberrotliegenden ein hoher Tonanteil

vorausgesetzt werden, aber da der Einlagerungsbereich in möglichst reinem, homogenem Steinsalz realisiert wird, kommt auch hier die Sorptionsfähigkeit des Tongesteins nicht zum Tragen.

Für Gebiete mit Tongestein wird der Indikator im Referenzdatensatz als günstig bewertet. Zur Begründung wird unter Bezugnahme auf verschiedene Fachliteratur auf die „im Vergleich zu den meisten anderen Mineralen [...] hohe Kationenaustauschkapazität“ (BGE 2020i) verwiesen. Tonsteine begünstigten damit „eine wirksame Behinderung der Ausbreitung von Radionukliden“ und es sei „für die meisten Elemente mit einer Sorption zu rechnen“.

Als nicht günstig wird für Steinsalz der Indikator *Gehalt an Mineralphasen mit großer reaktiver Oberfläche* bewertet. Möglichst reines Steinsalz besteht hauptsächlich aus dem Mineral Halit, welches nicht zu den Mineralphasen mit großer reaktiver Oberfläche zählt. In einem einschlusswirksamen Gebirgsbereich in „möglichst reinem, homogenem Steinsalz“ sind aufgrund der Bildungsbedingungen des Gesteins „keine großen Mengen an Mineralphasen mit großer reaktiver Oberfläche wie Tonminerale und Eisen- und Mangan-Hydroxide und -Oxihydrate zu erwarten“ (BGE 2020i).

Für Tongesteine wird dieser Indikator unter Verweis auf einen hohen Gehalt an Eisen- und Mangan-Hydroxiden und -Oxihydraten und die hohe reaktive Oberfläche von Tonmineralen als positiv bewertet. Letztere beeinflussen das Quellverhalten und Sorptionsvermögen des Gesteins, die aber abhängig von der Art und Menge der Tonminerale in einem Tongestein deutlich unterschiedlich ausgeprägt sein können (BGE 2020i).

Der Indikator *Ionenstärke des Grundwassers* wird als günstig bewertet. Im Referenzdatensatz (BGE 2020i) wird dargestellt, dass Grundwässer in der Umgebung von Salzstöcken durch Ablaugungsprozesse in der Regel hohe Ionenstärken aufweisen. Auch für Tongestein erfolgt eine günstige Bewertung des Indikators. Es wird jedoch darauf verwiesen, dass „im Tongestein [...] unterschiedliche Salinitäten des Wassers beobachtet werden, die regional schwanken können“ (BGE 2020i).

Zur Beurteilung des Indikators *Öffnungsweite der Gesteinsporen im Nanometerbereich* liegen nur wenige Daten zur Größe von Poren in Steinsalz oder deren Öffnungsweiten vor. Da Steinsalz eine sehr geringe Porosität besitzt und vorhandene Poren Fluidinklusionen enthalten, wird der Indikator auf Grundlage des Referenzdatensatzes (BGE 2020i) als günstig bewertet. Im Tongestein gibt es „generell einen sehr hohen Anteil an Poren mit geringem Durchmesser im Nanometerbereich“ (BGE 2020i). Es wird im Referenzdatensatz weiter ausgeführt, dass die Porengröße in Tongesteinen durch Trocknungsprozesse beeinflusst werden kann und innerhalb einer Tongesteinsformation stratigraphische und regionale Schwankungen der Porengröße auftreten können

Obwohl im Steinsalz eine hohe Ionenstärke angenommen werden kann und davon ausgegangen wird, „dass keine Poren mit Öffnungsweiten größer als im Nanometerbereich vorhanden sind“ (BGE 2020i), erfolgt die Gesamtbewertung für dieses Kriterium in Steinsalz als nicht günstig. Für Tongesteins-Gebiete wird das Kriterium als günstig bewertet.

Kriterium 10 zur Bewertung der hydrochemischen Verhältnisse

Durch das Kriterium *zur Bewertung der hydrochemischen Verhältnisse* soll sichergestellt werden, dass sich die Tiefenwässer und Mineralphasen im einschlusswirksamen Gebirgsbereich durch die Errichtung des Endlagers und das dabei in das Gebirge eingebrachte Material nicht zu Ungunsten

der Langzeitsicherheit verändern. Das Kriterium wird für alle Wirtsgesteine mittels Referenzdaten bewertet.

Die Indikatoren *Chemisches Gleichgewicht zwischen dem Wirtsgestein im Bereich des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs und dem darin enthaltenen tiefen Grundwasser*, *Neutrale bis leicht alkalische Bedingungen (pH-Wert 7 bis 8) im Bereich des Tiefenwassers*, *Anoxisch-reduzierendes Milieu im Bereich des Tiefenwassers*, *möglichst geringer Gehalt an Kolloiden und Komplexbildnern im Tiefenwasser* und *Geringe Karbonatkonzentration im Tiefenwasser* werden anhand von Literaturdaten bewertet.

Der Indikator *Chemisches Gleichgewicht zwischen dem Wirtsgestein im Bereich des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs und dem darin enthaltenen tiefen Grundwasser* wird für Steinsalz als günstig bewertet: Nach dem Referenzdatensatz (BGE 2020i) kann das chemische Gleichgewicht „durch den Sättigungsindex dargestellt werden“, zu dem es in Phase I des StandAV jedoch noch „keine belastbaren Daten“ gibt. Als Indiz wird daher „eine niedrige Permeabilität zusammen mit einer hohen Mächtigkeit“ genutzt. Daraus kann auf lange Transportzeiten, resultierend lange Verweilzeiten des Wassers und Einstellung eines chemischen Gleichgewichts geschlossen werden.

Für Tongestein wird der Indikator ebenfalls als günstig bewertet. Es wird „aufgrund geringer Fließgeschwindigkeiten [...] generell davon ausgegangen, dass sich Tongestein im chemischen Gleichgewicht mit dem Grundwasser befindet“ (BGE 2020i). Diese Aussage wird im Referenzdatensatz mit einer Auswahl von Quellen untermauert.

Neutrale bis leicht alkalische Bedingungen (pH-Wert 7 bis 8) im Bereich des Tiefenwassers, der zweite Indikator, wird für Steinsalz als nicht günstig bewertet. Unter Verweis auf Literaturquellen und darin enthaltene Messwerte wird für Steinsalz von neutralen bis leicht sauren Bedingungen ausgegangen (BGE 2020i). Für Tongestein hingegen wird mit neutralen bis leicht alkalischen für das Formationswasser gerechnet (BGE 2020i). Zur Veranschaulichung werden im Referenzdatensatz pH-Werte aus Tongesteinen verschiedener europäischer Länder sowie aus Japan dargestellt. Der Indikator wird für Tongestein als günstig bewertet.

Der Indikator *Anoxisch-reduzierendes Milieu im Bereich des Tiefenwassers* wird unter Verweis auf Literaturquellen als günstig beurteilt. Demnach sind für Salzstöcke und die enthaltenen Lösungen reduzierende Bedingungen zu erwarten (BGE 2020i). Zur Bewertung des Indikators für Tongesteine wird darauf verwiesen, dass in den „meisten tiefen Formationen [...] natürliche anoxisch-reduzierende Verhältnisse“ vorliegen, „wobei die mineralogische Zusammensetzung unter anoxischen Bedingungen in tonigen und tonig-mergeligen Gesteinen keinen Einfluss auf die Lösungen im Wirtsgestein nimmt“ (BGE 2020i). Der Indikator wird für Tongesteine als positiv bewertet.

Auch der Indikator *Möglichst geringer Gehalt an Kolloiden und Komplexbildnern im Tiefenwasser* wird für Steinsalz als günstig gekennzeichnet. Nach dem Referenzdatensatz (BGE 2020i) sind Tiefenwässer in Steinsalz nur als Porenwasser oder in Fluideinschlüssen enthalten, die wiederum nur geringe Mengen an Kolloiden enthalten. Unter der für den Referenzdatensatz getroffenen Annahme, dass ein Endlager in ungestörtem und unverritztem Steinsalz errichtet werden würde, wird auch ein Lösungszutritt mit Zufuhr von Kolloiden in das Grubengebäude ausgeschlossen. Grundsätzlich wird darüber hinaus festgehalten, dass „sich zuverlässige Aussagen zur Menge der Komplexbildner erst im weiteren Verlauf des Verfahrens machen“ lassen.

Im Referenzdatensatz für Tongesteine (BGE 2020i) wird dargestellt, dass „aufgrund hoher Salinitäten der Grundwässer die Stabilität der Kolloide als gering“ erwartet werden kann. Darüber hinaus sei organisches Material, durch dessen Oxidation sich Kolloide bilden, im Tongestein nur in geringer Menge vorhanden und die geringe durchschnittliche Porengröße in Tongesteinen wirke als Ultrafilter für Kolloide. Zu möglichen Komplexbildnern in Tongesteinen liegen keine Aussagen vor. Es werde jedoch erwartet, dass die Gehalte an Komplexbildnern in Tongesteinen nicht gering seien (BGE 2020i). Der Indikator wird als günstig bewertet.

Der letzte Indikator, *Geringe Karbonatkonzentration im Tiefenwasser*, wird für Steinsalz als günstig bewertet, weil die CO_2-Konzentration „im Promillebereich“ (BGE 2020i) liege. „Zuverlässige Aussagen zu eventuell erhöhten CO_2-Vorkommen“ seien jedoch nur aufgrund standortspezifischer Daten möglich. Für Tongesteine wird angenommen, dass die Karbonatkonzentration niedrig sei, jedoch durch karbonatische Zutrittswässer beeinflusst werden könne. In mergeligen Tongesteinen ist der Karbonatanteil höher als in sehr reinen Tongesteinen. Der Indikator wird als günstig bewertet.

Die Gesamtbewertung des Kriteriums erfolgt für Gebiete in Steinsalz mit nicht günstig, für Gebiete in Tongestein als günstig.

Kriterium 11 zur Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge

Das Kriterium zur *Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge* wird mittels gebietsspezifischer Daten bewertet. Ihm kommt, wie auch dem geowissenschaftlichen Abwägungskriterium 2, „aufgrund der Datenlage zum jetzigen Zeitpunkt eine besondere Bedeutung zu“ (BGE 2020j).

Der Indikator *Keine Ausprägung struktureller Komplikationen (zum Beispiel Störungen, Scheitelgräben, Karststrukturen) im Deckgebirge, aus denen sich subrosive, hydraulische oder mechanische Beeinträchtigungen für den ewG ergeben könnten* wird anhand von Literatur sowie Daten aus der Anwendung der Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen bewertet. Dabei werden Scheitelstörungen im Deckgebirge von Salzstöcken, wie in Kapitel 2.1 dargestellt, nicht berücksichtigt.

Auch die Indikatoren *Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden Gesteinen, Verbreitung und Mächtigkeit grundwasserhemmender Gesteine im Deckgebirge* sowie *Verbreitung und Mächtigkeit erosionshemmender Gesteine im Deckgebirge des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* wurden anhand vorliegender Daten und Literatur zum Aufbau des Deckgebirges bewertet. Insbesondere die Ergebnisse der Anwendung der Mindestanforderungen in Bezug auf die Teufenlage des Gebiets spielen hierbei eine Rolle. Dabei wird der Abstand zur Quartärbasis als Maß zur Bewertung herangezogen.

3 Teilgebiete im Gebiet des Landkreises Emsland und deren geologische Einordnung

Im Gebiet des Landkreises Emsland wurden durch Anwendung der Ausschlusskriterien, der Mindestanforderungen sowie der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (geoWK) gemäß § 22 und § 23 StandAG insgesamt zehn Teilgebiete ausgewiesen (siehe Tabelle 3-1). In die Tabelle nicht aufgenommen sind die fünf identifizierten Gebiete im Landkreis Emsland, die aufgrund ihrer Bewertung bei Anwendung der geoWK nicht als Teilgebiet ausgewiesen wurden.

Tabelle 3-1: Teilgebiete mit Relevanz für den Landkreis Emsland

Benennung*	Vollständige Teilgebietskennung	Wirtsgestein	Stratigrafie
TG 004	004_00TG_053_00IG_T_f_tpg	Tongestein	Tertiär (Unteres Paläogen)
TG 005	005_00TG_055_00IG_T_f_jm	Tongestein	Mittlerer Jura (Dogger)
TG 006	006_00TG_188_00IG_T_f_ju	Tongestein	Unterjura (Lias)
TG 007	007_00TG_202_02IG_T_f_kru	Tongestein	Unterkreide
TG 024	024_00TG_029_00IG_S_s_z	Steinsalz in steiler Lagerung	Zechstein
TG 028	028_00TG_040_00IG_S_s_z	Steinsalz in steiler Lagerung	Zechstein
TG 030	030_00TG_048_00IG_S_s_z	Steinsalz in steiler Lagerung	Zechstein
TG 076_03	076_03TG_191_05IG_S_f_so	Steinsalz in flacher Lagerung	Oberer Buntsandstein
TG 077	077_00TG_192_00IG_S_f_jo	Steinsalz in flacher Lagerung	Oberer Jura (Malm)
TG 078_06	078_06TG_197_06IG_S_f_z	Steinsalz in flacher Lagerung	Zechstein

Quelle: Tabelle auf Datenbasis (BGE 2020e). *:Projektspezifisch.

Gemäß § 23 Abs. 1 StandAG werden im StandAV nur die Wirtsgesteine Steinsalz, Tongestein und Kristallingestein in Betracht gezogen. Im Fachbericht zur Anwendung der Mindestanforderungen (BGE 2020c) werden die möglichen Wirtsgesteine definiert. Im Folgenden werden nur die für den Landkreis Emsland relevanten Wirtsgesteine betrachtet und zur besseren Lesbarkeit nur die verkürzten Teilgebietsnummern (siehe erste Spalte in Tabelle 3-1) verwendet.

Als Tongestein werden Sedimentgesteine bezeichnet, die überwiegend (mediane Korngröße) aus Mineralkörnern mit einer Korngröße von weniger als 0,002 mm zusammengesetzt sind. Während schwach verfestigte, plastisch verformbare Lockersedimente als „Tone“ bezeichnet werden, handelt es sich bei Tonsteinen um diagenetisch[12] verfestigte tonige Gesteine. Von der BGE werden im StandAV sowohl Ton als auch Tonstein in der Bezeichnung „Tongesteine“ zusammengefasst. Sowohl das Festgestein Tonstein als auch das Lockergestein Ton werden als mögliches Wirtsgestein betrachtet (BGE 2020c).

[12] Als Diagenese wird die Umwandlung (auch Verdichtung oder Kompaktion) von Lockersedimenten in Festgesteine durch die Wirkung von Zeit, Druck, Temperatur und chemischen Reaktionen bezeichnet. Nach Füchtbauer (1988) werden unter Begriff alle mechanischen und chemischen Vorgänge zusammengefasst, die ein Sediment von seiner Ablagerung bis zum Beginn einer Metamorphose, der Veränderung durch Druck und Temperatur bei tieferer Versenkung in die Erdkruste, verändern.

Die BGE spricht von „Steinsalz“, wenn das Salzmineral Halit den „gesteinsbildende Hauptbestandteil“ der Steinsalzformationen bildet. Dies wird seitens der BGE immer dann als gegeben angesehen, wenn im Schichtverzeichnis von Bohrungen auf Steinsalz als Hauptkomponente hingewiesen wird (BGE 2020c). Im StandAV wird beim Wirtsgestein Steinsalz zusätzlich unterschieden zwischen steil stehenden Salzstöcken oder flach lagernden Salzformationen.

Die von der BGE vorgenommene Bewertung der drei Salzstöcke Wahn (TG 024), Lathen (TG 028) und Börger (TG 030) wurde bereits in einer vorangehenden Studie (Öko-Institut e.V. 2021b) auf Plausibilität hin geprüft und ist entsprechend nicht Gegenstand dieser Studie.

Flach lagernde Salzformationen werden von der BGE auch als „stratiforme[13] Steinsalzformationen“ bezeichnet und bilden oft teils mächtige sogenannte „Steinsalzlager“. Allerdings kommt es vor, dass diese teils mächtigen Steinsalzformationen durch einzelne Tonstein- oder Anhydritschichten voneinander getrennt sind oder das Steinsalzlager selbst durch dünnere Bänder von Ton oder Anhydrit verunreinigt ist. Letztendlich werden im Verlauf des StandAV nur übertägige und untertägige Erkundungen Aufschlüsse über die Internstruktur und Reinheit und somit der Eignung einer Steinsalzformation bringen.

Im Untergrund auf dem Gebiet des Landkreises Emsland wurden im Wirtsgestein Tonstein vier Teilgebiete (TG 004, TG 005, TG 006 und TG 007) und im Wirtsgestein Steinsalz in stratiformer Lagerung drei Teilgebiete (TG 076_03, TG 077 und TG 078_06) ausgewiesen.

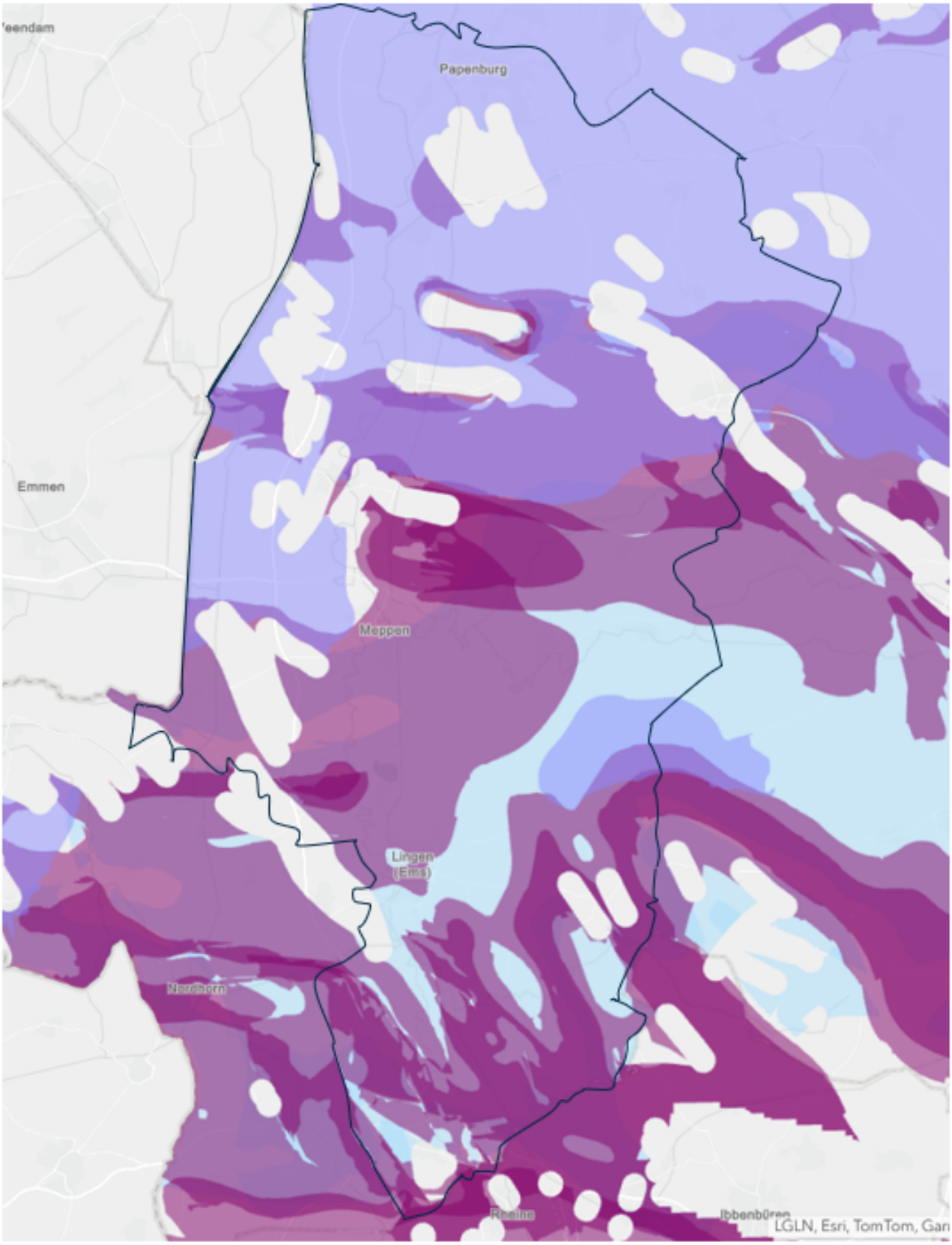
Die BGE stellt die Ergebnisse des Zwischenberichts Teilgebiete zusätzlich zur Schriftform in einer interaktiven Kartendarstellung (BGE 2020h) auf der Website des Unternehmens zur Verfügung. Abbildung 3-1 zeigt diese Karte für das Gebiet innerhalb der Verwaltungsgrenzen des Landkreises. Bei der Festlegung von Größe und Grenzen eines Teilgebietes orientiert sich die Vorhabenträgerin an der Verbreitung endlagerrelevanter stratigraphischer[14] Einheiten und möglicher Wirtsgesteine. Somit können verschiedene Teilgebiete einander überlappen bzw. übereinander liegen.

Dabei ist anzumerken, dass Teilgebiete aus mehreren Segmenten bestehen können, die in der Kartendarstellung als separierte Flächen erscheinen, von der BGE im Zwischenbericht aber als ein Teilgebiet ausgewiesen werden.

[13] Als stratiform werden Gesteinsvorkommen bezeichnet, die sich innerhalb eines vorhandenen Schichtverbands, parallel zur Schichtung erstrecken. In der Regel wird der Begriff für Erzlagerstätten verwendet, die innerhalb einer Gesteinsschicht gebildet wurden und nicht über Schichtgrenzen hinweg; die BGE nutzt ihn auch zur Unterscheidung zwischen Salinaren, die sich noch im Schichtverband befinden, sich also parallel zu den Grenzen der über- und unterlagernden Gesteine erstrecken, und Salzstöcken, die durch Aufwölbung den Schichtverband durchbrochen und überlagernde Gesteinseinheiten verdrängt oder aufgewölbt haben.

[14] Als Stratigraphie wird innerhalb der Geologie die Lehre von der zeitlichen und räumlichen Abfolge der Gesteinseinheiten bezeichnet. Neben international harmonisierten stratigraphischen Einteilungen werden häufig abweichende nationale stratigraphische Tabellen verwendet. So dauerte beispielsweise die Periode des Perm von etwa 299 bis 252 Millionen Jahren (Ma) vor heute; innerhalb des Perm wird international noch zwischen den Epochen Unter-, Mittel- und Oberperm unterschieden, die jeweils durch Stufen weiter gegliedert werden. In Norddeutschland wird das Perm davon abweichend historisch in die Abschnitte Rotliegendes (Unterperm, bis vor etwa 258 Ma) und Zechstein (Oberperm) unterteilt.

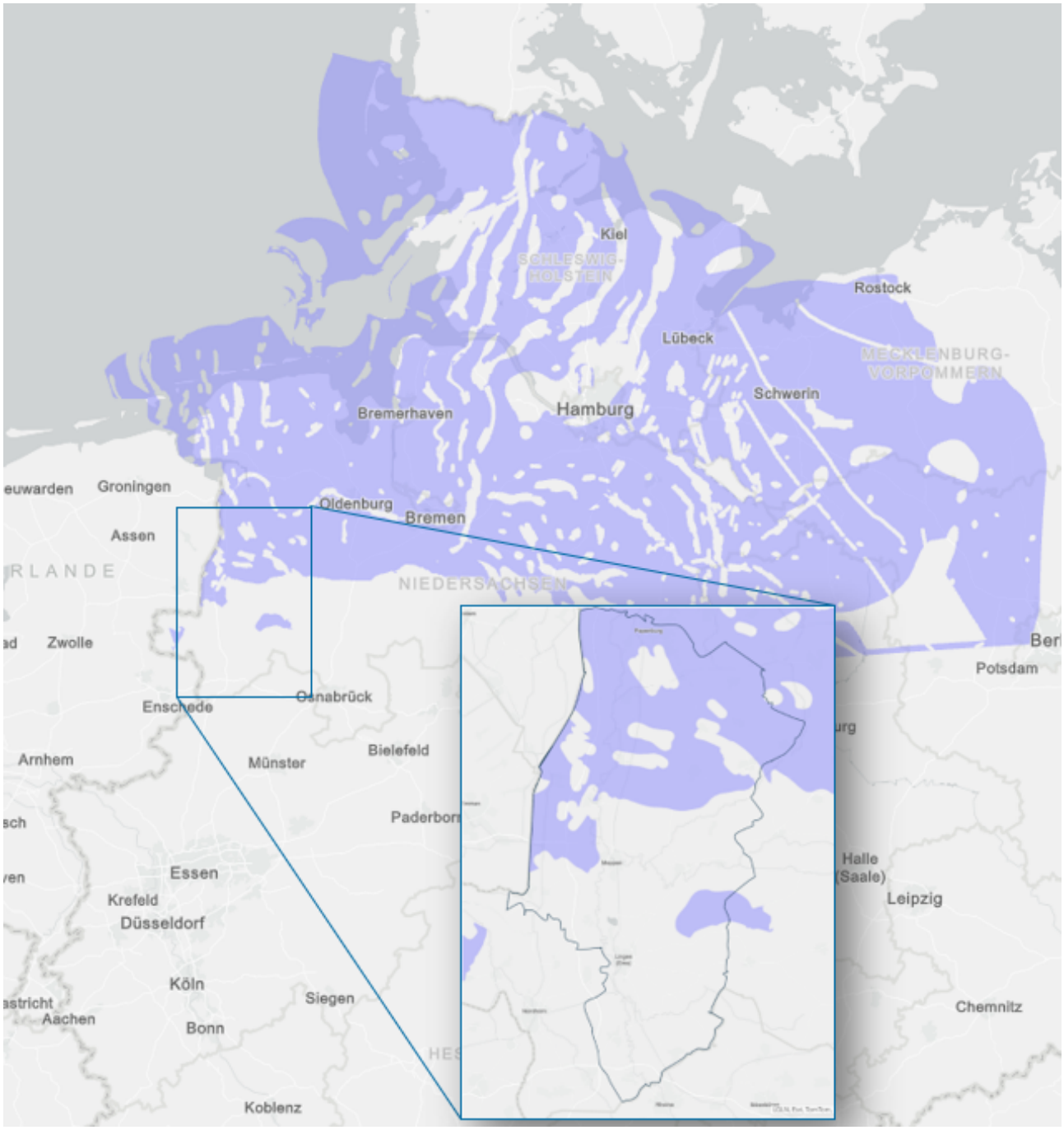
Abbildung 3-1: Geographische Lage der Teilgebiete innerhalb der Gemarkung des Landkreises



Quelle: Kartenausschnitt der interaktiven Karte zum Zwischenbericht Teilgebiete (BGE 2020h)

Am Beispiel des Teilgebietes 004 kann dies verdeutlicht werden. Das Teilgebiet ist über große Gebiete Norddeutschland hinweg ausgebreitet. Auch im Landkreis Emsland liegt ein Teil dieses Teilgebietes. Während große Teile des Teilgebiets als mehr oder weniger zusammenhängende Fläche erscheinen, gibt es beispielsweise ein kleineres, klar eingegrenztes Segment im Osten des Landkreises (siehe Abbildung 3-2).

Abbildung 3-2: Geographische Lage des Teilgebietes 004 im Tongestein



Quelle: Kartenausschnitt der interaktiven Karte zum Zwischenbericht Teilgebiete (BGE 2020h), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland.

Dennoch werden die einzelnen Segmente auf Grund ihrer lithologischen Entstehungsgeschichte in Teilen der Fachliteratur als eine zusammenhängende Tongesteinsstruktur behandelt. Die

Bewertung durch die BGE erfolgte bisher deshalb auch immer auf das gesamte Teilgebiet bezogen. Einzelne Segmente wurden daher nicht bewertet. Eigenschaften, die zur Ausweisung als Teilgebiet geführt haben, treffen also nicht zwingend auf jedes der Teilgebietssegmente zu.

3.1 Teilgebietssegmente im Tongestein innerhalb des Landkreises

Bei den Teilgebieten 004, 005, 006 und 007 handelt es sich um die Verbreitung von Tongesteinen, die in Norddeutschland abgelagert wurden und sich über große Flächen mehrerer Bundesländer erstrecken[15]. In der Karte zum Zwischenbericht Teilgebiete (BGE 2020h) sind Teilgebiete in paläogenen Tongesteinen fliederfarben und solche in prätertiären Tongesteinen in weinrot dargestellt.

Tone und Tonsteine sind feinkörnige Verwitterungsprodukte von Festgesteinen und zählen somit zu den siliziklastischen[16] Sedimenten und Sedimentgesteinen, deren plastische Mineralkomponenten per Definition Korngrößen von weniger als 0,002 mm aufweisen (Meschede 2015). Siliziklastika mit Mineralkomponenten mit größeren Korngrößen werden als Silt- und Sandsteine bezeichnet. Tone und Tongesteine bestehen im Wesentlichen aus unterschiedlichen Tonmineralen (z.B. Illit, Montmorillonit und Kaolinit), Quarz, Glimmermineralen und Feldspat sowie Karbonaten (Meschede 2015).

Tone entstehen durch den Transport von Siliziklastika in fließendem Wasser in Ablagerungsmilieus mit geringer Strömung, welche ermöglichen, dass sich die kleinen Körner über Zeiträume von Millionen von Jahren ablagern können. Dies geschieht meist nach langen Transportwegen z.B. in Seen und Stillwasserbereichen, in Flüssen sowie hauptsächlich marin wie z.B. in der Tiefsee (Meschede 2015). Je nach Ablagerungsmilieu und vorherrschenden klimatischen Bedingungen weisen die Tone unterschiedliche Tonminerale mit beispielsweise unterschiedlichen Farben und Tongehalten sowie durch organisches Material auch Kohlenstoffverbindungen auf. Durch den ständigen Wechsel von Ablagerungsbedingungen können die Tonablagerungen auch durch Eintragungen von grobkörnigeren Schichten (siltig und sandig) unterbrochen sein (Meschede 2015).

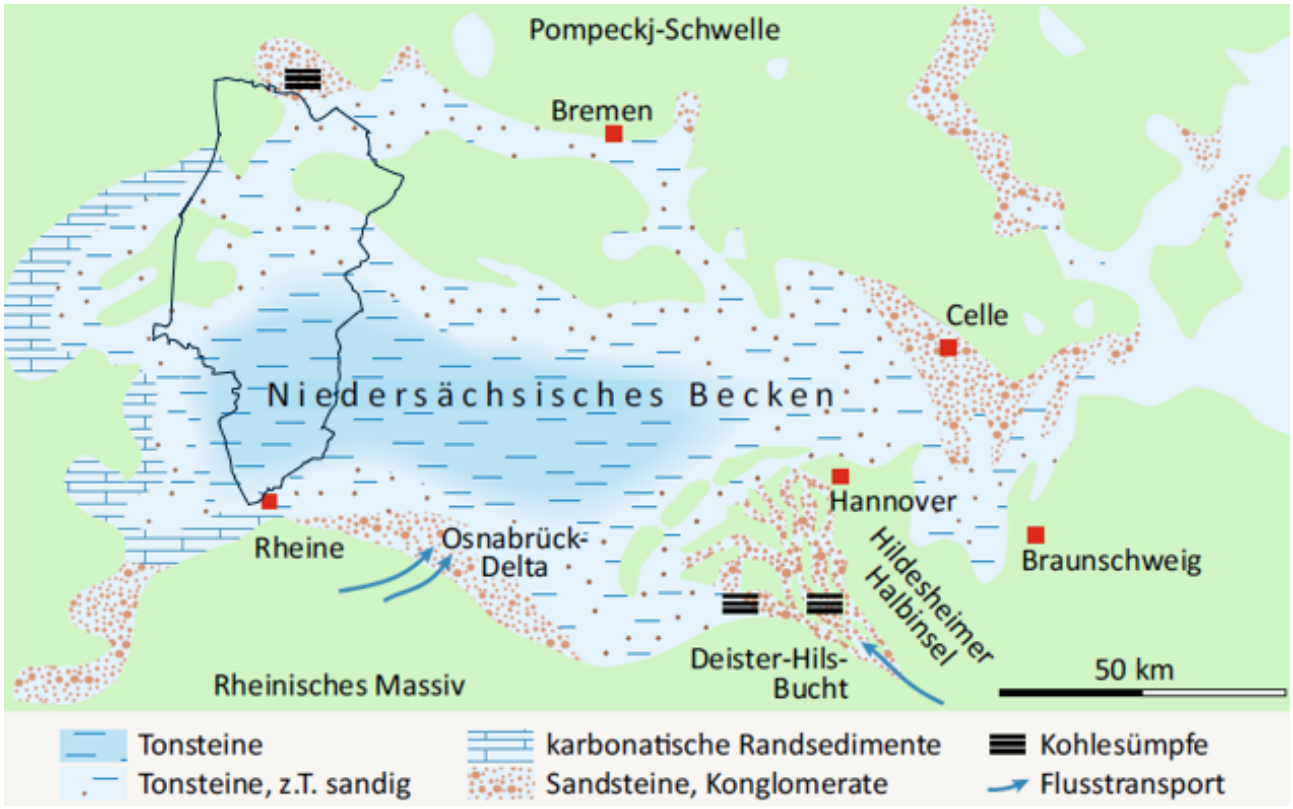
Zur Zeit der Entstehung der meisten Tonformationen im heutigen Gebiet des Landkreises Emsland während des Mesozoikums war der geologische Raum Bestandteil des Niedersächsischen Becken (Abbildung 3-3) und dieses wiederum ein Teil des Norddeutschen Beckens, in das von mehreren Himmelsrichtungen durch sich ständig verändernde Ablagerungsbedingungen unterschiedliche siliziklastischen Sedimenten eingetragen wurden (Meschede 2015). Das heutige Gebiet des Landkreis Emsland bildete dabei den westlichen Rand des Niedersächsischen Beckens.

Nach der Ablagerung durch überlagernde Sedimente verdichteten sich die Lockersedimente im Laufe der Jahrmillionen und wurden diagenetisch durch Druck und Temperatur zu Tongesteinen verfestigt. Je nach Zeit, Druck, Temperatur und Gehalt an organischem Material können auch Kohleflöze, Erdöl- und Erdgasvorkommen entstanden sein. Wenn den Tonlagen kalkhaltige Siliziklastika zwischengelagert wurden, entstehen im Allgemeinen bei der Diagenese Mergelsteine. Werden beispielsweise bei der Regionalmetamorphose Druck und Temperatur zu hoch, können Tonsteine zu dünnblättrigen leicht spaltbaren Tonschiefern umgewandelt werden (BGR 2007).

[15] Informationen und eine Bewertung zu den Teilgebieten 004, 005, 006 und 007 können auch der Studie des Öko-Instituts Öko-Institut e.V. (2021a) entnommen werden.

[16] Die Bezeichnung Siliziklastika umfasst in der Sedimentologie Sedimente und Sedimentgesteine, deren Kornfraktionen vorwiegend aus Silikatmineralen, wie z.B. Quarz, Feldspat und Tonmineralen zusammengesetzt sind (Meschede (2015)).

Abbildung 3-3: Übersicht über die Faziesverteilung im Niedersächsischen Becken zur Zeit der Unterkreide



Quelle: verändert nach (Meschede 2015). Schwarze Linie: Ungefährer Umriss des heutigen Landkreises Emsland.

Für die Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen werden von der BGE vor allem verfestigte, ungestörte sowie mächtige Tonsteinformationen bevorzugt, welche reine und hohe Tongehalte aufweisen (BGR 2007).

Teilgebiete in Tongesteinen und kristallinen Gesteinen werden von der Vorhabenträgerin BGE als Verbreitungsräume stratigraphischer Einheiten ausgewiesen, in denen diese Gesteine vorkommen. Diese Einheiten sind im Untergrund von Deutschland oft flächenhaft verbreitet, treten aber nicht immer flächendeckend auf. Beispielsweise gibt es Bereiche im Untergrund, in denen diese Gesteine nicht auftreten, da sie aufgrund tektonischer[17] Bewegungen in der erdgeschichtlichen Vergangenheit gestört und sowohl vertikal als auch horizontal verschoben wurden. Dadurch kann es vorkommen, dass sich die Tongesteine in manchen Gebieten zum Beispiel nicht in der günstigen Teufe für die Errichtung eines Endlagers befinden.

Zur einfacheren Handhabung haben wir die Teilgebietssegmente der einzelnen Teilgebiete, die den Landkreis Emsland betreffen, gekennzeichnet und nummeriert. Die vorgenommene Nummerierung der Teilgebietssegmente erfolgte willkürlich. Sie dient dazu, die Anwendung der Ausschlusskriterien (AK, Erläuterung siehe Kapitel 2.1), Mindestanforderungen (MA, Erläuterung siehe Kapitel 2.2) und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (geoWK, Erläuterung siehe Kapitel 2.3) für jedes einzelne Segmente vornehmen und prüfen zu können.

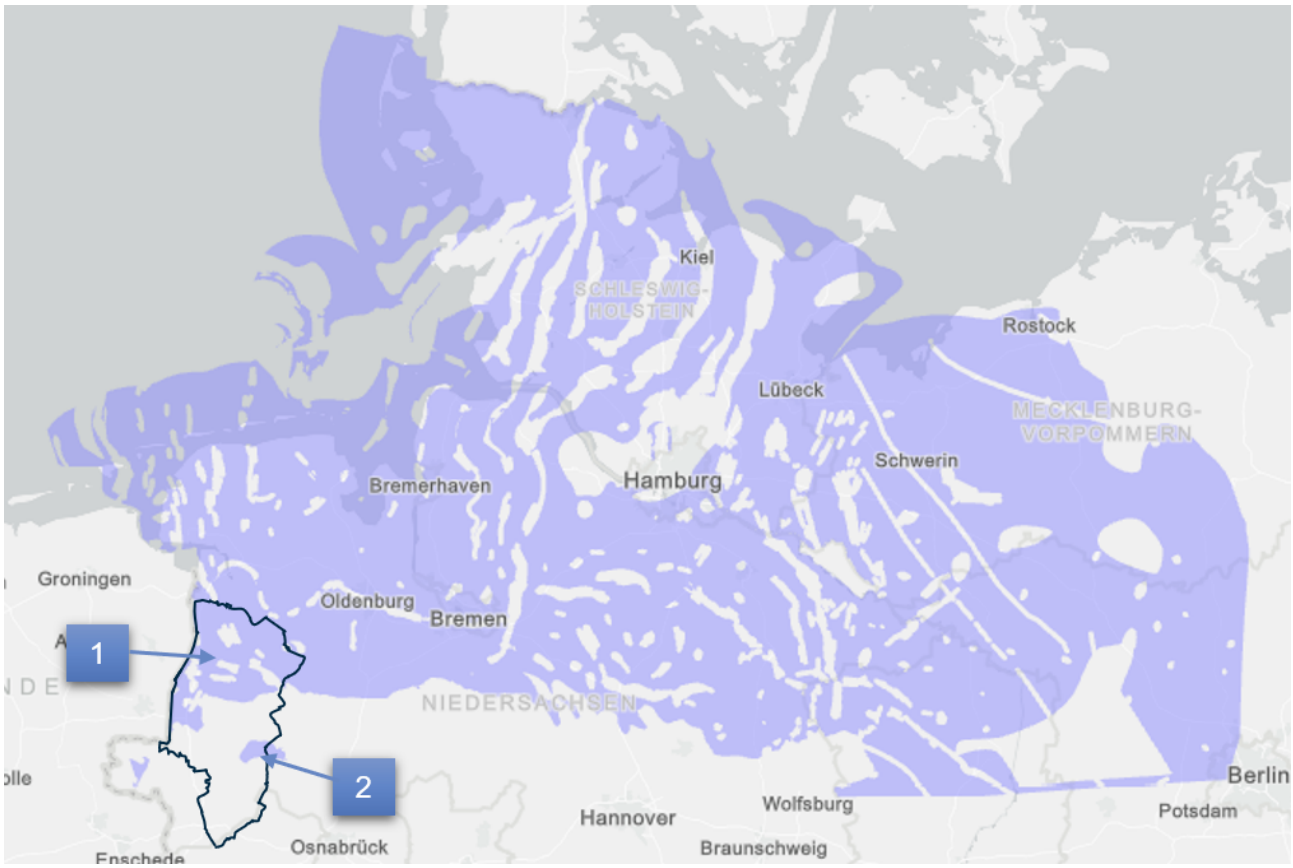
[17] Als Tektonik wird die Lehre von der dreidimensionalen Struktur der Erdkruste, der Bewegung und Deformation von Gesteinen und den Kräften, die diese Bewegungen verursachen, bezeichnet.

Im Folgenden wird kurz auf die Verbreitung der Teilgebiete eingegangen, ordnen die Entstehung der Gesteine litho-stratigraphisch[18] im Norddeutschen Raum ein und zeigen die einzelnen von uns gekennzeichneten Segmente für den weiteren Verlauf des Vorgehens auf.

004_00TG_053_00IG_T_f_tpg

Teilgebiet 004 umfasst Tongesteine, die vor 66 bis 23 Millionen Jahren im Erdzeitalter des Paläogens (Paläozän bis Oligozän) in Norddeutschland als Sedimente abgelagert wurden. Im Landkreis Emsland sind zwei Segmente betroffen (siehe Abbildung 3-4 und Abbildung 3-2). Das größere Segment erstreckt sich über die nördliche Hälfte des Landkreises, ein weiteres kleineres Segment befindet sich im Osten des Landkreises an der Grenze zum Landkreis Osnabrück.

Abbildung 3-4: Geographische Lage des Teilgebietes 004 im Tongestein



Quelle: (BGE 2020h), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland. Die nummerierte Box definiert das Segment des Teilgebietes im Landkreis Emsland.

Das Teilgebiet 004 beschreibt das größte Verbreitungsgebiet tertiärer Tone und Tonsteine in Deutschland (BGR 2007). Die Sedimentablagerungen verfüllten im Tertiär oft große Mulden und Teilbecken (z.B. Niedersächsisches Becken), welche durch die Salzabwanderung[19] im Untergrund

[18] Die Lithostratigraphie ist eine Methode, mit der man Gesteinseinheiten ausschließlich nach ihren lithologischen Eigenschaften räumlich und strukturell gliedert. Lithologisch unterscheiden sich Gesteine bspw. durch ihre sedimentologischen, petrologischen, mineralogischen, chemischen, paläontologischen, physikalischen und morphologischen Eigenschaften.

[19] Unter Salzwanderung versteht man die Mobilisation von salinaren Schichten im Untergrund, durch diese bspw. Salzstöcke entstehen können.

entstanden (LBEG 2017). Während des Tertiärs kam es zu einer beckenweiten Regression[20] im Norddeutschen Becken, wodurch erst wieder mit den beckenweiten Transgressionen[21] im Oberpaläozän und Eozän erneut marine Sedimente abgelagert wurden (BGR 2007).

Die BGE erwähnt namentlich die tertiären Ton- und Tonsteinformationen des Ober-Paläozäns (*Penningsehl- und Basbeckformation*) und des Unter-Eozäns (*Lamstedt*-, *Fehmarn*- und *Basbeckformation*) als potenzielle Wirtsgesteine des Tertiärs in Niedersachsen. Diese weisen jedoch oft kalkige, tuffige und sandige Einschaltungen auf. Die Tone selbst werden teilweise als äußerst feinkörnig und plastisch bis seifig beschrieben (BGE 2020f). Dabei ist jedoch zu klären, inwieweit diese Formation überhaupt im südwestlichen Niedersachen auftreten und sich darüber hinaus als Wirtsgesteine eignen.

Seitens der BGE wurde darauf hingewiesen, dass die Gesteine der *Rupeltonformation* (tertiäre Tonsteine des oberen Paläogens (Oligozän), etwa 33 bis 28 Millionen Jahre vor heute) dabei nicht als Wirtsgestein für ein Endlager in Frage kommen. Aller Voraussicht nach eignen sich die Tonsteine des oberen Paläogens aufgrund der unmittelbaren Nähe zu Schutzgütern wie z.B. dem Salz- und Süßwasserstockwerk nicht als Wirtsgestein (BGR 2007).

Die für den Landkreis Emsland relevanten Segmente des Teilgebietes 004, die in Abbildung 3-4 nummeriert wurden, werden in den Kapiteln 4, 5, 6 näher beschrieben und die Bewertung der BGE im Zwischenbericht Teilgebiete für diese Segmente im Landkreis auf Plausibilität hin überprüft.

005_00TG_055_00IG_T_f_jm

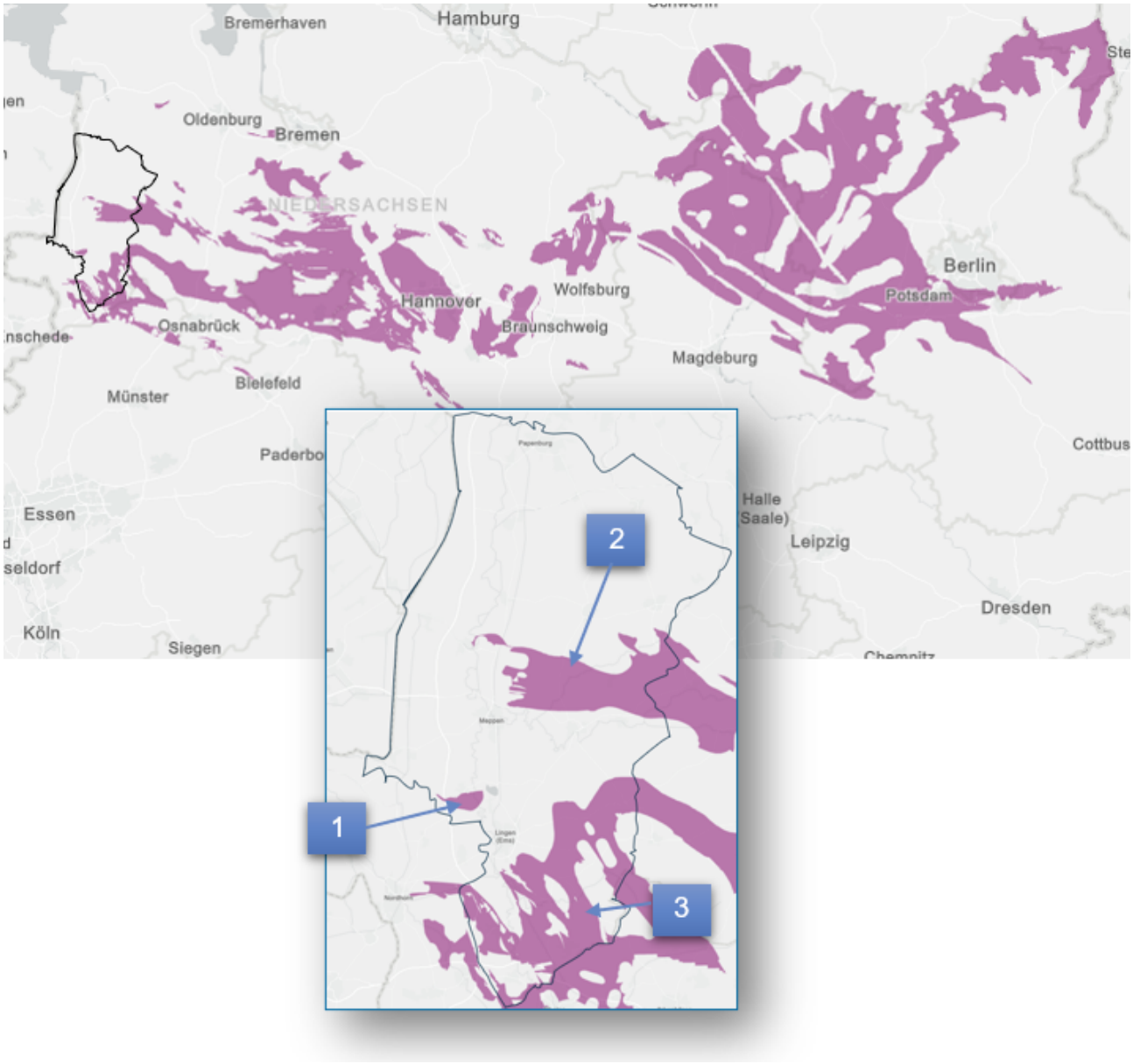
Teilgebiet 005 umfasst die heutige Verbreitung von Tongesteinen, welche vor etwa 175 bis 161,5 Millionen Jahren im Erdzeitalter des Doggers (Mitteljura) in Norddeutschland als Sedimente abgelagert wurden. Innerhalb der Grenzendes Landkreises Emsland liegen drei Segmente dieses Teilgebiets (siehe Abbildung 3-5), auf die in den Kapiteln 4, 5, 6 näher eingegangen wird.

Bei den Tonsteinen des Teilgebiet 005 handelt es sich um tonige Sedimente, die während des Mitteljuras in marinen Milieus ablagerten. Die marine Entwicklung, die an der Wende von Trias zum Jura begann, setzte sich bis in den Dogger fort (BGR 2007). Für den Dogger existieren in Norddeutschland mehrere hundert Meter mächtige Tonsteinschichten (LBEG 2017). Diese sind jedoch bekannt dafür, deutlich häufiger von Sandsteinen unterbrochen zu sein als jene Tonsteine des Unterjuras (BGR 2007).

Die BGE zählt die mitteljurassischen Ton- und Tonsteinformationen der *Ludwigienton-Parkinsonenton*-, *Aspidoideston*- und *Ornatentonformationen* als potenzielle Wirtsgesteine des Doggers in Niedersachen auf, die in allgemein abnehmenden Mächtigkeiten auch im Emsland aufgefunden wurden. Die Tonsteine sind teils mit Mergelsteinschichten und Kalksteinen durchsetzt (BGE 2020f). Es ist jedoch zu klären, inwieweit diese Formationen im südwestlichen Niedersachen tatsächlich auftreten und ob sie sich tatsächlich als Wirtsgestein eignen.

[20] Meeresrückzug durch Abnahme des Meeresspiegels oder tektonischer Hebung eines Gebiets.
[21] Vordringen des Meeres durch Anstieg des Meeresspiegels oder tektonischer Senkung eines Gebiets.

Abbildung 3-5: Geographische Lage des Teilgebietes 005 im Tongestein



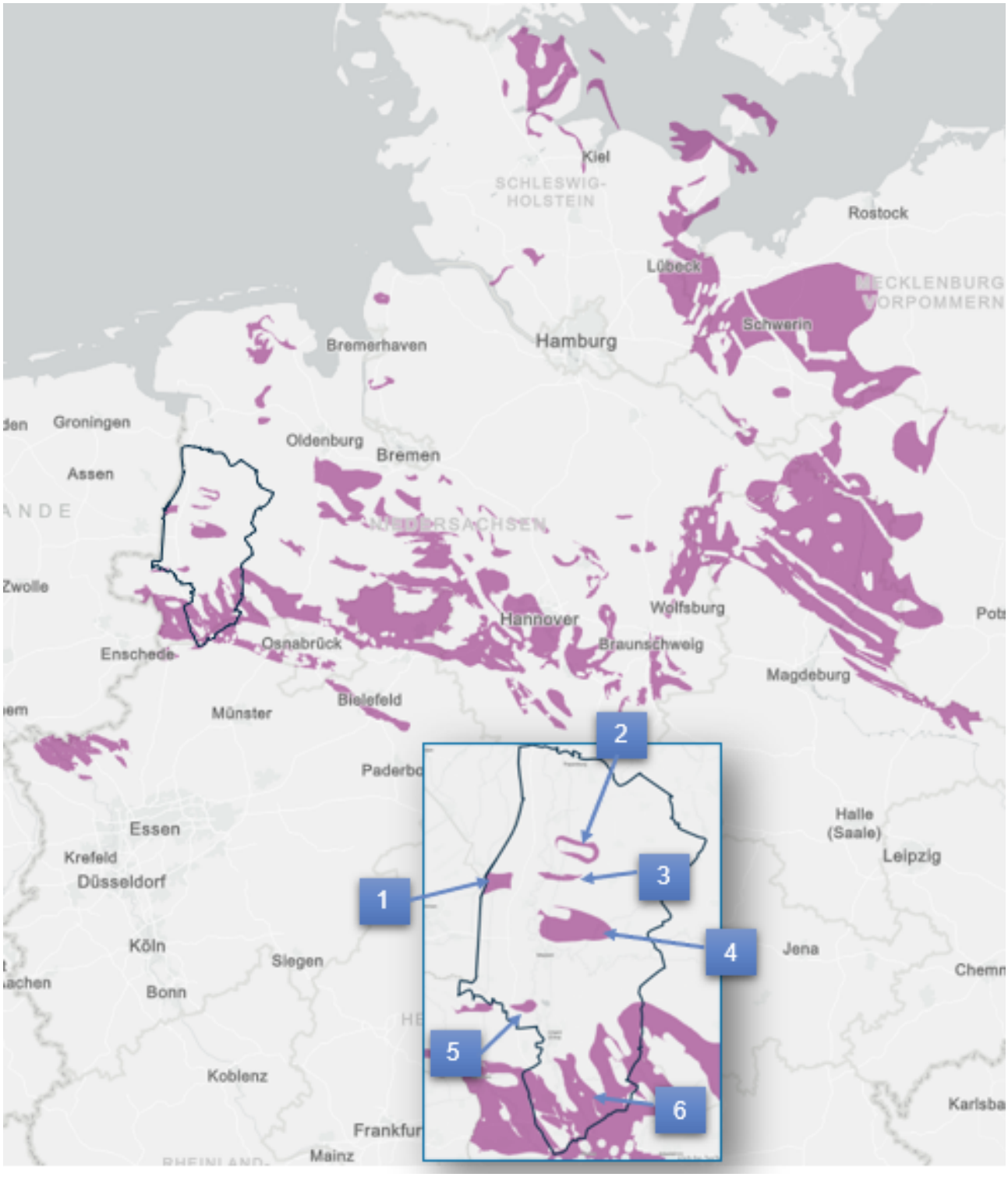
Quelle: (BGE 2020h), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland; Ausschnitt vergrößert. Die nummerierte Box definiert das Segment des Teilgebietes im Landkreis Emsland.

006_00TG_188_00IG_T_f_ju

Teilgebiet 006 umfasst Tongesteine, die vor 201,5 bis 175 Millionen Jahren im Erdzeitalter des Lias (Unterjura) in Norddeutschland als tonige Sedimente abgelagert wurden (siehe Abbildung 3-6). Innerhalb der Grenzen des Landkreises Emsland liegen sechs Segmente dieses Teilgebiets, die in den Kapiteln 4, 5, 6 näher betrachtet werden.

An der Wende vom Erdzeitalter der Trias zum Jura stellte das Norddeutsche Becken aufgrund einer weltweiten Meeresausdehnung einen fast kompletten marinen Ablagerungsraum dar (BGR 2007).

Abbildung 3-6: Geographische Lage des Teilgebietes 006 im Tongestein



Quelle: (BGE 2020h), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland. Die nummerierte Box definiert das Segment des Teilgebietes im Landkreis Emsland.

Im Unterjura kam es zu einer Wechselfolge von Trans- und Regressionen des Meeres[22]. Dies hatte zur Folge, dass sich zwischen den tonigen Sedimenten auch immer wieder grobkörnigere sandige Schichten ablagerten. Der Westen des Norddeutschen Becken ist aber generell von tonigeren Ablagerungen (Westfazies) dominiert. Hier konnten Tonsteinformationen mit mehreren hundert Metern Mächtigkeit entstehen (LBEG 2017).

Die BGE erwähnt namentlich die Tonsteinformationen des Unterjura: *Psilonoten*-, *Angulaten*-, *Arieten*-, *Obtusus*-, *Capricornumergel*-, *Amaltheen*-, und *Posidonientonschieferformation* (BGE 2020f). Dabei ist jedoch zu klären, inwieweit diese Formationen im südwestlichen Niedersachsen auftreten und sie sich tatsächlich als Wirtsgesteine eignen.

007_00TG_202_02IG_T_f_kru

Teilgebiet 007 umfasst Tongesteine, die in Norddeutschland vor 145 bis 100,5 Millionen Jahren als Sedimente im Erdzeitalter der Unterkreide abgelagert wurden. Innerhalb der Grenzen des Landkreises Emsland liegen acht Segmente dieses Teilgebiets (siehe Abbildung 3-7), die in den Kapiteln 4, 5, 6 näher betrachtet werden.

Das Teilgebiet 007 beschreibt das heutige Hauptverbreitungsgebiet unterkretazischer Tonsteine in Deutschland (BGR 2007). Mit dem Beginn der Unterkreide veränderten sich die Ablagerungsbedingungen im Norddeutschen Becken drastisch. In Zuge der Absenkung des Niedersächsischen Beckens kam es zu einer Regression, wodurch das Becken vom offenen Meer abgetrennt wurde (Meschede 2015). So geht man davon aus, dass die Verbindung des Niedersächsischen Becken zum offenen Meer während der Stufe des Berrias fast vollständig unterbrochen war (Abbildung 3-3). Dadurch nahm der Eintrag und Vermischung von frischem Wasser mit dem Wasser im Becken ab, was zu brackischen und evaporitischen[23] Ablagerungen führte, die typisch für die Unterkreide in den beckenzentralen Bereichen sind (BGR 2007).

Hier sind vor allem die *Münder Mergel* und *Serpulit Subformationen* als Übergang von Oberjura zu Unterkreide beispielhaft, welche anschließend von eher küstennahen sandig-tonigen, im Westen Osnabrücks teils kohleflözführenden Sedimenten der *Wealden Formation* (auch *Bückeberg-Gruppe*) mit teilweise marinen Schichten überlagert wurden (Wilde und Schultka 1996).

Im weiteren Verlauf der Unterkreide kam es dann erneut zu marinen Ablagerungen im Niedersächsischen Becken (LBEG 2017). Der Zeitraum Valanginium bis Aptium ist durch sapropelitische[24] Tonsteine der tonig-mergeligen Beckenfazies und die Beckenrandbereiche sind durch überwiegende sandige Gesteinstypen geprägt. Zum Ende der Unterkreide markieren mergelige und karbonatische Sedimentgesteine den Übergang zur Oberkreide.

Im Niedersächsischen Becken kann die gesamten Gesteine der Unterkreide Mächtigkeiten von bis zu 2.000 m erreichen, wobei regional die Ablagerungen der marinen Unterkreide allein Mächtigkeiten von mehreren hundert und stellenweise bis zu über 1.000 m aufweisen können.

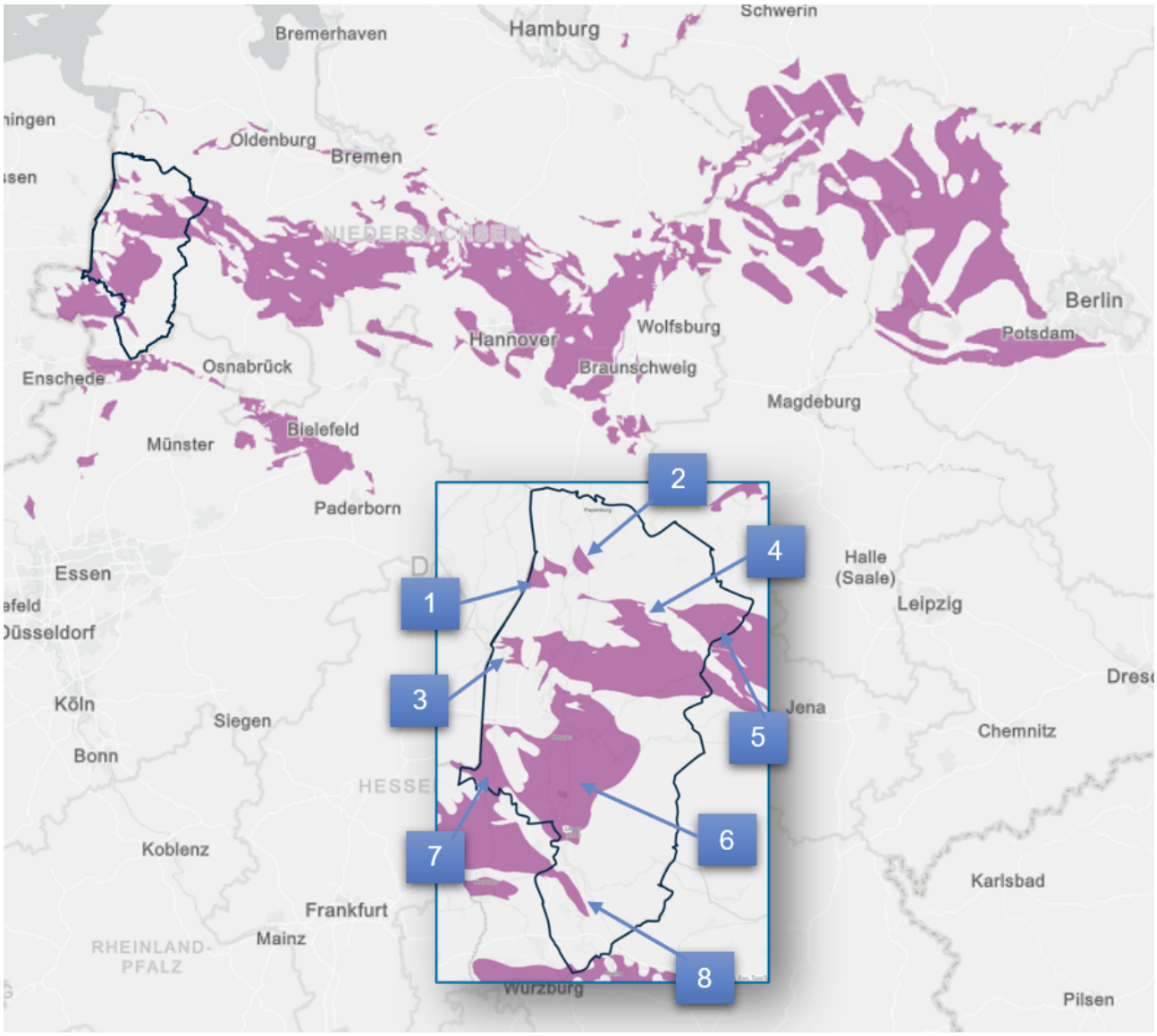
[22] Unter Transgression und Regression des Meeres versteht man die Ausdehnung und den Rückzug des Meeres, unter anderem ausgelöst durch Meeresspiegelschwankungen.

[23] Evaporite sind Salzgesteine, chemische Sedimente und Sedimentgesteine, die durch intensive Verdunstung oder gar Eindunstung salinarer wässriger Lösungen entstehen. (Quelle: Auszug aus https://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/evaporite/4434)

[24] faulschlämmig

Die BGE erwähnt namentlich Tonsteine der Unterkreide in nahezu allen Altersstufen (Berias, Valangin, Hauterieve, Barreme, Apt, Alb). Als besonders vielversprechend gelten für die BGE die *Isterberg-*, *Stadthagen-*, und *Hoheneggelsenformationen* der *Bückeberg-Gruppe* sowie die *Sarstedt-* und *Schwicheltformationen* (*Minden-Braunschweig-Gruppe*) im Emsland/Münsterland (BGE 2020f), welche Mächtigkeiten von über 100 m aufweisen sollen. Der überwiegende Teil der marinen Unterkreide in Norddeutschland besteht aus dunkelgrauen Tonsteinen, Tonmergelsteinen und Mergelsteinen (BGR 2007). Diese sind vor allem im Westen und Süden des Niedersächsischen Beckens durch Sandsteineinschaltungen (z.B. der *Wealden Formation)* gestört. Es ist zu klären, ob diese Formationen sich tatsächlich als Wirtsgesteine eignen.

Abbildung 3-7: Geographische Lage des Teilgebietes 007 im Tongestein



Quelle: (BGE 2020h), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland. Die nummerierte Box definiert das Segment des Teilgebietes im Landkreis Emsland.

3.2 Teilgebietssegmente im flach lagernden Steinsalz innerhalb des Landkreises

Bei den Teilgebieten 076_03, 077, 078_06 handelt es sich um die Verbreitung von salinaren – also salzführenden – Schichtabfolgen, die in Norddeutschland abgelagert wurden und sich über große Flächen mehrerer Bundesländer erstrecken. In der Karte zum Zwischenbericht Teilgebiete (BGE 2020h) sind Teilgebiete in Steinsalzformationen in stratiformer Lagerung in hellblau dargestellt.

Salinare oder Salzgesteine entstehen durch die Verdunstung von salzhaltigen Gewässern – in erster Linie Meerwasser – und gehören zu den evaporitischen Sedimentgesteinen. Der Prozess der Evaporation findet dabei über sehr lange Zeiträume statt, während derer bei fortschreitender Verdunstung des Wassers verschiedene Minerale ausgefällt[25] werden (Abbildung 3-8). Die BGE spricht vom Wirtsgestein Steinsalz, wenn das Salzmineral Halit das gesteinsbildende Mineral darstellt. Steinsalz ist Hauptbestandteil der Salzabscheidungsfolge. Abbildung 3-8 beschreibt die typische Abfolge der verschiedenen salinaren und nicht salinaren Schichten anhand der marinen Salzabscheidungsfolge der Zechstein-Entwicklung in Deutschland (Meschede 2015). Terrestrische Evaporite, also bei der Eindunstung kontinentaler Gewässer durch Ausfällung entstandene Gesteine, spielen im Zusammenhang mit der Suche nach einem Endlagerstandort in Deutschland keine Rolle.

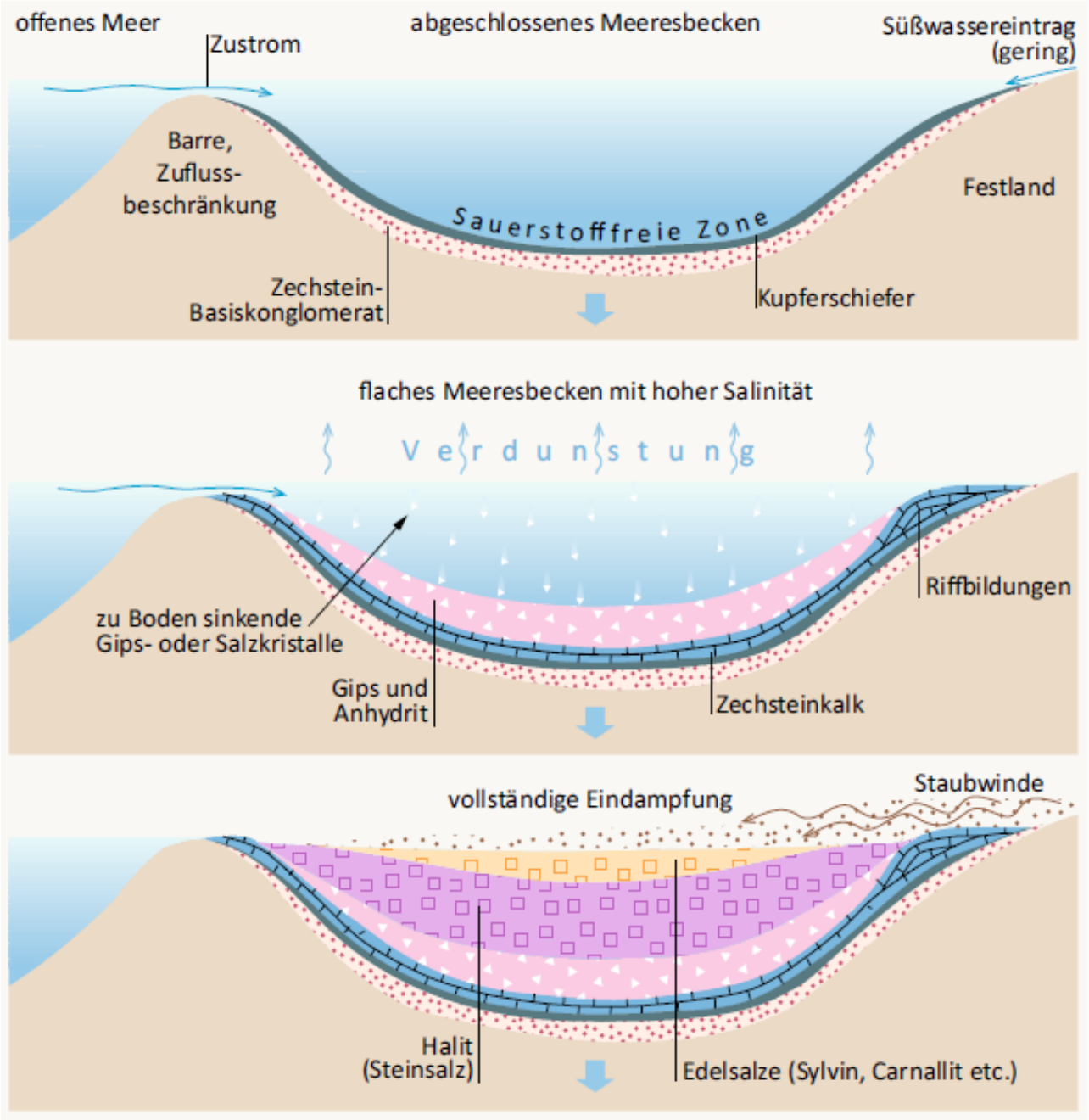
Zur Ausscheidung salinarer Schichten kommt es, wenn sogenannten Barren[26] oder abgetrennten Meeresbecken über einen längeren Zeitraum vom Eintrag und der Durchmischung von frischem Meerwasser teilweise oder gänzlich abgeschnitten sind. In solchen Beckenbereichen entstehen zunächst sauerstofffreie Zonen mit hohem Salzgehalt. Mit fortschreitender Trockenlegung der Bereiche und Verdunstung der salinaren Wässer kommt es entsprechend der Löslichkeit der Minerale zur typischen Abscheidungsfolge. Diese beginnt mit der Abtrennung der am geringsten löslichen Karbonate (Bsp.: Zechsteinkalk), die sich über den zunächst Siliziklastischen Sedimenten (Konglomeraten, tonigen Schichten) ablagern. Daraufhin werden Sulfate, wie z.B. Anhydrit und Gips abgeschieden, bevor es zur eigentlichen Ausfällung von Halit (NaCl) kommt, welche später die oft mächtigen Steinsalzlager bilden. Anschließend bilden sich je nach Ablagerungsbedingungen und vorherrschendem Chemismus unterschiedliche Edelsalze, wie z.B. Kalisalze[27] aus. Die marine Salzabscheidungsfolge endet nach der vollständigen Eindampfung der salinaren Wässer mit dem Eintrag und der Überlagerung von terrestrischen Sedimenten (Meschede 2015). Es kann zu zyklischen Wiederholungen dieser Ablagerungsabfolgen kommen, die zusätzlich nicht selten durch Einschaltungen von Karbonaten, Sulfaten oder Siliziklastika unterbrochen oder gestört sind.

Für die Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen werden von der BGE vor allem mächtige und homogene Steinsalzlager bevorzugt, welche frei von Verunreinigungen durch Anhydrit- oder Gipseinschaltungen sind (BGR 2007). Allerdings sind die Salzformationen in der internen Struktur und, was Schwankungen der Mineralgehalte und -zusammensetzungen betrifft, sehr komplex und können sowohl in der horizontalen als auch in der vertikalen Ausdehnung deutlich variieren, wovon die Eignung des Salzgesteins für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle abhängt (BGR 2014a). Das Institut für Gebirgsmechanik GmbH (IfG 2022) betont, dass im Falle einer ausscheidungsbedingten Abnahme des Halit-Anteils (<88%) die Barrierewirksamkeit des

[25] Als „ausfällen“ bezeichnet man den chemischen Vorgang, bei dem gelöste Stoffe durch Änderungen von Parametern, wie z.B. Druck und Temperatur in Form von Kristallen, Flocken oder Tröpfchen ausgeschieden werden.
[26] Bodenschwellen im Ozean
[27] Kalisalze sind Salzgesteine, deren Hauptbestandteile aus Kalium-reiche Salzmineralen aufgebaut sind (z.B. Sylvin, Carnallit, Kieserit)

Steinsalzes abnimmt, wodurch eine Eignung als einschlusswirksamer Gebirgsbereich nicht mehr gewährleistet werden kann und die vorherrschende Geologie immer standortbezogen betrachtet werden muss.

Abbildung 3-8: Stark vereinfachte schematische Darstellung der marinen Salzabscheidungsfolge am Beispiel der Zechstein-Entwicklung (Werra- und Strassfurt-Folge) in Deutschland



Quelle: (Meschede 2015)

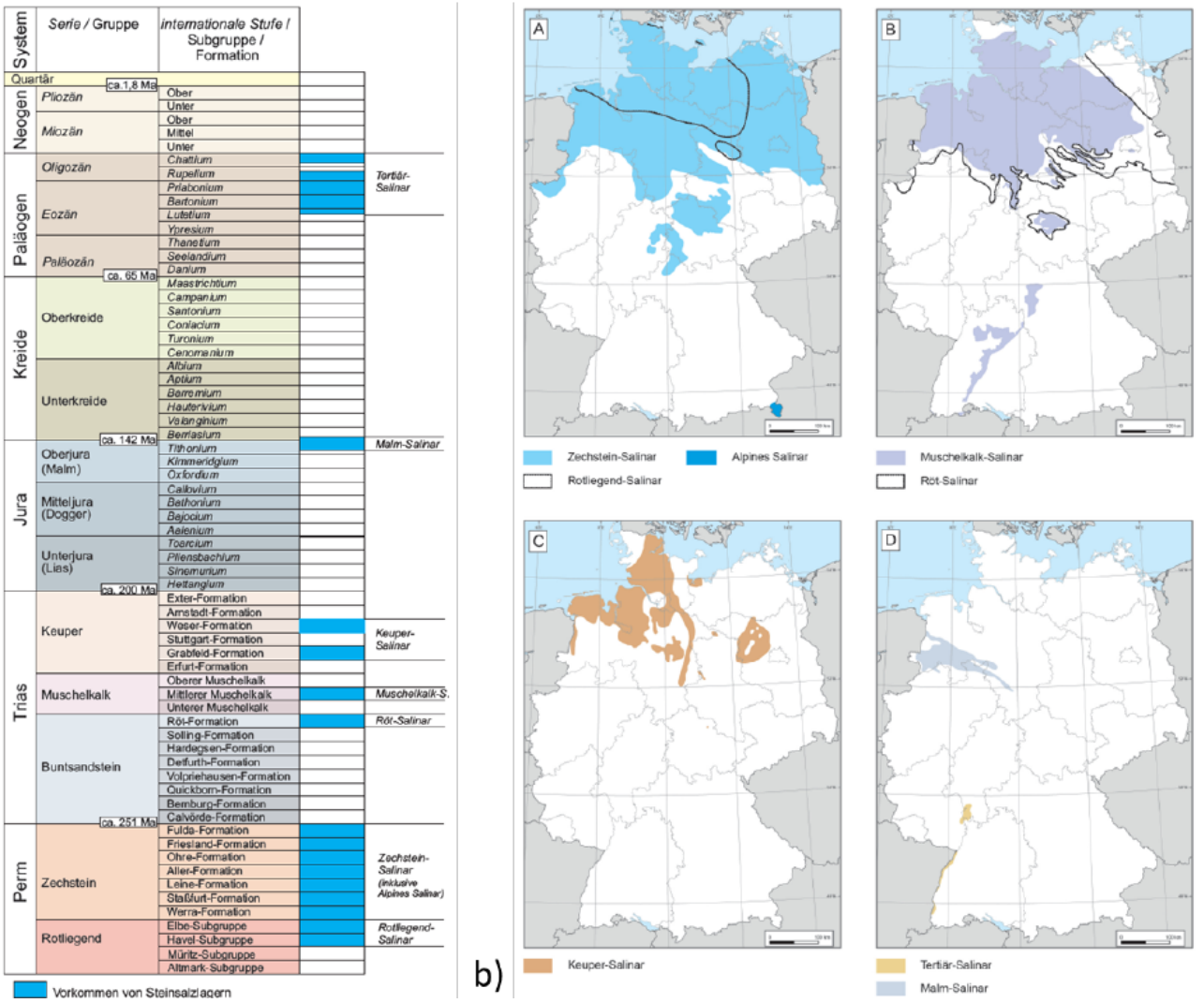
Mächtige für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle potenziell geeignete Steinsalzlager (blau) treten in Deutschland in den einzelnen Formationen der stratigraphischen Einheiten Rotliegend

(Perm), Zechstein (oberstes Perm), Röt (oberer Buntsandstein), Muschelkalk (Mitteltrias), Keuper (Obertrias), Malm (Oberjura) und Tertiär (Paläogen) auf (IfG 2022).

Der Landkreis Emsland ist ausschließlich durch die Verbreitung der stratigraphischen Einheiten des Zechsteins (Abbildung 3-9, b, A), des Röt (Salinar) (B) und der Oberjura Salinare (D) betroffen.

Teilgebiete in Steinsalz in stratiformer Lagerung werden, wie Teilgebiete in Tongesteinen und kristallinen Gesteinen von der Vorhabenträgerin BGE als Verbreitungsräume stratigraphischer Einheiten ausgewiesen[28], in denen diese Gesteine vorkommen. Daher bestehen auch Teilgebiete in Steinsalz in stratiformer Lagerung oft aus einzelnen Segmenten, die in der Kartendarstellung als separierte Flächen erscheinen, von der BGE im Zwischenbericht Teilgebiete aber als ein Teilgebiet ausgewiesen werden.

Abbildung 3-9: Vorkommen und Verbreitung der salinaren Schichtenfolgen in Deutschland



Quelle: (IfG 2022). a) Stratigrafische Position und Bezeichnung. b) Schematische on-shore-Verbreitung der Halit-führenden Schichtenfolgen in Deutschland

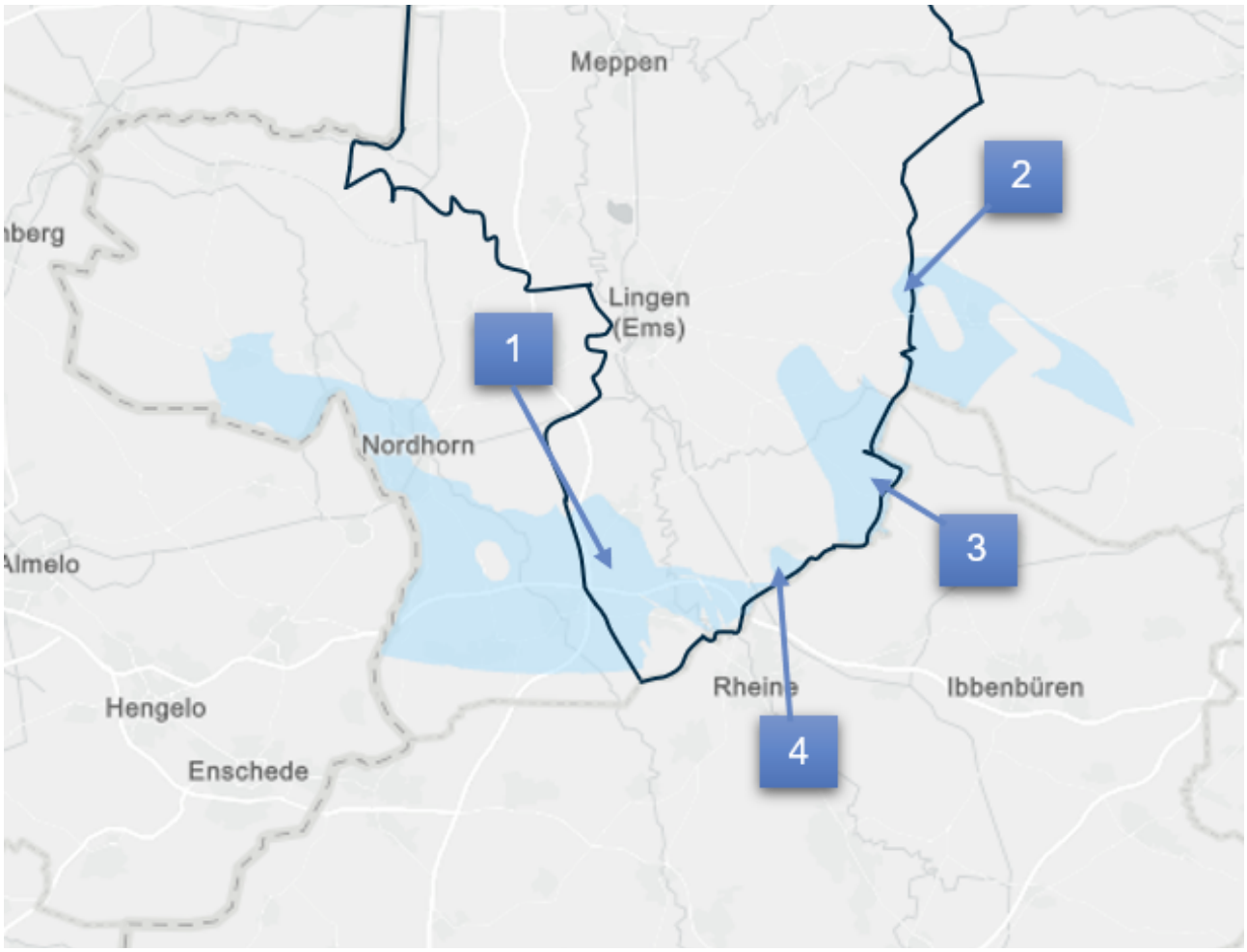
[28] Nur Salzstöcke werden als jeweils eigene Teilgebiete betrachtet, auch wenn sie im tiefen Untergrund miteinander verbunden sein können.

Zur einfacheren Handhabung haben wir die Teilgebietssegmente der einzelnen Teilgebiete, die den Landkreis Emsland betreffen, gekennzeichnet und nummeriert, um bei der Bewertung der Anwendung der Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (geoWK) besser die einzelnen Segmente behandeln zu können. Im Folgenden gehen wir kurz auf die Verbreitung der Teilgebiete im Ganzen ein, ordnen die Entstehung der Gesteine litho-stratigraphisch im Norddeutschen Raum ein und zeigen die einzelnen von uns ausgewiesenen Segmente für den weiteren Verlauf des Vorgehens auf.

076_03TG_191_05IG_S_f_so

Teilgebiet 076_03 umfasst die heutige Verbreitung von Steinsalz in stratiformer Lagerung in der Münsterländer Tieflandsbucht, das in Norddeutschland vor 247,2 bis 246,5 Millionen Jahren als evaporitische Sedimente im Erdzeitalter des Röt (oberer Buntsandstein) abgelagert wurde. Innerhalb der Grenzen des Landkreises Emsland befinden sich vier Segmente dieses Teilgebiets (siehe Abbildung 3-10), welche in den Kapiteln 4, 5, 6 näher betrachtet werden.

Abbildung 3-10: Geographische Lage des Teilgebietes 076_03 im flach lagernden Steinsalz

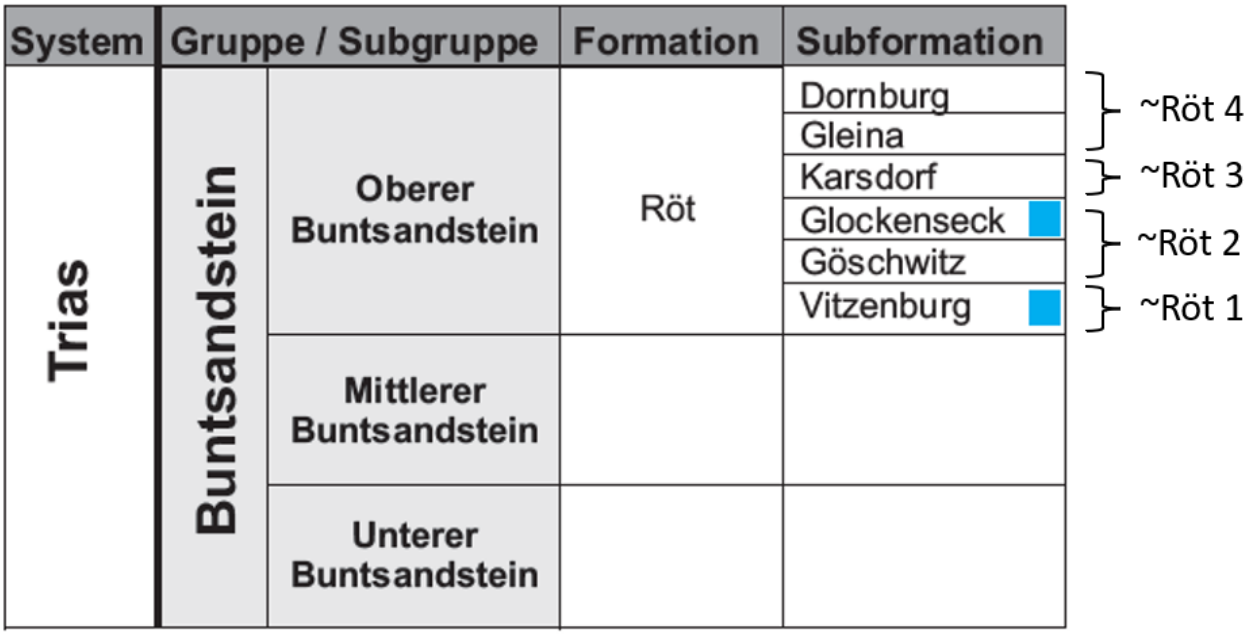


Quelle: (BGE 2020h), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland. Die nummerierte Box definiert das Segment des Teilgebietes im Landkreis Emsland.

Während des Zeitalters „Oberer Buntsandstein“ herrschten im Gebiet des heutigen Norddeutschlands aride[29] Klimaverhältnisse. Die Ablagerungsbedingung in der heutigen Münsterländer Tieflandsbucht glichen einem flachen Meeresbecken mit eingeschränktem Wasseraustausch, in der sich die siliziklastischen Sedimente ablagern und aus den hochsalinaren Lösungen Evaporite ausbilden konnten.

In Norddeutschland werden die Ablagerungen der unteren Röt-Abfolge vor allem von evaporitisch entstandenen Gesteinsschichten dominiert. Mächtige Steinsalzlager sind aus den *Vitzenburg-Subformation* (*Röt 1*) und in der *Glockenseck-Subformation* (*Röt 2*) bekannt (Abbildung 3-11, blau). Beide Steinsalzlager werden von den eher siliziklastischen Ablagerungen der *Göschwitz-Subformation* (*Röt 2*) unterbrochen. Darüber lagert der obere Teil der Röt-Abfolge mit überwiegend tonigen Sedimenten (rote Tone) des *Röt 3* und *Röt 4* (BGR 2014b).

Abbildung 3-11: Stratigraphische Stellung des oberen Buntsandstein in Niedersachsen



Quelle: verändert nach (BGR 2014a) und (DSK 2008). Blau: Entstehungszeitraum von Steinsalzlagern.

Regional haben tektonische Schwellenstrukturen, wie z.B. die Hunte-Schwelle südöstlich des heutigen Landkreises, die Mächtigkeiten und Ausprägungen der salinaren Ablagerungen deutlich beeinflusst. Über diesen Schwellen besitzen die Ablagerungen der gesamten Röt-Abfolge weniger als 100 Meter Mächtigkeit. Zwischen den Schwellen jedoch liegen sogenannte Senken mit hohen Steinsalzlagermächtigkeiten, wie z.B. im Landkreis Emsland die Ems-Senke mit den höchsten Mächtigkeiten der gesamten Röt-Abfolge von über 300 Metern (BGR 2014b).

In diesen Senken sowie in den zentralen Beckenbereichen des Norddeutschen Becken sind maximale Mächtigkeiten von 150 – 170 Metern der *Vitzenburg-Subformation* (*Röt 1*) zu erwarten, auf welche die BGE bei der Suche nach einem Endlager abzielt (BGE 2020f). Die *Glockenseck-Subformation* (*Röt 2*) weist eher geringe maximale Mächtigkeiten des Steinsalzlagers von 10 – 20 Metern in tiefer gelegenen Beckenbereichen auf (BGR 2014b).

[29] Trocken- bzw. Wüstenklima

077_00TG_192_00IG_S_f_jo

Teilgebiet 077 umfasst die heutige Verbreitung von Steinsalz in stratiformer Lagerung im Niedersächsischen Becken, das in Norddeutschland vor etwa 161,5 bis 145 Millionen Jahren als evaporitische Sedimente im Erdzeitalter des Malms (Oberjura) abgelagert wurde. Innerhalb der Grenzen des Landkreises Emsland befinden sich vier Segmente dieses Teilgebiets (siehe Abbildung 3-12), die in den Kapiteln 4, 5, 6 näher betrachtet werden.

In Norddeutschland ist die Zeit des Oberjuras vor allem durch die Entwicklung des zentralen und westlichen Niedersächsischen Becken geprägt, welches zu dieser Zeit in Teil des Jurameeres im Norden Deutschlands bildete (Meschede 2015). Dementsprechend kam es zu überwiegend marinen Ablagerungen siliziklastischer Sedimente, aber auch karbonatischen Ablagerungen und der Ausbildung mächtiger mariner Evaporite zwischen tonigen und siltischen Ablagerungen, die im Zeitalter des obersten Malm im Übergang zur Unterkreide hin entstanden sind (BGR 2014b).

Abbildung 3-12: Geographische Lage des Teilgebietes 077 im flach lagernden Steinsalz

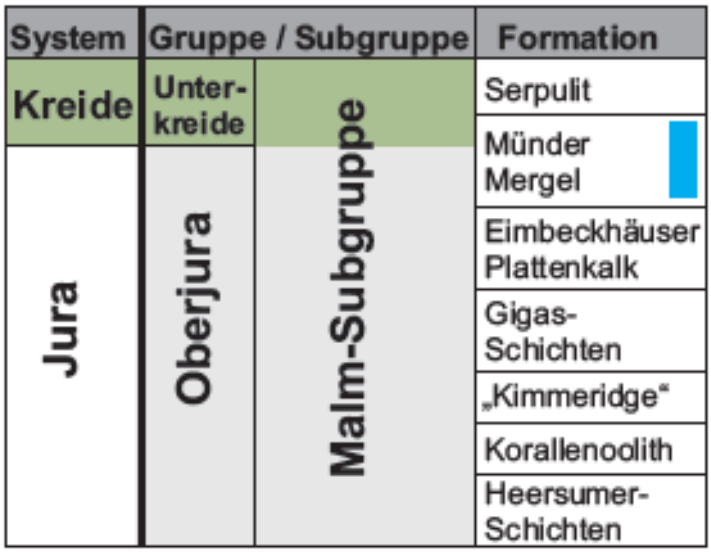


Quelle: (BGE 2020h), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland. Die nummerierte Box definiert das Segment des Teilgebietes im Landkreis Emsland.

Diese tonigen und siltigen Ablagerungen der oberen Malm-Subgruppe bilden die heutige steinsalzlagerführende Wechselfolge von Ton- und Mergelschichten der sogenannten *Münder Mergel* (Abbildung 3-13).

Die vor allem in den westlichen Bereichen des Niedersächsischen Beckens synsedimentäre[30] Ausbildung von Horst- und Grabenstrukturen beeinflussten die siliziklastischen und evaporitischen Ablagerungen der *Münder Mergel*.

Abbildung 3-13: Stratigraphische Stellung der Malm-Subgruppe in Niedersachsen



Quelle: (BGR 2014a). Blau: Entstehungszeitraum von Steinsalzlagern.

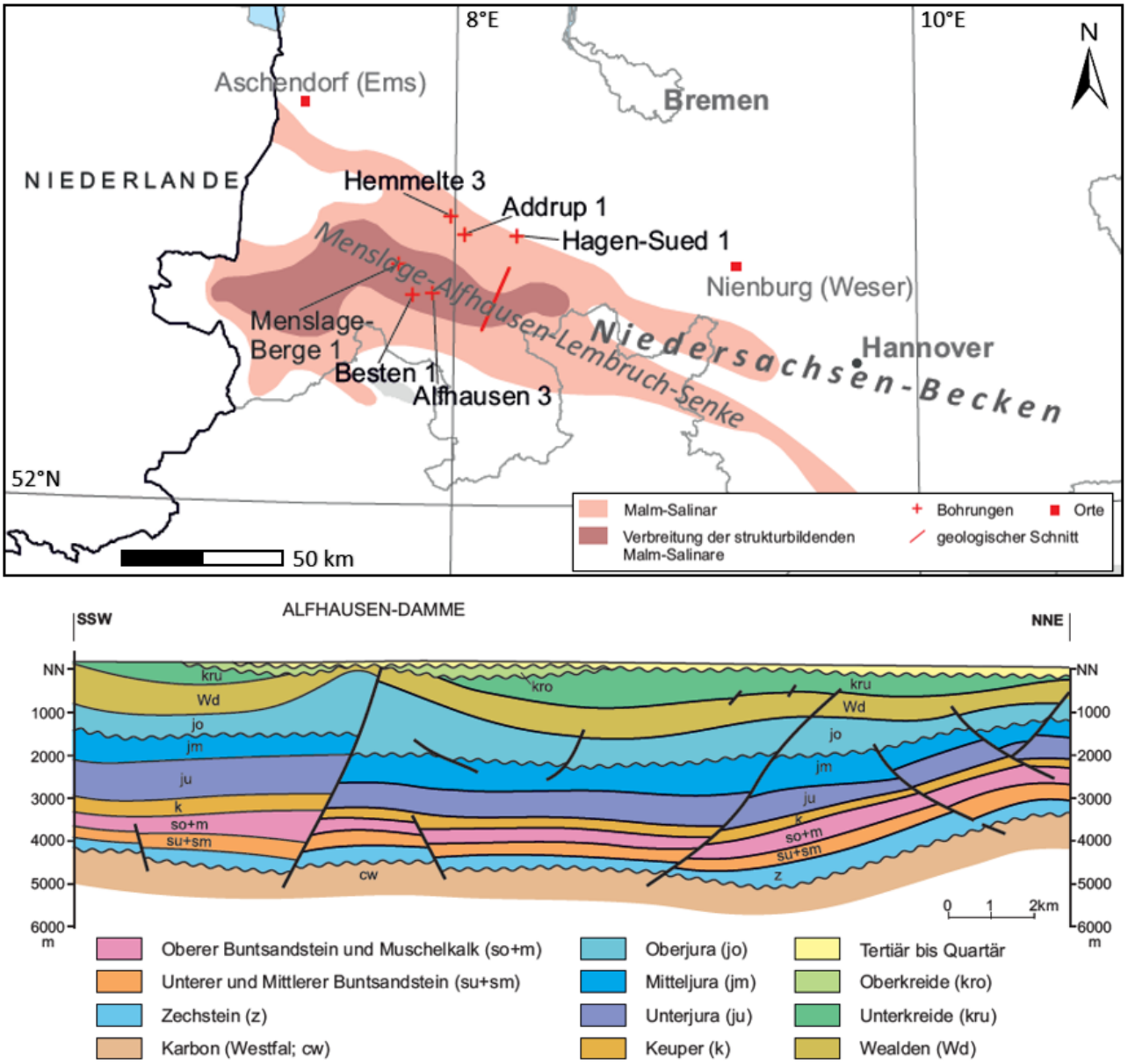
Durch die synsedimentären, tektonischen und späteren halokinetischen[31] Prozesse variieren die Mächtigkeiten und Fazies der salinaren Ablagerungen, die in den Gräben und Senken innerhalb der Ton- und Mergelwechselfolgen mächtige Steinsalzlager ausbilden konnten, deutlich.

In diesen Senken, wo die *Münder Mergel* besonders dominant vertreten sind, werden Vorkommen mächtiger und strukturbildender Malm-Salinare mit durchschnittlichen Mächtigkeiten von etwa 800 Metern beschrieben (BGR 2014b). In einzelnen Senken des westlichen Niedersächsischen Beckens werden sogar primäre Mächtigkeiten der Steinsalz-Tonstein-Anhydrit-Wechsellagerungen von bis 1.000 Metern erwartet. Ein Beispiel für eine solche Senke des Niedersächsischen Beckens stellt die sogenannte *Menslage-Alfhausen-Lembruch-Senke* dar, welche vom Westen des Emslands quer durch den Landkreis Emsland bis nach Osten in Richtung Hannover reicht (Abbildung 3-14).

Für die Standortsuche sind die *Münder Mergel* besonders vielversprechend, da sich in den Schichtenfolgen von Tonmergelsteinen relativ reine Steinsalzlager mit Mächtigkeiten von mehr als 150 Metern ausgebildet haben, welche durch Anhydrit- und Toneinschaltungen voneinander getrennt sind (BGE 2020f). Durch die Ausdehnung der *Menslage-Alfhausen-Lembruch-Senke* im heutigen Gebiet des Landkreises Emsland wird deutlich, dass vor allem in den zentralen Senkenbereichen mächtige strukturbildende Malm-Salinare zu erwarten sind (Abbildung 3-14).

[30] Geologische Prozesse, die während der Sedimentation stattfinden, werden als synsedimentär bezeichnet.
[31] Die Halokinese beschreibt die Bewegung von Salzstrukturen durch tektonische Prozesse.

Abbildung 3-14: Schematische Verbreitung der Halit-formenden Malm-Salinare in Niedersachsen und deren Lagerungsverhältnisse im Landkreis Emsland

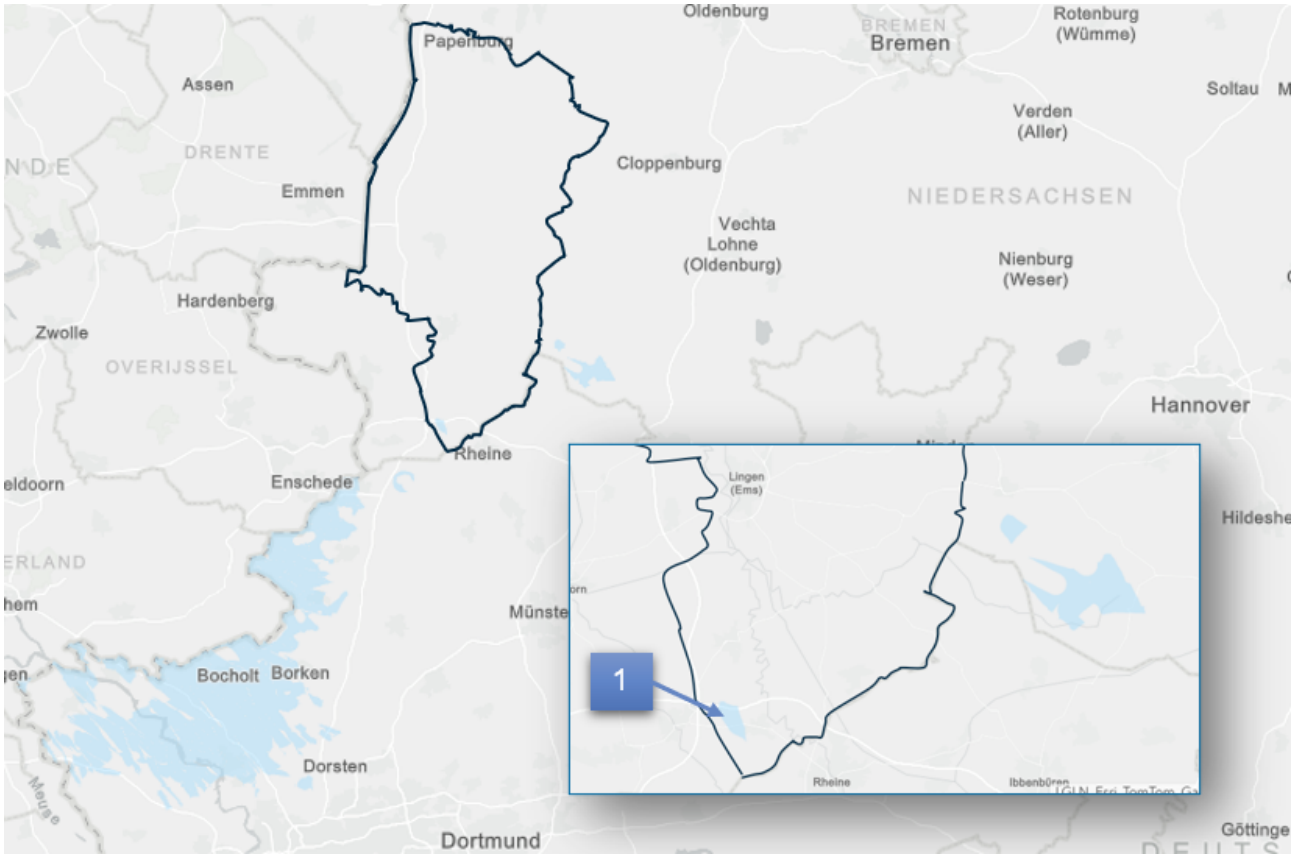


Quelle: Oben: verändert nach (BGR 1977) . Unten: verändert nach (Baldschuhn 2001)

078_06TG_197_06IG_S_f_z

Teilgebiet 078_06 umfasst die heutige Verbreitung von Steinsalz in stratiformer Lagerung im Niederrhein-Ems-Gebiet, das in Norddeutschland vor 257,5 bis 251,9 Millionen Jahren als evaporitische Sedimente im Erdzeitalter des Zechsteins (oberes Perm) abgelagert wurde. Innerhalb der Grenzen des Landkreises Emsland liegt ein kleines Segment dieses Teilgebiets (siehe Ausschnitt in Abbildung 3-15), das in den Kapiteln 4, 5, 6 näher betrachtet wird.

Abbildung 3-15: Geographische Lage des Teilgebietes 078_06 im flach lagernden Steinsalz



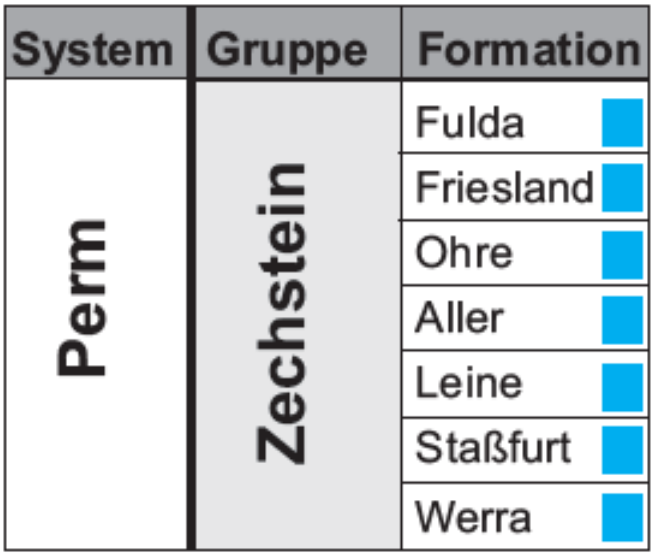
Quelle: (BGE 2020h), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland. Die nummerierte Box definiert das Segment des Teilgebietes im Landkreis Emsland.

Im ariden Klima des Perms bildete sich im Norddeutschen Becken der zentrale Teil des südlichen Permbeckens aus (BGR 2014b). Auf das Wüstenklima folgte eine transgressionale Phase, in der in den Senken und Teilbecken des Permbeckens das flache Zechsteinmeer entstand (Meschede 2015). Dort kam es auf Grund der klimatischen Verhältnisse und des geringen Austausches mit frischem Meerwasser zu sich mehrfach wiederholenden zum Teil sehr mächtigen, marinen, evaporitischen Ablagerungen (Vergleich siehe Zechstein-Entwicklung, Abbildung 3-8).

Durch die zyklische Ausbildung der Evaporite haben sich in allen sieben Formationen des Zechsteins (*Werra, Straßfurt, Leine, Aller, Ohre, Friesland, und Fulda*) Steinsalzlager in unterschiedlicher Mächtigkeit und Verbreitung entwickelt (Abbildung 3-16, blau). Regional haben paläogeographische Hochlagen die Ausdehnung des Zechsteins beeinflusst.

Die BGE geht davon aus, vor allem in den Formationen *Werra*, *Straßfurt*, *Leine* und *Aller* Steinsalzlager mit Mächtigkeiten von über 100 Metern zu finden, welche sich für die Ausweisung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs eignen (BGE 2020f). Es ist noch zu klären, inwieweit diese Formationen im südlichen Niedersachen auftreten und ob sie sich tatsächlich als Wirtsgesteine eignen.

Abbildung 3-16: Stratigraphische Stellung des Zechsteins in Niedersachsen



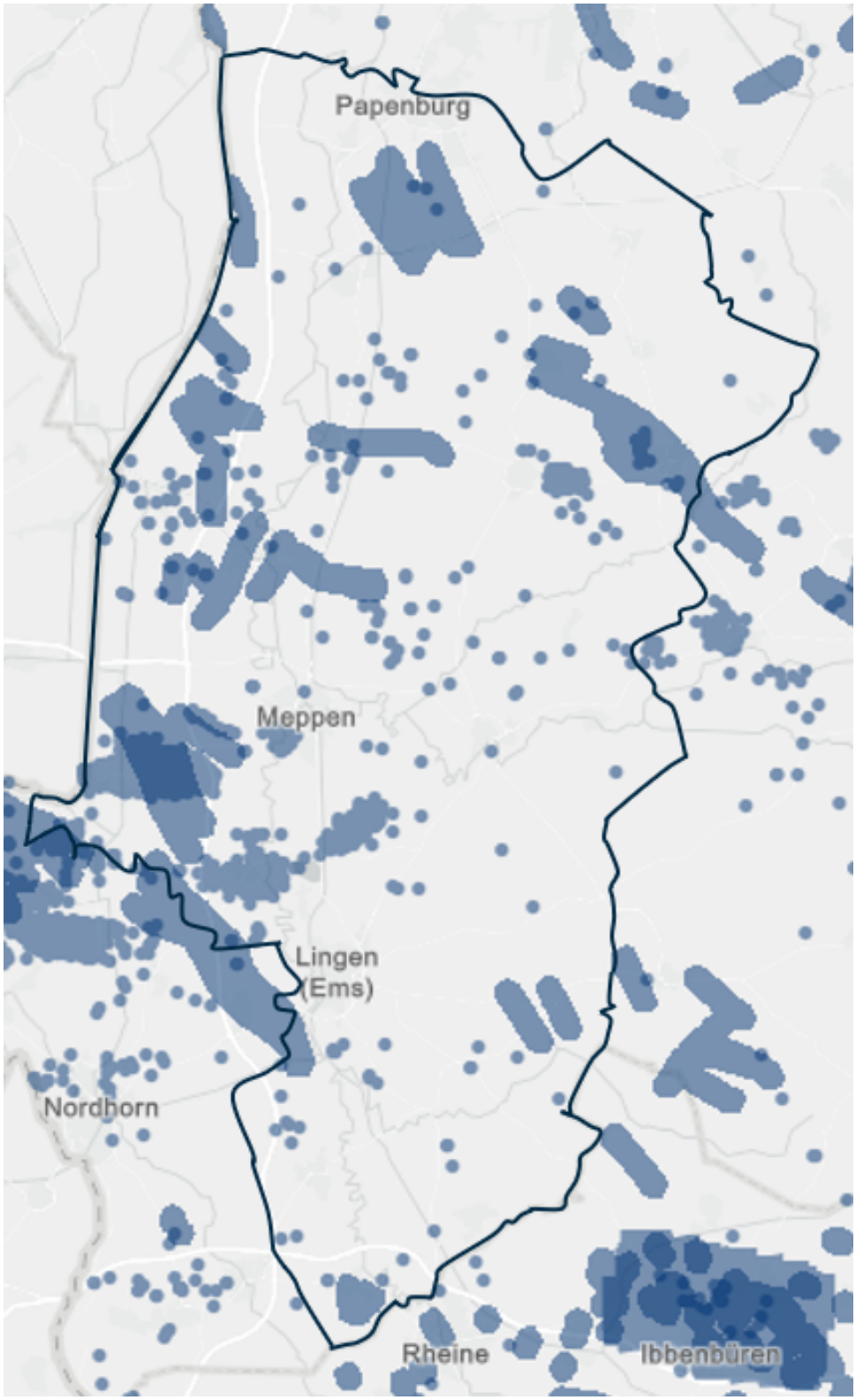
Quelle: (BGR 2014a). Blau: Entstehungszeitraum von Steinsalzlagern.

4 Anwendung von Ausschlusskriterien auf die für den Landkreis Emsland relevanten Teilgebiete in Tongestein oder flach lagerndem Steinsalz

Wesentliche Grundlage für die Bewertung der Anwendung der sechs Ausschlusskriterien durch die BGE und deren Ergebnisse ist der Bericht „Anwendung Ausschlusskriterien gemäß § 22 StandAG“ (BGE 2020b). Darin werden die kriterienspezifischen Anwendungsmethoden beschrieben. Durch die Anwendung der Ausschlusskriterien (AK) auf die identifizierten Gebiete hat die BGE „ausgeschlossene Gebiete“ identifiziert, die in der interaktiven Kartendarstellung der BGE (BGE 2020h) eingesehen werden können. Während die im Zwischenbericht ausgewiesenen Teilgebiete einzeln beschrieben werden, sind ausgeschlossene Gebiete nur in dieser Deutschlandkarte dargestellt. Hier ist zwar festgehalten, welches Ausschlusskriterium jeweils zum Ausschluss geführt hat, Einzelheiten zu den ausgeschlossenen Gebieten oder konkrete Begründungen des Ausschlusses sind jedoch nicht zu finden.

Die Identifikation ausgeschlossener Gebiete im Landkreis Emsland ist nur mit Hilfe der interaktiven Kartendarstellung der BGE (BGE 2020h) möglich. Die dort dargestellten ausgeschlossenen Gebiete (siehe Abbildung 4-1) sind jeweils mit der Angabe über die jeweilige Quelle der Datengrundlage und mehreren Kennungen versehen (einer sog. „Dokumenten ID“, einer „Dateigruppen ID“, der „Ident der Feature Class innerhalb einer Dateigruppe“ sowie der „Ident des ausgeschlossenen Gebietes“, welches hier im Folgenden jeweils als Bezeichnung genutzt werden wird); bei den aktiven Störungszonen kommt noch eine Klassifizierung hinzu, die aussagt, ob es sich um einen atektonischen oder tektonischen Vorgang handelt.

Abbildung 4-1: Übersicht über die ausgeschlossenen Gebiete in Landkreis Emsland



Quelle: (BGE 2020h), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland.

Weitere Informationen zu den einzelnen ausgeschlossenen Gebieten enthalten aber weder der Zwischenbericht selbst noch sind die Quellenangaben zu den untersetzenden Unterlagen hilfreich. Eine Zuordnung der Ident.-Nr. zu einer Ortsangabe oder einem Namen, beispielsweise einem

ausgeschlossenen Bereich aufgrund von Bergbau zum Namen des ehemaligen oder rezenten Bergwerks, ist mittels der Unterlagen des Zwischenberichts Teilgebiete nicht möglich. Zusätzlich setzen sich die in der Karte dargestellten Flächen ausgeschlossener Gebiete häufig aus mehreren bis vielen einzelnen ausgeschlossenen Gebieten zusammen, die teilweise übereinanderliegen und deswegen zu einem gemeinsamen Punkt oder strich- bzw. wurmförmigen Komplexen verschmelzen.

Im Folgenden wird die Anwendung der Ausschlusskriterien durch die BGE innerhalb des Landkreises Emsland dargestellt und eine Bewertung hinsichtlich Nachvollziehbarkeit und Plausibilität vorgenommen.

Großräumige Vertikalbewegungen

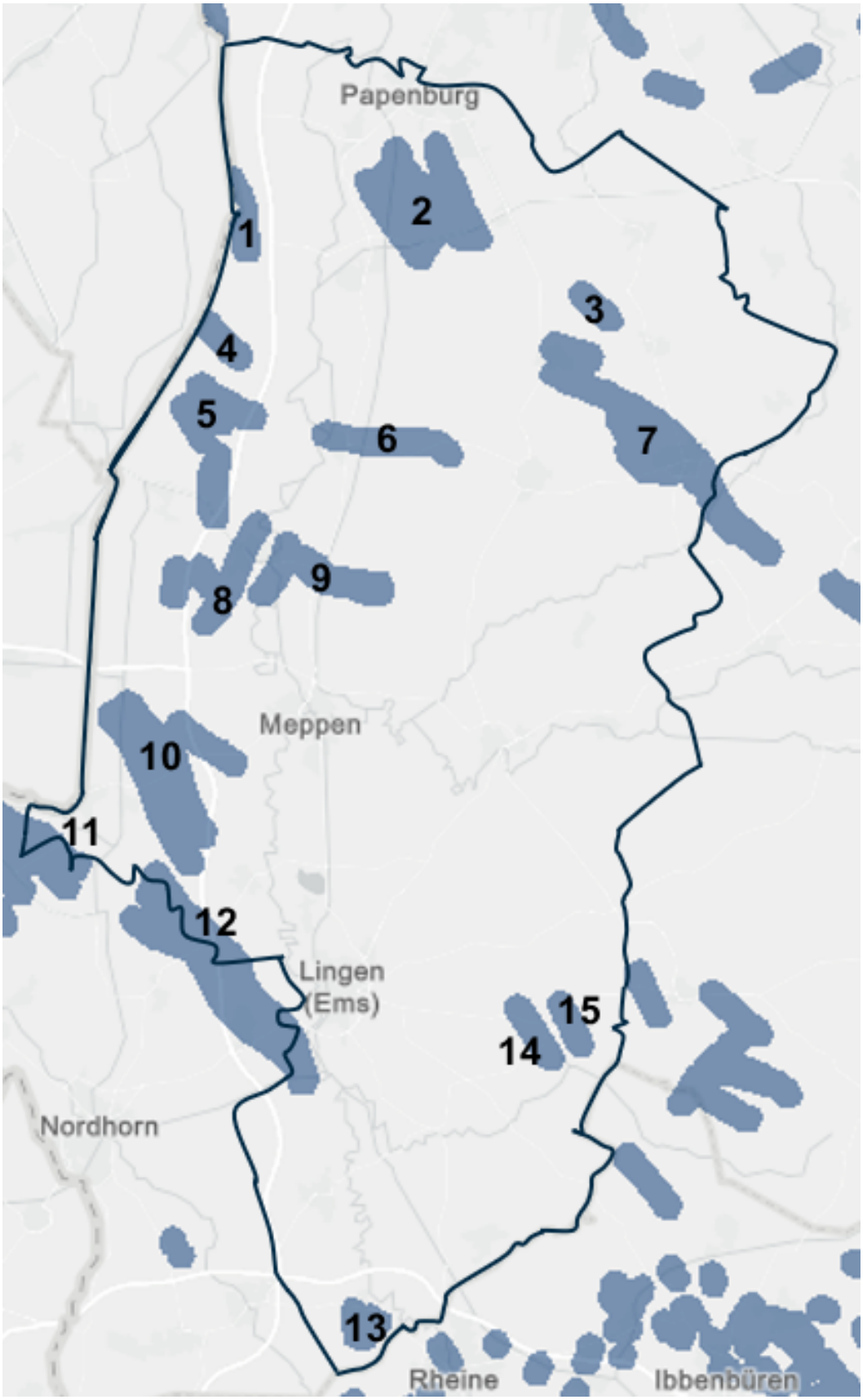
Durch Anwendung des Ausschlusskriteriums *großräumige Vertikalbewegungen* wird von der BGE im Rahmen des Zwischenberichts Teilgebiete **kein** Ausschluss vorgenommen; entsprechend wird auch im Landkreis Emsland kein Gebiet aufgrund dieses Kriteriums ausgeschlossen. Die Begründung im Zwischenbericht Teilgebiete, Hebungsraten von 1.000 m werden im Nachweiszeitraum nicht erreicht, ist auf Basis der vorliegenden Daten nachvollziehbar, sollte aber im Laufe des StandAV wissenschaftlich diskutiert werden. Möglicherweise entspricht das Ausschlusskriterium in seiner derzeitigen Form nicht den Erfordernissen einer auf Langzeitsicherheit gerichteten Berücksichtigung von Hebungsbewegungen der Erdkruste (siehe dazu auch Kapitel 2.1) und sollte präzisiert werden.

Zum jetzigen Zeitpunkt hat die Anwendung dieses Kriteriums auf Grund der momentanen Auslegung für den Landkreis Emsland keine Auswirkung hinsichtlich des StandAV. Insofern das Kriterium im Rahmen des lernenden Verfahrens nicht nachgeschärft und angepasst wird, um z.B. die mit dem zukünftigen Wechsel von Kalt- und Warmzeiten und damit einhergehenden Vergletscherungen zu erwartende Hebungs- und Senkungsbewegungen berücksichtigt, ist nicht zu erwarten, dass das Ausschlusskriterium bei erneuter Anwendung in den nächsten Phasen des StandAV zu einem Ausschluss eines der hier betrachteten Teilgebiete führt. Sollte das Kriterium im Rahmen des lernenden Verfahrens angepasst werden, kann eine angepasste Bewertung des Kriteriums auch für die Teilgebiete des Landkreises Emsland nötig sein.

Aktive Störungszonen

Im Landkreis Emsland sind auf der Karte (BGE 2020h) insgesamt 15 Bereiche (in Abbildung 4-2 mit Nummerierung gekennzeichnet) ausgewiesen, die aufgrund von *aktiven Störungszonen* ausgeschlossen wurden. In allen Teilgebieten im Tongestein und flach lagerndem Steinsalz führen die Störungszonen bei Überlagerung zu einem Ausschluss dieser Bereiche. Die Teilgebiete haben an diesen Stellen entsprechende Aussparungen.

Abbildung 4-2: Nummerierung der aufgrund aktiver Störungszonen ausgeschlossenen Gebiete im Landkreis Emsland



Quelle: (BGE 2020h), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland und Nummerierung der aktiven Störungszonen

In den Teilgebieten kommt es innerhalb der Landkreisgrenzen zu Ausschlüssen aufgrund der in Tabelle 5-1 dargestellten aktiven Störungszonen. In den dargestellten ausgeschlossenen Bereichen sind oftmals mehrere aktive Störungszonen verortet. Beispielsweise enthält der nahezu punktförmige, ausgeschlossene Bereich mit der Nummer 13 insgesamt fünfzehn aktive Störungszonen (siehe Tabelle 4-1).

Tabelle 4-1: Störungszonen in den Teilgebietssegmenten innerhalb der Landkreisgrenzen des Landkreises Emsland

Ausgeschlossenes Gebiet (Nr. gemäß Abbildung 4-2)	**Betroffene Teilgebiete**	**Störungszonen-Ident.-Nr.**		
1	004, 007	0002480AG(2.1)	0002483AG(2.1)	0002484AG(2.1)
2	004, 007	0002485AG(2.1)	0002486AG(2.1)	0002487AG(2.1)
		0002488AG(2.1)	0002839AG(2.1)	0002840AG(2.1)
		0002841AG(2.1)	0002842AG(2.1)	0002843AG(2.1)
		0002887AG(2.1)		
3	004	0003487AG(2.1)		
4	004, 007	0003273AG(2.1)		
5	004, 006, 007	0002460AG(2.1)	0002461AG(2.1)	0002497AG(2.1)
		0002498AG(2.1)	0002503AG(2.1)	0002723AG(2.1)
		0002724AG(2.1)	0003184AG(2.1)	0003498AG(2.1)
		0003499AG(2.1)	0003990AG(2.1)	0003991AG(2.1)
6	004, 006, 007	0002481AG(2.1)	0002482AG(2.1)	
7	004, 007	0002412AG(2.1)	0002413AG(2.1)	0002414AG(2.1)
		0002449AG(2.1)	0002450AG(2.1)	0002489AG(2.1)
		0002493AG(2.1)	0002494AG(2.1)	0002495AG(2.1)
		0002496AG(2.1)	0002844AG(2.1)	0002845AG(2.1)
		0002846AG(2.1)	0002847AG(2.1)	0003208AG(2.1)
		0003235AG(2.1)	0003236AG(2.1)	0003486AG(2.1)
		0003488AG(2.1)	0003489AG(2.1)	0003490AG(2.1)
		0003508AG(2.1)	0003993AG(2.1)	
8	004, 007	0003500AG(2.1)	0003501AG(2.1)	0003502AG(2.1)
		0003510AG(2.1)		
9	004, 005, 006, 007	0002451AG(2.1)	0003185AG(2.1)	0003503AG(2.1)
		0003504AG(2.1)	0003505AG(2.1)	0003506AG(2.1)
		0003992AG(2.1)		
10	004, 007	0002421AG(2.1)	0002453AG(2.1)	0002454AG(2.1)
		0003188AG(2.1)	0003191AG(2.1)	0003511AG(2.1)
		0003518AG(2.1)	0003519AG(2.1)	0003995AG(2.1)
		0003997AG(2.1)	0003998AG(2.1)	0003999AG(2.1)
		0004000AG(2.1)	0004000AG(2.1)	
11	004, 007	0002426AG(2.1)	0002428AG(2.1)	0003202AG(2.1)
		0003203AG(2.1)	0003512AG(2.1)	0003522AG(2.1)
12	007, 077	0002057AG(2.1)	0002059AG(2.1)	0002431AG(2.1)
		0002462AG(2.1)	0002945AG(2.1)	0002946AG(2.1)
		0003192AG(2.1)	0003193AG(2.1)	0003513AG(2.1)
		0003558AG(2.1)	0003559AG(2.1)	0003560AG(2.1)

Ausgeschlossenes Gebiet (Nr. gemäß Abbildung 4-2)	**Betroffene Teilgebiete**	**Störungszonen-Ident.-Nr.**		
13	005, 006, 076_03, 078_06	0015119AG(2.1)	0016533AG(2.1)	0016796AG(2.1)
		0018174AG(2.1)	0018932AG(2.1)	0019091AG(2.1)
		0019708AG(2.1)	0025910AG(2.1)	0025916AG(2.1)
		0025922AG(2.1)	0025923AG(2.1)	0025927AG(2.1)
		0025928AG(2.1)	0025931AG(2.1)	0025938AG(2.1)
14	005, 006, 076_03, 077	0002477AG(2.1)		
15	005, 006, 077	0003248AG(2.1)		

Quelle: eigene Zusammenstellung aus (BGE 2020h)

Die Zuordnung der insgesamt 112 Störungszonen zu den betroffenen Teilgebieten kann nur grob vorgenommen werden. Inwieweit die einzelnen Störungszonen die Teilgebiete jeweils betreffen, kann anhand der interaktiven Karte nur abgeschätzt werden.

Die Anwendung des Ausschlusskriteriums *Aktive Störungszonen* im Zwischenbericht Teilgebiete durch die Vorhabenträgerin ist für den Landkreis Emsland nachvollziehbar.

Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit

Aus der interaktiven Kartendarstellung zum Zwischenbericht Teilgebiete (BGE 2020h) geht hervor, dass im Landkreis Emsland kein Ausschluss aufgrund stillgelegter oder in Betrieb befindlicher Bergwerke vorgenommen wurde (siehe Abbildung 4-1, kleine blaue Punkte). Es wurden jedoch eine größere Zahl von Bohrungen als ausgeschlossene Gebiete markiert. Inwieweit diese bei den Darstellungen der Teilgebiete im ZB TG berücksichtigt wurden und ggf. bei erneuter Anwendung der Ausschlusskriterien im Rahmen der rvSU zu weiteren Ausschlüssen bzw. spezifischeren Ausweisung der Teiluntersuchungsräume (TUR) führen, ist nicht nachvollziehbar. Ausgeschlossene Gebiete aufgrund von Bohrungen können nur mittels der interaktiven Karte zum ZB TG identifiziert werden. Sie werden ebenfalls nur mit einer Ident.-Nr. (oder sogar nur mit Dokumenten ID, Dateigruppen ID und ID der Feature Class innerhalb einer Dateigruppe) bezeichnet, nicht jedoch mit den Namen der Bohrungen. Eine Zuordnung der ausgeschlossenen Gebiete kann teilweise mit Hilfe der Bohrpunktkarten der BGR[32] und des niedersächsischen Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG)[33] vorgenommen werden.

Auf Bohrungen, die sich auf der Fläche von Teilgebieten oder in deren unmittelbarer Nähe befinden und für die Bewertung der Ausweisung von Teilgebieten relevant sein können, wird in Kapitel 5 bei der Anwendung der Mindestanforderungen auf Teilgebiete im Landkreis Emsland stichprobenartig näher eingegangen. Insgesamt erscheint die Methodik zum Ausschluss von Gebieten aufgrund bergbaulicher Tätigkeit an dieser Stelle nachvollziehbar.

[32] https://boreholemap.bgr.de/mapapps/resources/apps/boreholemap/index.html?lang=de
[33] https://nibis.lbeg.de/cardomap3/?permalink=2UtzQkmr#

Seismische Aktivität

Aufgrund des Kriteriums *Seismische Aktivität* wurde im Bereich des Landkreises Emsland kein Ausschluss vorgenommen. Tektonisch bedingt befinden sich seismisch aktive Gebiete vorwiegend im Westen und Südwesten des Bundesgebiets.

Vulkanische Aktivität

Das Ausschlusskriterium *vulkanische Aktivität* führte im Landkreis Emsland zu keinem Ausschluss. Die Gebiete, die bisher aufgrund quartären Vulkanismus ausgeschlossen wurden, befinden sich ausschließlich in der Eifel bzw. im Gebiet des Egergrabens.

Unter der Maßgabe, im ersten Schritt des Standortauswahlverfahrens den ungerechtfertigten Ausschluss möglicherweise geeigneter Gebiete zu vermeiden, kann die Anwendung des Ausschlusskriteriums *Vulkanische Aktivität* als nachvollziehbar angesehen werden (siehe auch Öko-Institut e. V. (2020)). Allerdings wurden durch diese Anwendung große Gebiete, für die in der Zukunft unter Umständen Vulkanismus erwartet werden kann, außer Acht gelassen. Dies betrifft beispielsweise die Gebiete, in denen tertiärer Vulkanismus nachgewiesen ist. So wies auch die BGR in ihrem Vortrag zum Ausschlusskriterium *Vulkanische Aktivität* während des ersten Beratungstermins der Fachkonferenz Teilgebiete darauf hin, dass sowohl Gebiete mit zukünftigem Vulkanismus bisher nicht ausgeschlossen wurden als auch das Neuauftreten oder das Wiederaufleben älterer Vulkane im Zwischenbericht Teilgebiete unberücksichtigt blieb. Auch die Verlagerung vulkanischer Aktivität wurde demnach bisher außer Acht gelassen (May 2021).

Das Ausschlusskriterium *Vulkanische Aktivität* wurde somit im vorliegenden Schritt des Standortauswahlverfahrens nur unvollständig angewendet. Im weiteren Verfahren sollte geprüft werden, inwieweit die Einbeziehung tertiärer Eruptionszentren und eines größeren Sicherheitsabstands bei der Anwendung des Kriteriums notwendig sind (siehe dazu auch BGR (2019b)). Auch unter zukünftig möglicher Einbeziehung tertiären Vulkanismus ist jedoch im Gebiet des Landkreises Emsland zum jetzigen Zeitpunkt nicht mit einem Ausschluss zu rechnen.

Grundwasseralter

Im Gebiet des Landkreises Emsland wurden keine Ausschlüsse aufgrund des Grundwasseralters vorgenommen. Wie in Kapitel 2.1 erläutert, erfolgt durch das Kriterium *Grundwasseralter* kein zusätzlicher Ausschluss über die zugehörigen Bohrlöcher hinaus.

Die Methodik zur Anwendung des Kriteriums im Rahmen des Zwischenberichts Teilgebiete kann aufgrund der zur Verfügung stehenden Datenlage nachvollzogen werden. Im weiteren Verfahren müssen standortspezifische Beprobungen vorgenommen werden. Da der Landkreis Emsland durch mächtige quartäre Lockersedimente und teils schwach verfestigte tertiäre Sedimentgesteine geprägt ist, können ein hydraulischer Anschluss auch tieferer Grundwasserstockwerke an oberflächennahe Grundwasserleiter und damit das Auftreten junger Grundwässer in der Umgebung potenziell geeigneter Wirtsgesteine zum jetzigen Zeitpunkt nicht ausgeschlossen werden. Gemäß StandAG wird der Sachverhalt im fortlaufenden StandAV von der BGE wiederholt geprüft werden.

5 Anwendung der Mindestanforderungen auf die für den Landkreis Emsland relevanten Teilgebiete in Tongestein oder flach lagerndem Steinsalz

Im Vergleich zu den Ausschlusskriterien werden die Mindestanforderungen von Seiten der BGE deutlich weniger umfangreich diskutiert. Da es auch hier Interpretationsspielraum gibt, wäre eine im Detail tiefere Diskussion hinsichtlich der konkreten Umsetzung wünschenswert. Die erneute Anwendung der Mindestanforderungen erfolgt im Rahmen der Prüfschritte der rvSU im zweiten Schritt der Phase I, an deren Ende Standortregionen für die übertägige Erkundung ausgewiesen werden (siehe hierzu auch Kapitel 7).

Auf dem Gebiet des Landkreises Emsland erfüllen die Teilgebiete 004, 005, 006, 007, 076_03, 077 und 078_06 alle Mindestanforderungen.

Im Detail wird jedes identifizierte Gebiet in Form eines Steckbriefs in der Anlage IG-Steckbriefe (BGE 2020g) dargestellt. Jeder Steckbrief besteht aus einem Lageplan und einer tabellarischen Zusammenstellung von Charakteristika. Diese werden ergänzt durch einen Profilschnitt und einen Textteil, der in die Abschnitte „Allgemeine Geologie“ und „Lokale, spezifische Geologie“ gegliedert ist. Die im tabellarischen Teil wiedergegebenen Informationen zur Bewertung der Mindestanforderungen sind in Tabelle 5-1 zusammengestellt. Der Textabschnitt der Anlage IG-Steckbriefe (BGE 2020g) enthält keine standort- oder gebietsspezifischen Informationen, sondern lediglich allgemeine Informationen zur Geologie von Norddeutschland und der Entstehung der jeweiligen Tongesteine bzw. Steinsalzformationen.

Tabelle 5-1: Charakteristika der betrachteten Teilgebiete zur Anwendung der Mindestanforderungen

	TG 004	TG 005	TG 006
Wirtsgesteinstyp	Tongestein	Tongestein	Tongestein
Stratigraphie	Paläogen (Tertiär)	Dogger (Mitteljura)	Lias (Unterjura)
Bundesländer	Niedersachsen, Bremen, Hamburg, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Berlin und Sachsen-Anhalt	Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Berlin und Sachsen-Anhalt	Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein
Gebirgsdurchlässigkeit	erfüllt	erfüllt	erfüllt
Mächtigkeit	max. 1.055 m	max. 1.200 m	max. 1.200 m
Teufenlage der Struktur	400 – 1.500 m u. GOK	400 – 1.500 m u. GOK	400 – 1.500 m u. GOK
Gesamtfläche	62.885 km²	18.811 km²	18.564 km²
Barriereintegrität	erfüllt	erfüllt	erfüllt

	TG 007	TG 076_03
Wirtsgesteinstyp	Tongestein	Steinsalz in stratiformer Lagerung
Stratigraphie	Unterkreide	Röt (oberer Buntsandstein/Untertrias)
Bundesländer	Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt	Niedersachsen
Gebirgsdurchlässigkeit	< 10^{-10} m/s	erfüllt
Mächtigkeit	100 – 1.200 m	Max. 1.010 m (Röt/Muschelkalk)
Teufenlage der Struktur	400 – 1.500 m u. GOK	500 – 1.500 m u. GOK (Röt/Muschelkalk)
Gesamtfläche	14.914 km^2	459 km^2
Barriereintegrität	erfüllt	erfüllt

	TG 077	TG 078_06
Wirtsgesteinstyp	Steinsalz in stratiformer Lagerung	Steinsalz in stratiformer Lagerung
Stratigraphie	Malm (Oberjura)	Zechstein (oberes Perm)
Bundesländer	Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen	Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen
Gebirgsdurchlässigkeit	erfüllt	erfüllt
Mächtigkeit	max. 1.200 m (Malm)	max. 830 m (Zechstein)
Teufenlage der Struktur	400 – 1.500 m u. GOK (Malm)	400 – 1.500 m u. GOK (Zechstein)
Gesamtfläche	4.992 km^2	1.541 km^2
Barriereintegrität	erfüllt	erfüllt

Quelle: Eigene Darstellung nach (BGE 2020g)

Die Angaben zur Anwendung der Mindestanforderungen im Zwischenbericht Teilgebiete beziehen sich auf das gesamte Teilgebiet. Generell führt die Anwendungsmethodik auf Gesteinseinheiten, die sich über mehrere tausend Quadratkilometer erstrecken, zu sehr ungenauen Angaben, die sich nicht auf einzelne Segmente dieser Gebiete übertragen lassen. Inwieweit diese pauschale Bewertung der Mindestanforderungen daher auf die einzelnen Segmente der Teilgebiete, die sich im Landkreis Emsland erstrecken, übertragbar sind, lässt sich nur stichprobenartig anhand von Bohrdaten aus den einzelnen Gebieten bewerten. Im Landkreis Emsland befindet sich eine Vielzahl an Tiefbohrungen. Im Zuge dieser Studie können nicht alle Tiefbohrungen im Bereich der Teilgebiete ausgewertet werden. Da das Kartenmaterial der BGE „Ergänzende Kartendarstellungen zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG“ der BGE (BGE 2021) maßgeblich auf diesen Bohrdaten basiert, dienen diese dazu, die pauschale Bewertung der Mindestanforderungen für die einzelnen Segmente der Teilgebiete einzuschätzen. Zusätzlich wurden stichprobenartig Daten aus Tiefenbohrungen, die sich in einem Segment oder in seiner Nähe befinden, ausgewertet. Die Daten stammen aus der Bohrpunktkarte Deutschland (BGR 2023).

Bereits die Darstellung der Vorgehensweise im Fachbericht (BGE 2020c) untermauert die Annahme, dass die im Zwischenbericht Teilgebiete angegebene Mächtigkeit identifizierter Teilgebiete nicht für die gesamte angegebene Fläche besteht. Entsprechend kann aufgrund der vorliegenden Informationen auch nicht davon ausgegangen werden, dass die erforderliche Mindestmächtigkeit des Wirtsgesteins über die gesamte dargestellte Fläche der identifizierten Segmente im Landkreis Emsland erfüllt ist. Entsprechend werden die Mindestanforderungen an die Fläche, Mächtigkeit und Teufenlage in den Teilgebieten für die Segmente, die im Landkreis Emsland liegen, stichprobenartig anhand der ergänzenden Kartendarstellungen der BGE (BGE 2021) überprüft.

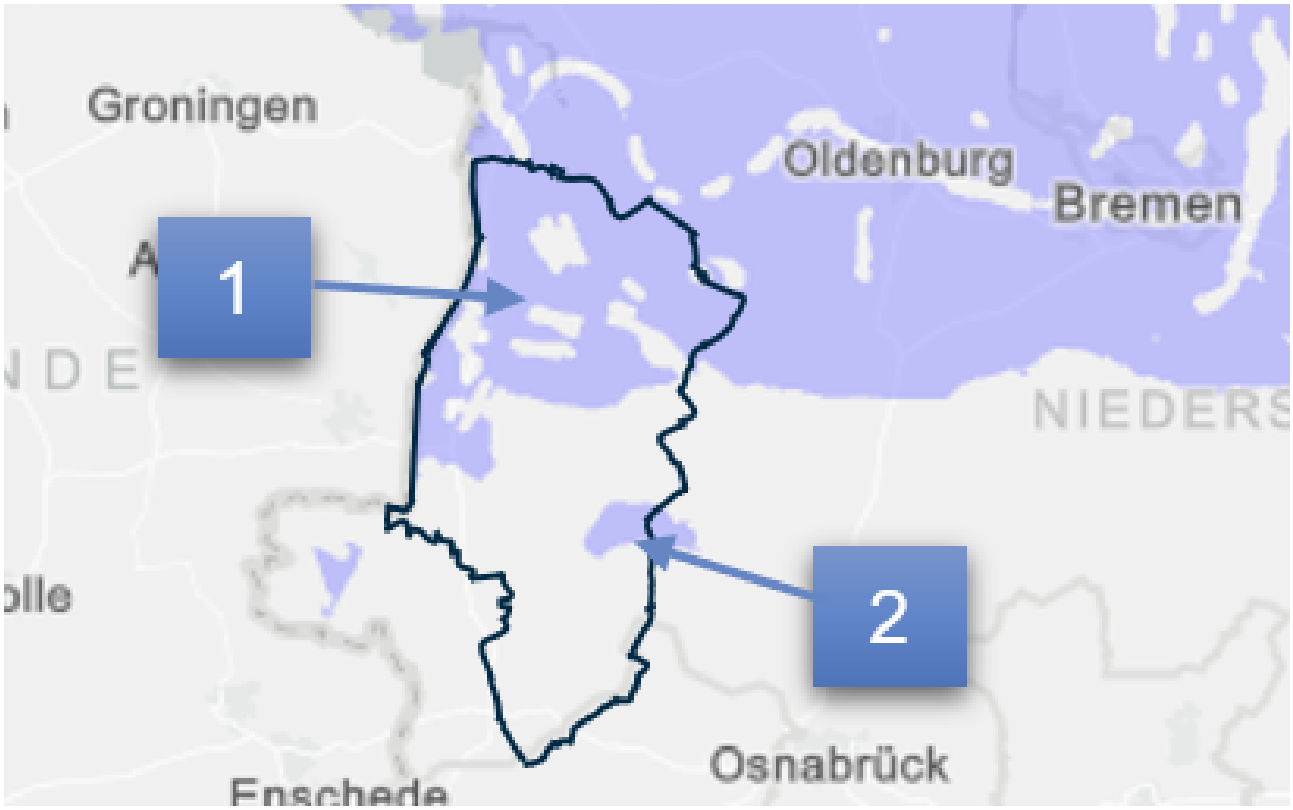
5.1 Teilgebiet 004: Tongesteine des Paläogens (Tertiär)

Das Teilgebiet 004 umfasst, wie in Kapitel 3.1 dargestellt, Tonsteine des Paläogens (Tertiär), genauer des oberen Paläozäns, des unteren Eozäns und des Oligozäns, in weiten Teilen von Norddeutschland. Es erstreckt sich auf einer Fläche von 62.885 km^2 über die Bundesländer Niedersachsen, Bremen, Hamburg, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Berlin und Sachsen-Anhalt (vgl. siehe Abbildung 3-2).

Die Angaben zur Anwendung der Mindestanforderungen im ZB TG beziehen sich auf das gesamte Teilgebiet. Nach dem IG-Steckbrief wird die Mächtigkeit mit maximal 1.055 m angegeben, die „Teufenlage der Basisfläche“ (BGE 2020g) mit 400 – 1.500 m und die Gesamtfläche mit 62.885 km^2 (Tabelle 5-1). Damit erfüllt das Teilgebiet allgemein die Mindestanforderungen hinsichtlich des Flächenbedarfs, der Teufenlage und der Mächtigkeit. Die Methodik zur Anwendung der Mindestanforderungen ist, bezogen auf das Teilgebiet 004, generell nachvollziehbar.

Abbildung 5-1 zeigt die geographische Lage der beiden Segmente des Teilgebiet 004 im Landkreis Emsland in der Detailansicht. Um die Anwendung der Mindestanforderungen auf die beiden Segmente des Teilgebietes 004 im Landkreis Emsland einzuschätzen, werden im Folgenden die Segmente einzeln vorgestellt und hinsichtlich der Bewertung der BGE zur Erfüllung der Mindestanforderungen eingeordnet.

Abbildung 5-1: Geographische Lage der Segmente des Teilgebiet 004 im Landkreis Emsland



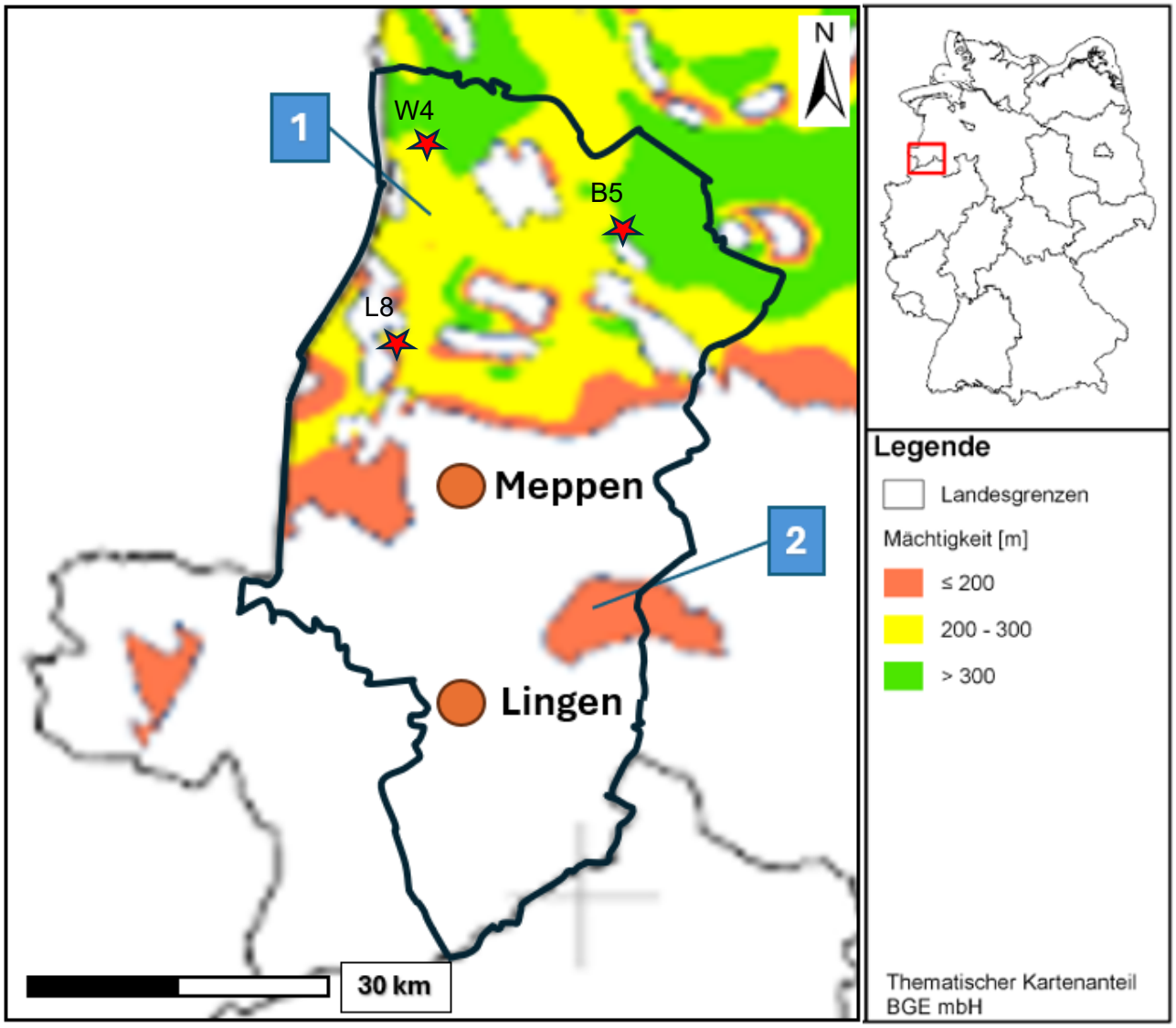
Quelle: (BGE 2020h), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland. Die nummerierte Box definiert das Segment des Teilgebietes im Landkreis Emsland. Die Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus Abbildung 3-4.

Das Segment 1 erstreckt sich über den Norden des Landkreises und beginnt westlich und nordöstlich der Kreisstadt Meppen bis über die Landkreisgrenze in die angrenzenden Landkreise Leer und Cloppenburg. Auf der Seite des Landkreises Emsland weist das Segment eine Fläche von ungefähr 1.400 km² auf und erfüllt somit die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*[34].

Bei der Betrachtung des Kartenmaterials der BGE „Ergänzende Kartendarstellungen zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG“ der BGE (BGE 2021) zeigt sich, dass weite Bereiche des Segmentes Mächtigkeiten von mehr als 200 Metern aufweisen (Abbildung 5-2). Im südlichen Rand des Segments sind laut den ergänzenden Kartendarstellungen Mächtigkeiten von unter 200 Metern vorzufinden. Demnach ist anzunehmen, das weite Teile des Segments die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich*[35] erfüllen.

[34] Hinsichtlich der *Fläche des Endlagers* gilt für Tongestein die Mindestanforderung bei einer horizontalen Ausdehnung von 10 km² (vgl. siehe Kapitel 2.2).
[35] Hinsichtlich der *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* gilt die Mindestanforderung an den Gebirgsbereich, der den ewG aufnehmen muss, eine Mindestmächtigkeit von 100 Metern (vgl. siehe Kapitel 2.2).

Abbildung 5-2: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3 StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 004.

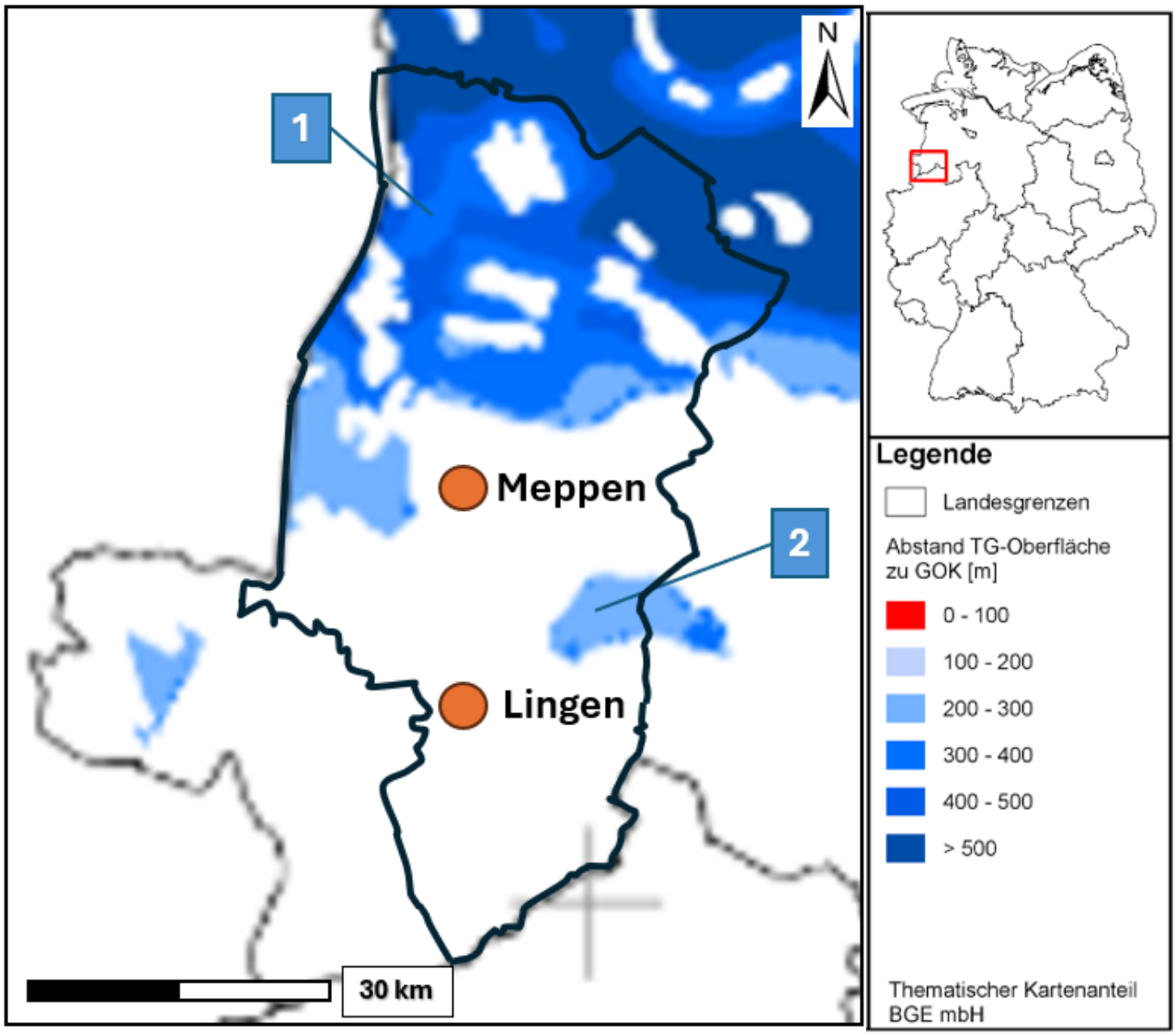


Quelle: (BGE 2021), ergänzt um die Landkreisgrenzen des Landkreises Emsland. Roter Stern: Ungefähre Position der ausgewerteten Bohrungen, B5: Börger 5; L8: Lathen 8; W4: Wildesmoor 4.

Hinsichtlich der Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich*[36] ist anhand der ergänzenden Kartendarstellungen der BGE anzunehmen, dass ebenfalls weite Teile (dunkelblaue Flächen, Tiefen >300 Metern) die Mindestanforderung erfüllen (Abbildung 5-3).

[36] Hinsichtlich der *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* gilt die Mindestanforderung im Tongestein, dass der ewG mindestens Tiefen von mehr als 300 m unter GOK erreichen muss (vgl. siehe Kapitel 2.2).

Abbildung 5-3: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 004



Quelle: (BGE 2021), ergänzt um die Landkreisgrenzen des Landkreises Emsland.

Die ergänzenden Kartendarstellungen der BGE geben keine Hinweise auf die tatsächliche Anwesenheit der geeigneten Wirtsgesteine, die zur Erfüllung der Mindestanforderungen der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* maßgeblich sind. Daher wurden zusätzlich stichprobenartig die Schichtenverzeichnisse der Tiefenbohrungen Börger 5, Lathen 8 und Wildesmoor 4 ausgewertet (Abbildung 5-2). Die Schichtenverzeichnisse machen Angaben darüber, dass die gesuchten stratigraphischen Einheiten (Paläogen) angetroffen wurden, geben aber keine Hinweise darauf, welche genauen Lithologien[37] vorgefunden wurden (Tabelle 5-2). Somit lassen sich keine gesicherte Aussage bezüglich der flächendeckenden Anwesenheit des

[37] In der Geologie beschreibt die Lithologie die Gesteinsbeschreibung und -klassifikation nach ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften unabhängig von Alter oder Entstehungsgeschichte (z.B. Tongestein, Steinsalz, Sandstein, etc.)

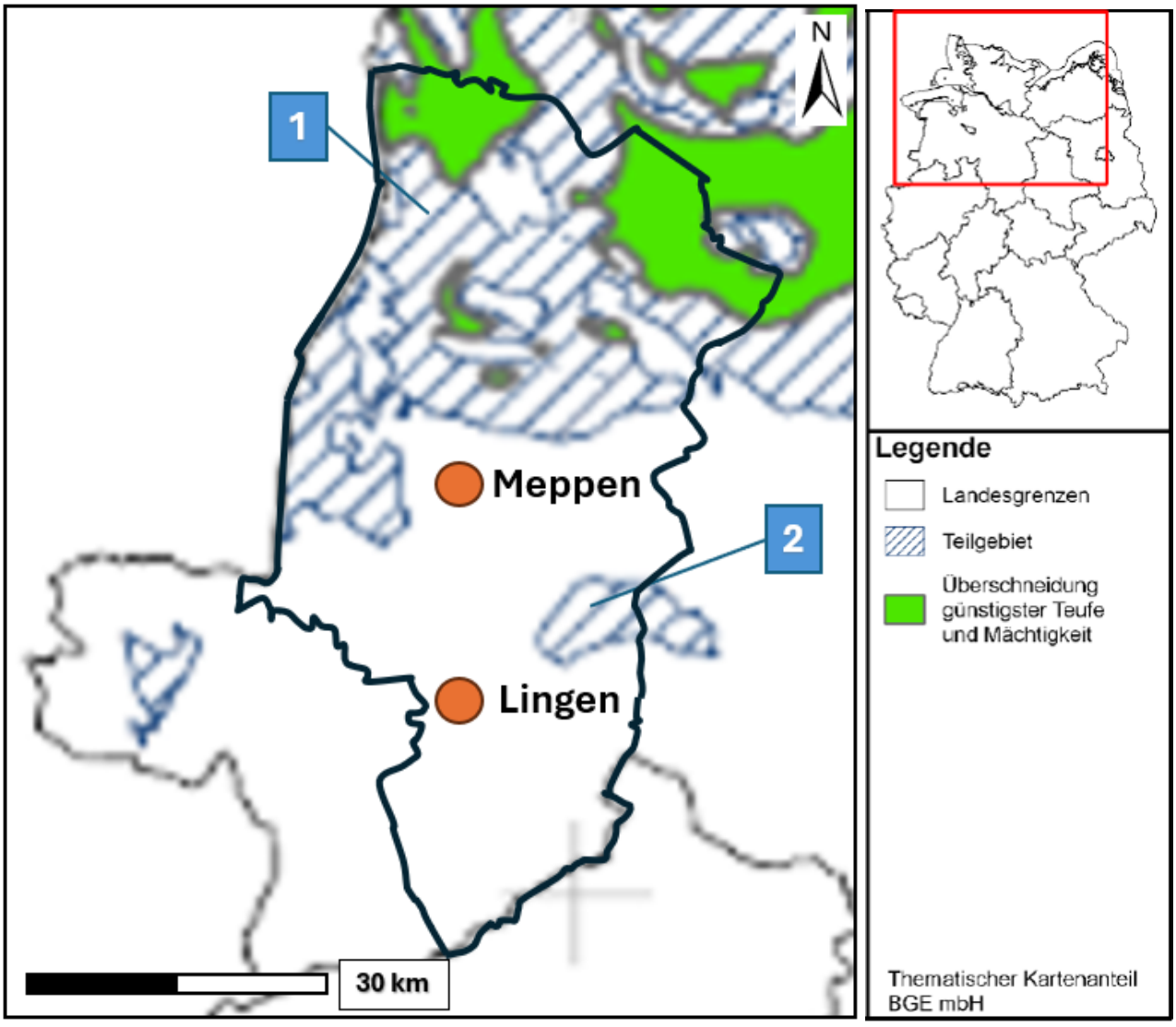
Wirtsgesteins Tonstein mit der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* bzw. den von der BGE bevorzugten Formationen (vgl. siehe Kapitel 3.1) treffen.

Tabelle 5-2: Relevante Bohrungen für die Segmente des Teilgebietes 004

Bohrung	Endteufe [m]	Zielhorizont [m]			
		Top	Basis	Mächtigkeit des ewG	Beschreibung
Börger 5	1.776	380	751	371	Eozän
Lathen 8	1.177	210	540	330	Paläozän
Wildesmoor 4	2.095	272	420	148	Eozän

Quelle: Eigene Darstellung. Öko-Institut Consult GmbH

Abbildung 5-4: Detailansicht der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 004



Quelle: (BGE 2021), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland.

Abschließend ist anzunehmen, dass für das Segment 1 des Teilgebietes 004 im Landkreis Emsland bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU in Zukunft maximal nur noch die beiden größeren Flächen im äußersten Norden des Landkreises als geeignete Gebiete ausgewiesen werden – sofern dort die von der BGE bevorzugten Lithologien angetroffen werden. Abbildung 5-4 zeigt für diese Bereiche (grüne Flächen) durch die Überschneidung von günstiger Teufe (>600 m Tiefe) und Mächtigkeit (>300 m) eine aussichtsreiche Konstellation. Diese Bereiche könnten innerhalb der Durchführung der rvSU die ersten beiden Prüfschritte überstehen. Da im Rahmen dieser beiden Prüfschritte jedoch auch weitere Kriterien zum Einsatz kommen, lässt sich diesbezüglich keine gesicherte Aussage treffen. Für die Flächen des Segments, die keine Überschneidung von günstiger Teufe und günstiger Mächtigkeit aufweisen, ist mit einer Einordnung in Kategorie D bzw. C innerhalb der ersten beiden Prüfschritte der rvSU zu rechnen.

Das **Segment 2** befindet sich im Westen des Landkreises zwischen der Kreisstadt Meppen und der Stadt Lingen im Süden und erstreckt sich über die Landkreisgrenze hinaus in den benachbarten Landkreis Osnabrück. Auf der Seite des Landkreises Emsland weist das Segment eine Fläche von ungefähr 50 km^2 auf und erfüllt somit die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*.

Bei der Betrachtung des Kartenmaterials der BGE „Ergänzende Kartendarstellungen zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG“ der BGE (BGE 2021) zeigt sich, dass das gesamte Segment Mächtigkeiten von weniger als 200 Metern aufweist (Abbildung 5-2). Bereits eine fundierte Auswertung der Schichtverzeichnisse von vier Tiefenbohrungen im Rahmen der fachlichen Beratung für den Landkreis Osnabrück ergab, dass Mächtigkeiten von weniger als 100 Metern angetroffen wurden (Öko-Institut e. V. 2024). Demnach ist anzunehmen, dass das Segment die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* nicht erfüllt.

Hinsichtlich der Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* ist anhand der ergänzenden Kartendarstellungen der BGE anzunehmen, dass ebenfalls weite Teile (hellblaue Flächen, Tiefen) die Mindestanforderung nicht erfüllen (Abbildung 5-3).

Die Schichtverzeichnisse der vier Tiefenbohrungen geben keine genaue Auskunft, über die von der BGE bevorzugten Lithologien bzw. es liegen keine Hinweise hinsichtlich der tatsächlichen Anwesenheit der geeigneten Wirtsgesteine vor, welche zur Erfüllung der Mindestanforderungen der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* maßgeblich sind. Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der flächendeckenden Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein mit der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und dem *Erhalt der Barrierewirkung* bzw. den von der BGE bevorzugten Formationen (vgl. siehe Kapitel 3.1) treffen.

Abschließend zeigt auch die Überschneidung von günstiger Teufe (>600 m Tiefe) und Mächtigkeit (>300 m), dass für das Segment keine günstige Kombination vorliegt (Abbildung 5-4). Daher ist anzunehmen, dass Segment 2 des Teilgebietes 004 im Landkreis Emsland bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU die beiden ersten Prüfschritte nicht übersteht und voraussichtlich mit einer Einordnung in Kategorie D bzw. C zu rechnen ist.

5.2 Teilgebiet 005: Tongesteine des Doggers (Mitteljura)

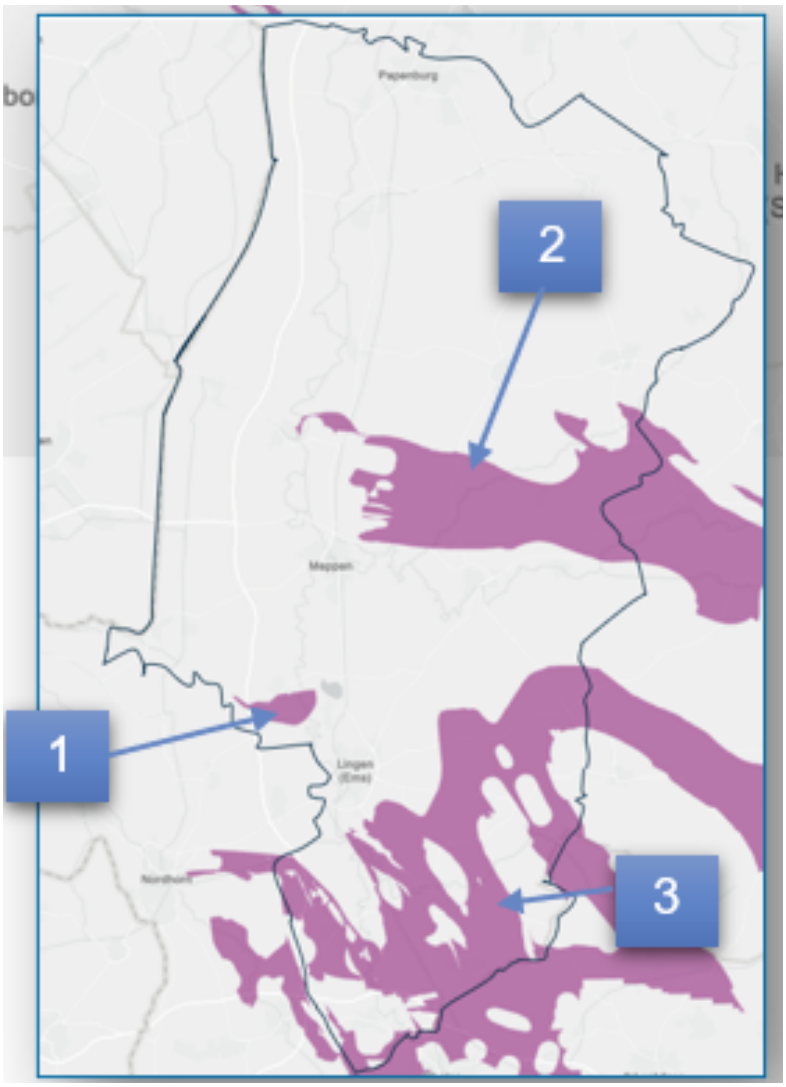
Das Teilgebiet 005 umfasst, wie in Kapitel 3.1 dargestellt, Tonsteine des Dogger (Mitteljura) in weiten Teilen von Norddeutschland. Es erstreckt sich auf einer Fläche von 18.811 km^2 über die

Bundesländer Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Berlin und Sachsen-Anhalt (vgl. siehe Abbildung 3-5).

Die Angaben zur Anwendung der Mindestanforderungen im ZB TG beziehen sich auf das gesamte Teilgebiet. Nach dem IG-Steckbrief wird die Mächtigkeit mit maximal 1.200 m angegeben, die „Teufenlage der Basisfläche“ (BGE 2020l) mit 400 – 1.500 m und die Gesamtfläche mit 18.811 km^2 (Tabelle 5-1). Damit erfüllt das Teilgebiet allgemein die Mindestanforderungen hinsichtlich des Flächenbedarfs, der Teufenlage und der Mächtigkeit. Somit ist die Methodik zur Anwendung der Mindestanforderungen, bezogen auf das gesamte Teilgebiet 005, generell nachvollziehbar.

Abbildung 5-5 zeigt die geographische Lage der drei Segmente des Teilgebiet 005 im Landkreis Emsland in der Detailansicht. Um die Anwendung der Mindestanforderungen auf die Segmente des Teilgebietes 005 im Landkreis Emsland einzuschätzen, werden im Folgenden die Segmente einzeln vorgestellt und hinsichtlich der Bewertung der BGE zur Erfüllung der Mindestanforderungen eingeordnet.

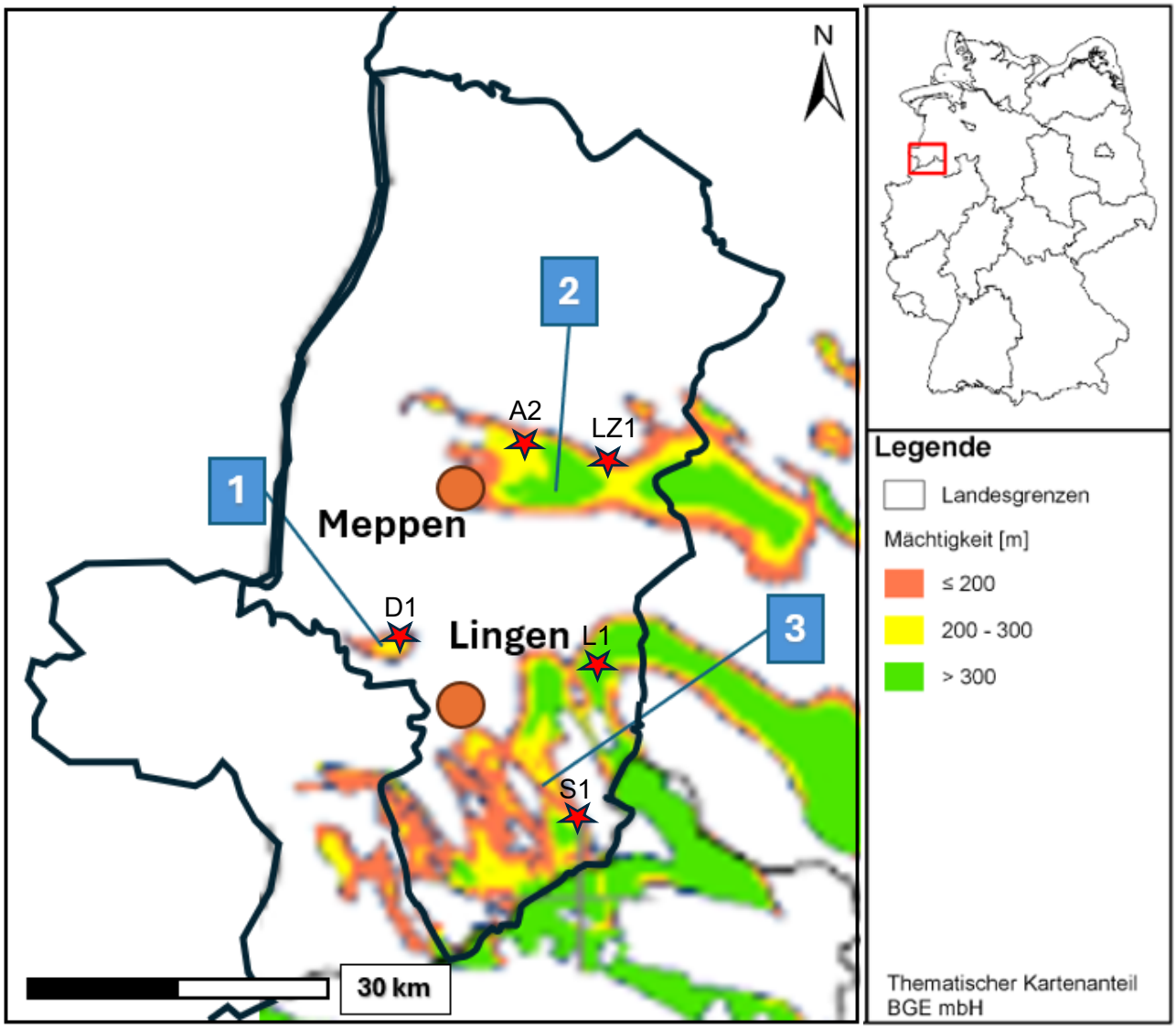
Abbildung 5-5: Geographische Lage der Segmente des Teilgebiet 005 im Landkreis Emsland



Quelle: (BGE 2020h), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland. Die nummerierte Box definiert das Segment des Teilgebietes im Landkreis Emsland. Die Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus Abbildung 3-5.

Das **Segment 1** befindet sich westlich von Lingen am südlichen Rand der Gemeinde Dalum und reicht im Westen bis zum Dalum Wietmarscher Moor und im Osten bis zur Gemeinde Geeste (Abbildung 5-5). Das Segment weist eine Fläche von ungefähr 13 km² auf und erfüllt somit gerade so die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*[38].

Abbildung 5-6: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3 StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 005



Quelle: (BGE 2021), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland. Roter Stern: Ungefähre Position der ausgewerteten Bohrungen, A2: Apeldorn Z2; D1: Dalum Z1; L4: Lastrup 4; L1: Lengerich 1; S1: Schale Z1.

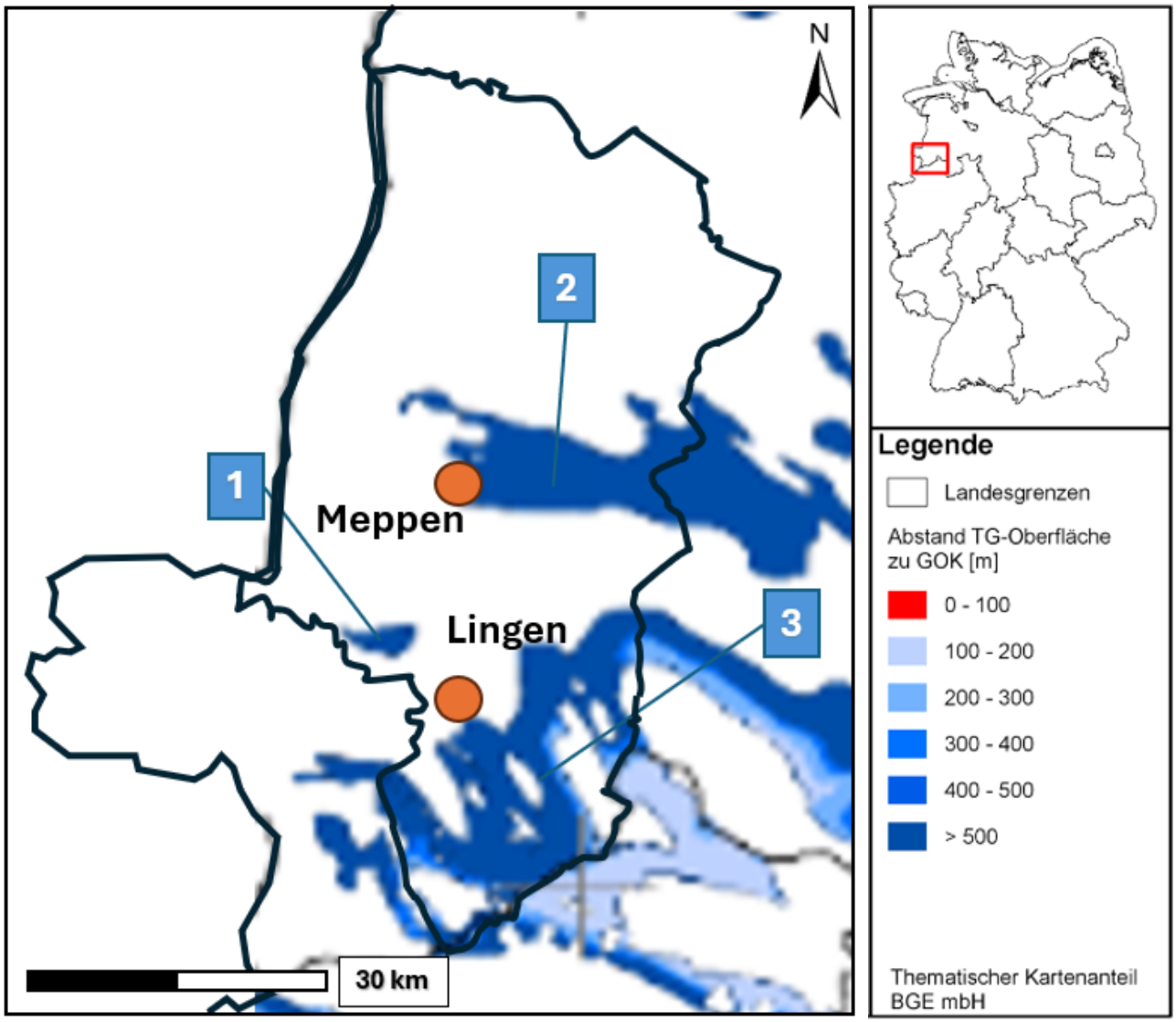
Bei der Betrachtung des Kartenmaterials der BGE „Ergänzende Kartendarstellungen zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG“ der BGE (BGE 2021) zeigt sich, dass der Kern des Segmentes Mächtigkeiten von 200 – 300 Metern aufweist (Abbildung 5-6). Demnach ist anzunehmen, das weite Teile des

[38] Hinsichtlich der *Fläche des Endlagers* gilt für Tongestein die Mindestanforderung bei einer horizontalen Ausdehnung von 10 km² (vgl. siehe Kapitel 2.2).

Segments die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich*[39] erfüllen.

Hinsichtlich der Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich*[40] ist anhand der ergänzenden Kartendarstellungen der BGE anzunehmen, dass ebenfalls weite Teile (tief dunkelblaue Flächen, Tiefen >500 Metern) die Mindestanforderung erfüllen (Abbildung 5-7).

Abbildung 5-7: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 005



Quelle: (BGE 2021), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland.

[39] Hinsichtlich der *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* gilt die Mindestanforderung an den Gebirgsbereich, der den ewG aufnehmen muss, eine Mindestmächtigkeit von 100 Metern (vgl. siehe Kapitel 2.2).

[40] Hinsichtlich der *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* gilt die Mindestanforderung im Tongestein, dass der ewG mindestens Tiefen von mehr als 300 m unter GOK erreichen muss (vgl. siehe Kapitel 2.2).

Die ergänzenden Kartendarstellungen der BGE geben keine Hinweise auf die tatsächliche Anwesenheit der geeigneten Wirtsgesteine, die zur Erfüllung der Mindestanforderungen der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* maßgeblich sind. Daher wurden zusätzlich stichprobenartig das Schichtenverzeichnis der Tiefenbohrung Dalum Z1 ausgelesen (Abbildung 5-6). Das Schichtenverzeichnis macht Angaben darüber, dass die gesuchten stratigraphischen Einheiten angetroffen wurden (in Tiefen zwischen 1.377 und 1.477 Metern), gibt aber keine Hinweise darauf, welche Lithologien[41] vorgefunden wurden (Tabelle 5-3). Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der flächendeckenden Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein mit der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* bzw. den von der BGE bevorzugten Formationen (vgl. siehe Kapitel 3.1) treffen.

Tabelle 5-3: Relevante Bohrungen für die Segmente des Teilgebietes 005

Bohrung	Endteufe [m]	Zielhorizont [m]			
		Top	Basis	Mächtigkeit des ewG	Beschreibung
Apeldorn Z2	4.310	874	1.035	161	Mitteljura
Dalum Z1	3.112	1.377	1.477	100	Mitteljura
Lastrup Z1	4.552	1.226	1.550	324	Mitteljura, u. a. Sandsteine
Lengerich 1	1.079	968	1.079	>111	Mitteljura
Schale Z1	3.412	968	1.039	71	Mitteljura

Quelle: Eigene Darstellung. Öko-Institut Consult GmbH

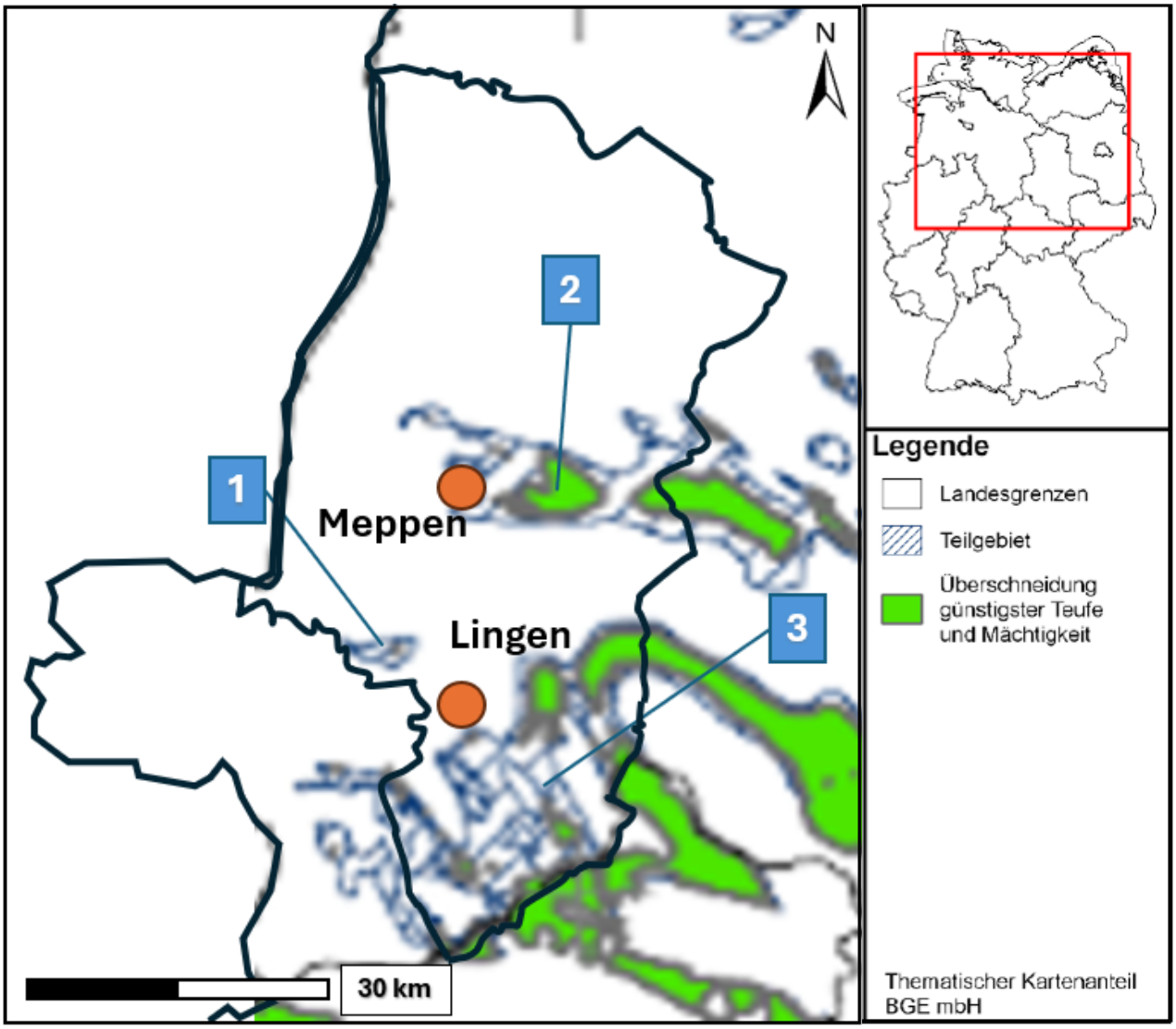
Abschließend zeigt die Überschneidung von günstiger Teufe (>600 m Tiefe) und Mächtigkeit (>300 m), dass für das Segment 1 keine günstige Kombination vorliegt (Abbildung 5-8). Daher ist anzunehmen, dass Segment 1 des Teilgebietes 005 im Landkreis Emsland bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU die beiden ersten Prüfschritte nicht übersteht und voraussichtlich mit einer Einordnung in Kategorie D bzw. C zu rechnen ist.

Das **Segment 2** erstreckt sich von der Kreisstadt Meppen im Zentrum des Landkreises Emsland nach Osten bis über die Landkreisgrenze zum benachbarten Landkreis Cloppenburg hinaus (Abbildung 5-5). Auf der Fläche des Landkreises Emsland weist das Segment eine Fläche von ungefähr 190 km^2 auf und erfüllt somit die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*.

Bei der Betrachtung des Kartenmaterials der BGE „Ergänzende Kartendarstellungen zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG“ der BGE (BGE 2021) zeigt sich, dass ein großer Kern des Segments Mächtigkeiten von 200 – 300 Metern bzw. über 300 Metern aufweist (Abbildung 5-6). In den Randbereichen des Segmentes ist mit Mächtigkeiten unter 200 Metern zu rechnen. Demnach ist anzunehmen, das weite Teile des Segments die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* erfüllen.

[41] In der Geologie beschreibt die Lithologie die Gesteinsbeschreibung und -klassifikation nach ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften unabhängig von Alter oder Entstehungsgeschichte (z.B. Tongestein, Steinsalz, Sandstein, etc.)

Abbildung 5-8: Detailansicht der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 005



Quelle: (BGE 2021), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland.

Hinsichtlich der Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* ist anhand der ergänzenden Kartendarstellungen der BGE anzunehmen, dass das gesamte Segment (tief dunkelblaue Flächen, Tiefen >500 Metern) die Mindestanforderung erfüllen (Abbildung 5-7).

Die ergänzenden Kartendarstellungen der BGE geben keine Hinweise auf die tatsächliche Anwesenheit der geeigneten Wirtsgesteine, die zur Erfüllung der Mindestanforderungen der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* maßgeblich sind. Daher wurden zusätzlich stichprobenartig die Schichtenverzeichnisse der Tiefenbohrungen Apeldorn Z2 und Lastrup Z1 ausgelesen (Abbildung 5-6). Die Schichtenverzeichnisse machen Angaben darüber, dass die gesuchten stratigraphischen Einheiten angetroffen wurden, geben aber keine Hinweise darauf, welche Lithologien vorgefunden wurden (Tabelle 5-3). Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der flächendeckenden Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein mit der

notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* bzw. den von der BGE bevorzugten Formationen (vgl. siehe Kapitel 3.1) treffen.

Abschließend ist anzunehmen, dass für das Segment 2 des Teilgebietes 005 im Landkreis Emsland bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU in Zukunft der innere Kern des Segments als geeignete Gebiete ausgewiesen werden könnten – sofern dort die der BGE bevorzugten Lithologien angetroffen werden. Abbildung 5-8 zeigt für diesen Bereich (grüne Flächen) durch die Überschneidung von günstiger Teufe (>600 m Tiefe) und Mächtigkeit (>300 m) eine aussichtsreiche Konstellation. Diese Bereiche könnten innerhalb der Durchführung der rvSU die ersten beiden Prüfschritte überstehen. Da im Rahmen dieser beiden Prüfschritte jedoch auch weitere Kriterien zum Einsatz kommen, lässt sich diesbezüglich keine gesicherte Aussagen treffen. Für die Flächen des Segments, die keine Überschneidung von günstiger Teufe und günstiger Mächtigkeit aufweisen, ist mit einer Einordnung in Kategorie D bzw. C innerhalb der ersten beiden Prüfschritte der rvSU zu rechnen.

Das **Segment 3** befindet sich im südlichen Teil des Landkreises und erstreckt sich von der südwestlichen Landkreisgrenze bis süd- und östlich von der Stadt Lingen zum Landkreis Osnabrück hin (Abbildung 5-5). Auf der Fläche des Landkreises Emsland weist das Segment eine Fläche von ungefähr 400 km^2 auf und erfüllt somit die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*.

Bei der Betrachtung des Kartenmaterials der BGE „Ergänzende Kartendarstellungen zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG“ der BGE (BGE 2021) zeigt sich, dass der Großteil des Segmentes Mächtigkeiten von 200 – 300 Metern bzw. über 300 Metern aufweist (Abbildung 5-6). In den Randbereichen des Segmentes ist mit Mächtigkeiten unter 200 Metern zu rechnen. Demnach ist anzunehmen, das weite Teile des Segments die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* erfüllen.

Hinsichtlich der Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* ist anhand der ergänzenden Kartendarstellungen der BGE anzunehmen, dass das gesamte Segment (tief dunkelblaue Flächen, Tiefen >500 Metern) die Mindestanforderung erfüllen (Abbildung 5-7).

Die ergänzenden Kartendarstellungen der BGE geben keine Hinweise auf die tatsächliche Anwesenheit der geeigneten Wirtsgesteine, die zur Erfüllung der Mindestanforderungen der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* maßgeblich sind. Daher wurden zusätzlich stichprobenartig die Schichtenverzeichnisse der Tiefenbohrungen Lengerich 1 und Schale Z1 ausgelesen (Abbildung 5-6). Die Schichtenverzeichnisse machen Angaben darüber, dass die gesuchten stratigraphischen Einheiten angetroffen wurden, geben aber keine Hinweise über die vorgefundenen Lithologien (Tabelle 5-3). Somit lassen sich keine gesicherte Aussage bezüglich der flächendeckenden Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein mit der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* bzw. den von der BGE bevorzugten Formationen (vgl. siehe Kapitel 3.1) treffen.

Abschließend ist anzunehmen, dass für das Segment 3 des Teilgebietes 005 im Landkreis Emsland bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU in Zukunft Teile des Segments als geeignete Gebiete ausgewiesen werden könnten – sofern dort die der BGE bevorzugten Lithologien angetroffen werden. Abbildung 5-8 zeigt für diese Bereiche (grüne Flächen) durch die Überschneidung von günstiger Teufe (>600 m Tiefe) und Mächtigkeit (>300 m)

eine aussichtsreiche Konstellation. Diese Bereiche könnten innerhalb der Durchführung der rvSU die ersten beiden Prüfschritte überstehen. Da im Rahmen dieser beiden Prüfschritte jedoch auch weitere Kriterien zum Einsatz kommen, lässt sich diesbezüglich keine gesicherte Aussage treffen. Für die Flächen des Segments, die keine Überschneidung von günstiger Teufe und günstiger Mächtigkeit aufweisen, ist mit einer Einordnung in Kategorie D bzw. C innerhalb der ersten beiden Prüfschritte der rvSU zu rechnen.

5.3 Teilgebiet 006: Tongesteine des Lias (Unterjura)

Das Teilgebiet 006 umfasst, wie in Kapitel 3.1 dargestellt, Tonsteine des Lias (Unterjura) in weiten Teilen von Norddeutschland. Es erstreckt sich auf einer Fläche von 18.564 km^2 über die Bundesländer Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Sachsen-Anhalt (vgl. siehe Abbildung 3-6).

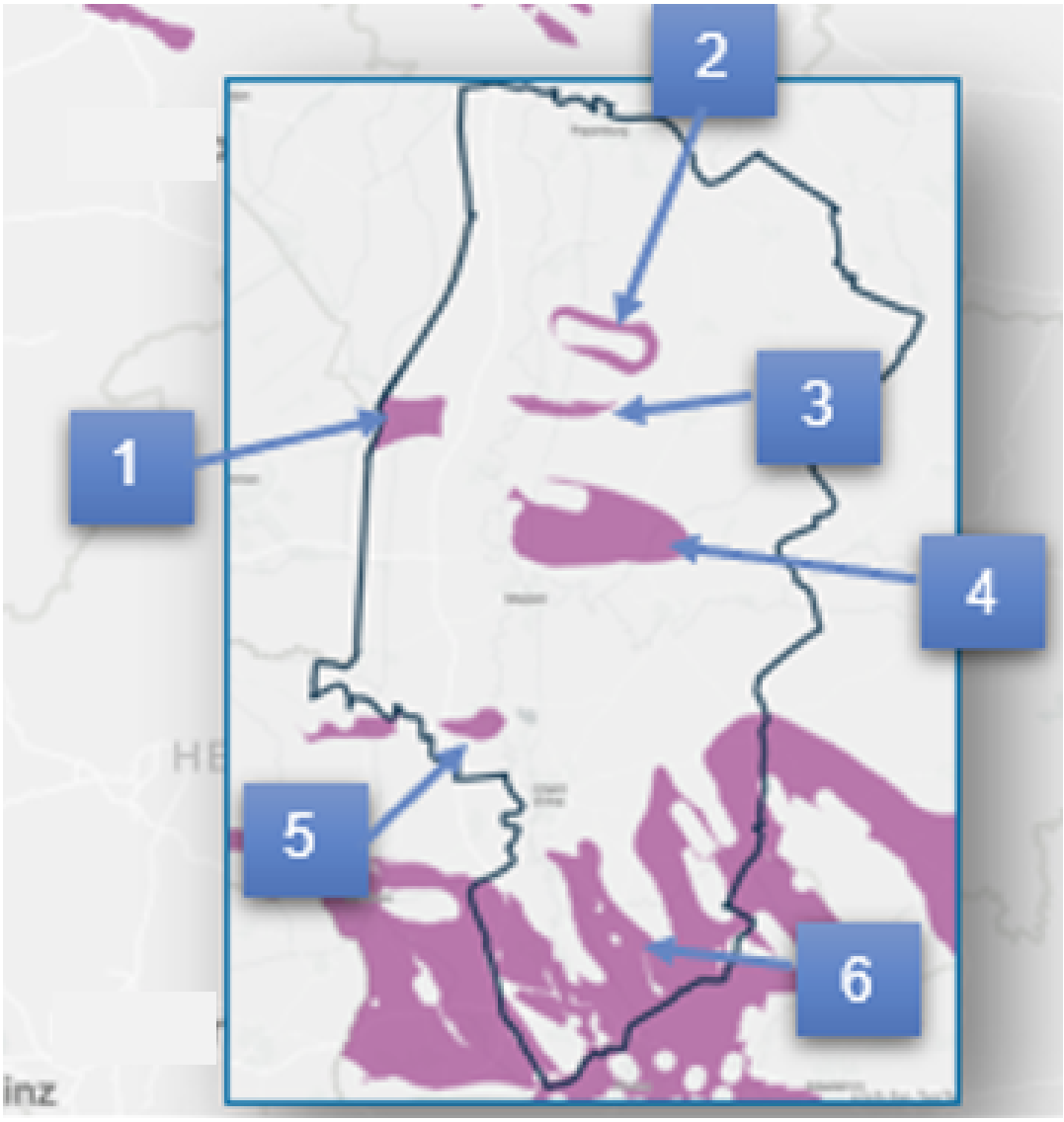
Die Angaben zur Anwendung der Mindestanforderungen im ZB TG beziehen sich auf das gesamte Teilgebiet. Nach dem IG-Steckbrief wird die Mächtigkeit mit maximal 1.200 m angegeben, die „Teufenlage der Basisfläche“ (BGE 2020m) mit 400 – 1.500 m und die Gesamtfläche mit 18.564 km^2 (Tabelle 5-1). Damit erfüllt das Teilgebiet allgemein die Mindestanforderungen hinsichtlich des Flächenbedarfs, der Teufenlage und der Mächtigkeit. Die Methodik zur Anwendung der Mindestanforderungen ist, bezogen auf das Teilgebiet 006, generell nachvollziehbar.

Abbildung 5-9 zeigt die geographische Lage der sechs Segmente des Teilgebiet 006 im Landkreis Emsland in der Detailansicht. Um die Anwendung der Mindestanforderungen auf die Segmente des Teilgebietes 006 im Landkreis Emsland einzuschätzen, werden im Folgenden die Segmente einzeln vorgestellt und hinsichtlich der Bewertung der BGE zur Erfüllung der Mindestanforderungen eingeordnet.

Das **Segment 1** befindet sich im Westen des Landkreises nordöstlich der Stadt Haren (Ems) (Abbildung 5-9). Auf der Fläche des Landkreises Emsland weist das Segment eine Fläche von ungefähr 24 km^2 auf und erfüllt somit die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*[42].

[42] Hinsichtlich der *Fläche des Endlagers* gilt für Tongestein die Mindestanforderung bei einer horizontalen Ausdehnung von 10 km^2 (vgl. siehe Kapitel 2.2).

Abbildung 5-9: Geographische Lage der Segmente des Teilgebiet 006 im Landkreis Emsland

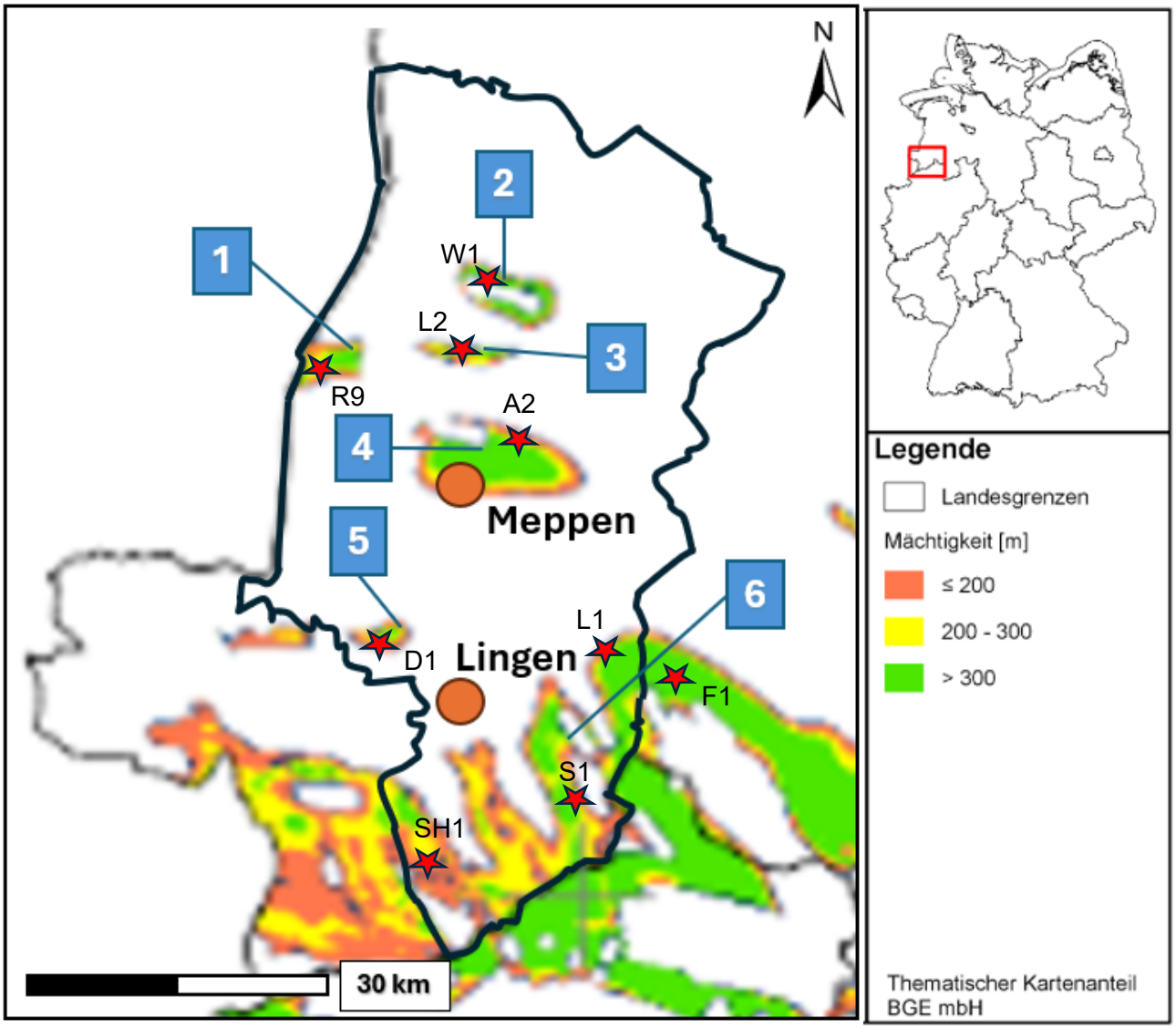


Quelle: (BGE 2020h), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland. Die nummerierte Box definiert das Segment des Teilgebietes im Landkreis Emsland. Die Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus Abbildung 3-6.

Bei der Betrachtung des Kartenmaterials der BGE „Ergänzende Kartendarstellungen zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG“ der BGE (BGE 2021) zeigt sich, dass der Großteil des Segmentes Mächtigkeiten von 200 – 300 Metern bzw. über 300 Metern aufweist (Abbildung 5-10). In den Randbereichen des Segments ist mit Mächtigkeiten unter 200 Metern zu rechnen. Demnach ist anzunehmen, das weite Teile des Segments die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich*[43] erfüllen.

[43] Hinsichtlich der *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* gilt die Mindestanforderung an den Gebirgsbereich, der den ewG aufnehmen muss, eine Mindestmächtigkeit von 100 Metern (vgl. siehe Kapitel 2.2).

Abbildung 5-10: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3 StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 006



Quelle: (BGE 2021), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland. Roter Stern: Ungefähre Position der ausgewerteten Bohrungen, A2: Apeldorn Z2; D1: Dalum Z1; F1: Fürstenau 1; R9: Rütenbrock 9Z; W1: Wippingen 1; L1: Lengerich 1; SH1: Salzbergen-Heidfeld 1; S1: Schale Z1.

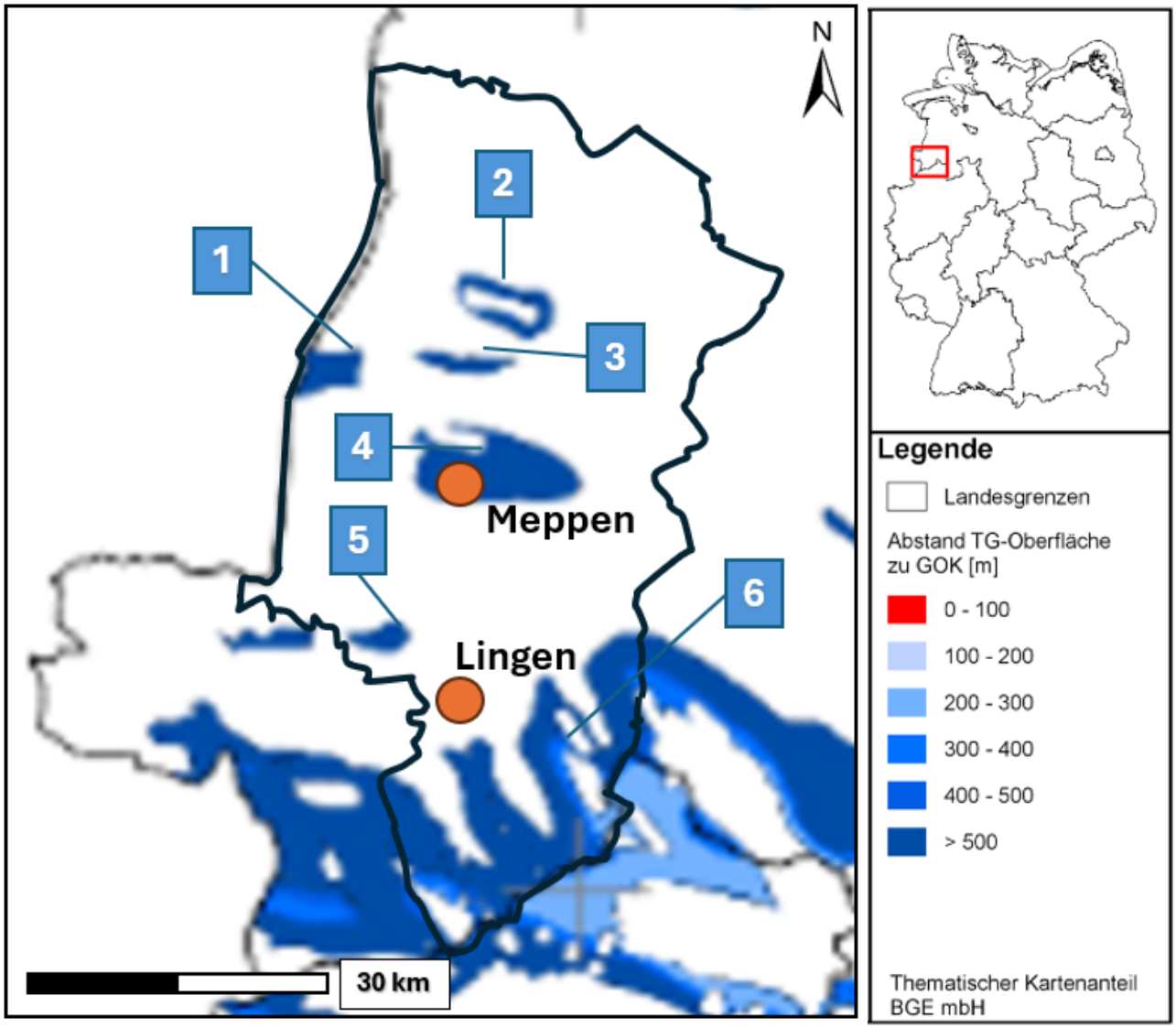
Hinsichtlich der Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich*[44] ist anhand der ergänzenden Kartendarstellungen der BGE anzunehmen, dass das gesamte Segment (tief dunkelblaue Flächen, Tiefen >500 Metern) die Mindestanforderung erfüllen (Abbildung 5-11).

Die ergänzenden Kartendarstellungen der BGE geben keine Hinweise auf die tatsächliche Anwesenheit der geeigneten Wirtsgesteine, die zur Erfüllung der Mindestanforderungen der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* maßgeblich sind. Daher

[44] Hinsichtlich der *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* gilt die Mindestanforderung im Tongestein, dass der ewG mindestens Tiefen von mehr als 300 m unter GOK erreichen muss (vgl. siehe Kapitel 2.2).

wurden zusätzlich stichprobenartig das Schichtenverzeichnis der Tiefenbohrung Rütenbrock 9Z ausgelesen (Abbildung 5-10).

Abbildung 5-11: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 006



Quelle: (BGE 2021), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland.

Das Schichtenverzeichnis macht Angaben darüber, dass die gesuchten stratigraphischen Einheiten angetroffen wurden, geben aber keine Hinweise über die vorgefundenen Lithologien[45] (Tabelle 5-4). Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der flächendeckenden Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein mit der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* bzw. den von der BGE bevorzugten Formationen (vgl. siehe Kapitel 3.1) treffen. Der Zielhorizont (Unterjura) liegt in Tiefen zwischen 1.409 und 1.600 Metern. Damit wäre im Bereich der Bohrung die

[45] In der Geologie beschreibt die Lithologie die Gesteinsbeschreibung und -klassifikation nach ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften unabhängig von Alter oder Entstehungsgeschichte (z.B. Tongestein, Steinsalz, Sandstein, etc.)

Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* nicht erfüllt, da die BGE nur Bereiche bis 1.500 Metern betrachtet.

Tabelle 5-4: Relevante Bohrungen für die Segmente des Teilgebietes 006

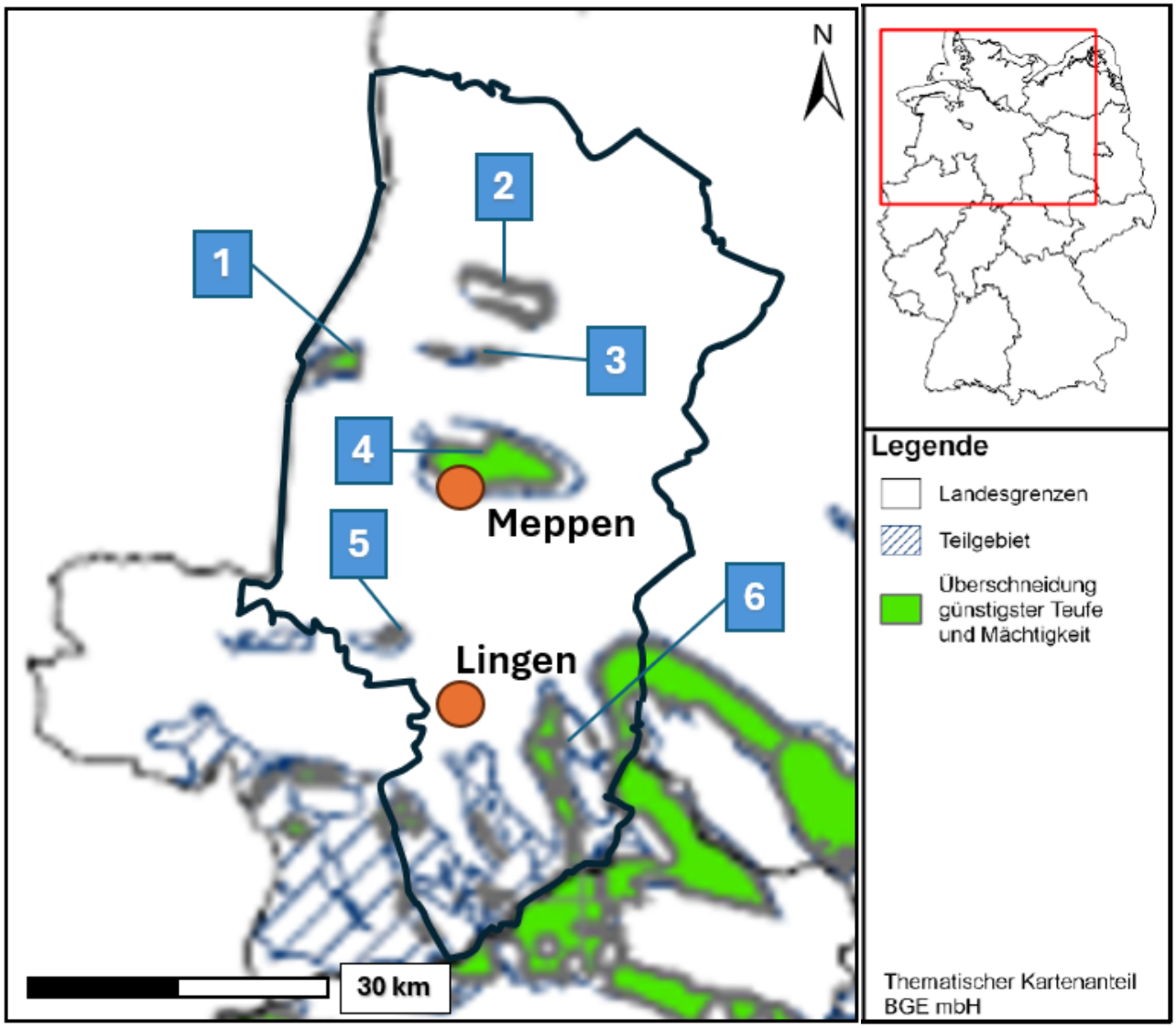
Bohrung	Endteufe [m]	Zielhorizont [m]			
		Top	Basis	Mächtigkeit des ewG	Beschreibung
Apeldorn Z2	4.310	1.035	1.518	465	Unterjura
Dalum Z1	3.112	1.477	1.795	23	Unterjura
Fürstenau Z1	2.161	305	553	248	Unterjura
Lathen 2	1.300	926	1.108	182	Unterjura
Lengerich 1	1.079	-	-	-	Unterjura nicht angetroffen
Rütenbrock 9Z	1.600	1.409	1.600	81	Unterjura
Salzbergen-Heidfeld 1	1.727	295	813	518	Unterjura
Schale Z1	3.412	1.039	1.272	233	Unterjura
Wippingen 1	1.092	-	-		Unterjura nicht angetroffen

Quelle: Eigene Darstellung. Öko-Institut Consult GmbH

Abschließend ist nicht auszuschließen, dass für das Segment 1 des Teilgebietes 006 im Landkreis Emsland bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU in Zukunft Teile des Segments als geeignete Bereiche ausgewiesen werden könnten – sofern dort die der BGE bevorzugten Lithologien angetroffen werden. Abbildung 5-12 zeigt für diese Bereiche (grüne Flächen) durch die Überschneidung von günstiger Teufe (>600 m Tiefe) und Mächtigkeit (>300 m) eine aussichtsreiche Konstellation.

Diese Bereiche könnten innerhalb der Durchführung der rvSU die ersten beiden Prüfschritte überstehen. Da im Rahmen dieser beiden Prüfschritte jedoch auch weitere Kriterien zum Einsatz kommen, lassen sich diesbezüglich keine gesicherten Aussagen treffen. Für die Flächen des Segments, die keine Überschneidung von günstiger Teufe und günstiger Mächtigkeit aufweisen, ist mit einer Einordnung in Kategorie D bzw. C innerhalb der ersten beiden Prüfschritte der rvSU zu rechnen.

Abbildung 5-12: Detailansicht der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 006



Quelle: (BGE 2021), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland.

Die **Segment 2 und 3** befinden sich zentral in der nördlichen Hälfte des Landkreises unmittelbar um die Stadt Lathen (Abbildung 5-9). Beide Segmente weisen eine Fläche von ungefähr 20 km² (Segment 2) bzw. 11 km² (Segment 3) auf und erfüllen beide somit die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*.

Bei der Betrachtung des Kartenmaterials der BGE „Ergänzende Kartendarstellungen zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG“ der BGE (BGE 2021) zeigt sich, dass beide Segmente Bereiche mit Mächtigkeiten von 200 – 300 Metern aufweisen. Segment 3 verfügt über große Flächen mit über 300 Metern Mächtigkeit (Abbildung 5-10). In den Randbereichen der Segmente ist mit Mächtigkeiten unter 200 Metern zu rechnen. Trotzdem ist anzunehmen, das weite Teile der Segmente die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* erfüllen. Da beide Segmente jedoch eher klein sind, bleibt offen, ob die Bereiche mit ausreichender Mächtigkeit immer noch die Mindestanforderung der *Fläche des Endlagers* erfüllen.

Hinsichtlich der Mindestanforderung zur *minimalen des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* ist anhand der ergänzenden Kartendarstellungen der BGE anzunehmen, dass beide Segmente (tief dunkelblaue Flächen, Tiefen >500 Metern) die Mindestanforderung erfüllen (Abbildung 5-10).

Die ergänzenden Kartendarstellungen der BGE geben allerdings keine Hinweise auf die tatsächliche Anwesenheit der geeigneten Wirtsgesteine, die zur Erfüllung der Mindestanforderungen der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* maßgeblich sind. Daher wurden zusätzlich stichprobenartig die Schichtenverzeichnisse der Tiefenbohrungen Lathen 2 und Wippingen 1 ausgewertet (Abbildung 5-10).

In der Tiefenbohrung Wippingen 1 wurden keine der gesuchten stratigraphischen Einheiten angetroffen. In der Tiefenbohrung Lathen 2 sind Einheiten des Unterjura in Tiefen von ~920 bis ~1.108 Metern vorgefunden worden. Das Schichtenverzeichnis macht keine Angaben über die vorgefundenen Lithologien (Tabelle 5-4). Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der flächendeckenden Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein mit der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* bzw. den von der BGE bevorzugten Formationen (vgl. siehe Kapitel 3.1) treffen.

Abschließend ist nicht auszuschließen, dass für die Segmente 2 und 3 des Teilgebietes 006 im Landkreis Emsland bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU in Zukunft Teile des Segments als geeignete Bereiche ausgewiesen werden– sofern dort die der BGE bevorzugten Lithologien angetroffen werden. Es bleiben jedoch Zweifel, ob die Bereiche, die sich aufgrund der Teufe und Mächtigkeiten eignen, auch zur Erfüllung der Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers* ausreichen. Zudem zeigt Abbildung 5-12 für diese Bereiche keine günstigen Bereiche bei der Betrachtung der Überschneidung von günstiger Teufe (>600 m Tiefe) und Mächtigkeit (>300 m). Sollten im Zuge der rvSU, Bereiche in beiden Segmenten die ersten beiden Prüfschritte dennoch überstehen, ist aufgrund der Gesamtheit der geologischen Gegebenheiten eher nicht mit einer Einordnung in Kategorie A zu rechnen.

Das **Segment 4** befindet sich mitten im Landkreis Emsland unmittelbar nördlich der Kreisstadt Meppen (Abbildung 5-9). Das Segment weist eine Fläche von ungefähr 90 km^2 auf und erfüllt somit die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*.

Bei der Betrachtung des Kartenmaterials der BGE „Ergänzende Kartendarstellungen zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG“ der BGE (BGE 2021) zeigt sich, dass der Großteil des Segments Mächtigkeiten von über 300 Metern aufweist (Abbildung 5-10). In den Randbereichen des Segments ist mit Mächtigkeiten von 200 – 300 Metern bzw. unter 200 Metern zu rechnen. Demnach ist anzunehmen, das weite Teile des Segments die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* erfüllt.

Hinsichtlich der Mindestanforderung zur *minimalen des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* ist anhand der ergänzenden Kartendarstellungen der BGE anzunehmen, dass das gesamte Segment (tief dunkelblaue Flächen, Tiefen >500 Metern) die Mindestanforderung erfüllt (Abbildung 5-10).

Die ergänzenden Kartendarstellungen der BGE geben keine Hinweise auf die tatsächliche Anwesenheit der geeigneten Wirtsgesteine, die zur Erfüllung der Mindestanforderungen der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* maßgeblich sind. Daher wurde zusätzlich stichprobenartig das Schichtenverzeichnis der Tiefenbohrung Apeldorn Z2 ausgelesen (Abbildung 5-6).

Das Schichtenverzeichnis macht Angaben darüber, dass die gesuchten stratigraphischen Einheiten des Unterjura angetroffen wurden (in Tiefen >1.000 Metern), gibt aber keine Hinweise auf die vorgefundenen Lithologien (Tabelle 5-4). Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der flächendeckenden Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein mit der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* bzw. den von der BGE bevorzugten Formationen (vgl. siehe Kapitel 3.1) treffen.

Abschließend ist anzunehmen, dass für das Segment 4 des Teilgebietes 006 im Landkreis Emsland bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU in Zukunft der Großteil des inneren Kerns des Segments als geeigneter Bereich ausgewiesen werden könnte – sofern dort die der BGE bevorzugten Lithologien angetroffen werden. Abbildung 5-12 zeigt für diesen Bereich (grüne Flächen) durch die Überschneidung von günstiger Teufe (>600 m Tiefe) und Mächtigkeit (>300 m) eine aussichtsreiche Konstellation. Dieser Bereich könnten innerhalb der Durchführung der rvSU die ersten beiden Prüfschritte überstehen. Da im Rahmen dieser beiden Prüfschritte jedoch auch weitere Kriterien zum Einsatz kommen, lässt sich diesbezüglich keine gesicherte Aussage treffen.

Das **Segment 5** befindet sich westlich der Stadt Lingen, unmittelbar südlich der Gemeinde Dalum (Abbildung 5-9). Das Segment weist eine Fläche von ungefähr 11 km^2 auf und erfüllt somit gerade so die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*.

Bei der Betrachtung des Kartenmaterials der BGE „Ergänzende Kartendarstellungen zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG“ der BGE (BGE 2021) zeigt sich, dass der innere Kern des Segments Mächtigkeiten von über 300 Metern aufweist. (Abbildung 5-10). In den Randbereichen des Segments ist mit Mächtigkeiten von 200 – 300 Metern bzw. unter 200 Metern zu rechnen. Demnach ist anzunehmen, das der Großteil des Segments die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* erfüllt. Dennoch bleibt zum jetzigen Zeitpunkt offen, ob die Flächen, die die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* erfüllen, trotzdem noch zur Erfüllung der Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers* ausreichen.

Hinsichtlich der Mindestanforderung zur *minimalen des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* ist anhand der ergänzenden Kartendarstellungen der BGE anzunehmen, dass das gesamte Segment (tief dunkelblaue Flächen, Tiefen >500 Metern) die Mindestanforderung erfüllt (Abbildung 5-10).

Die ergänzenden Kartendarstellungen der BGE geben keine Hinweise auf die tatsächliche Anwesenheit der geeigneten Wirtsgesteine, die zur Erfüllung der Mindestanforderungen der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* maßgeblich sind. Daher wurde zusätzlich stichprobenartig das Schichtenverzeichnis der Tiefenbohrung Dalum Z1 ausgewertet (Abbildung 5-10).

Das Schichtenverzeichnis macht Angaben darüber, dass die gesuchten stratigraphischen Einheiten angetroffen wurden, geben aber keine Hinweise über die vorgefundenen Lithologien (Tabelle 5-4). Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der flächendeckenden Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein mit der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* bzw. den von der BGE bevorzugten Formationen (vgl. siehe Kapitel 3.1) treffen. Zudem beginnt der Zielhorizont (Unterjura) in Tiefen ab 1.477 Metern. Damit wäre im Bereich der Bohrung die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* nicht erfüllt, da die BGE nur Bereiche bis 1.500 Metern betrachtet.

Abschließend zeigt die Überschneidung von günstiger Teufe (>600 m Tiefe) und Mächtigkeit (>300 m), dass für das Segment keine günstige Kombination vorliegt (Abbildung 5-12). Daher ist anzunehmen, dass Segment 5 des Teilgebietes 006 im Landkreis Emsland bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU die beiden ersten Prüfschritte nicht übersteht und voraussichtlich mit einer Einordnung in Kategorie D bzw. C zu rechnen ist.

Das **Segment 6** befindet sich im südlichen Teil des Landkreises und erstreckt sich von der südwestlichen Landkreisgrenze zur Grafschaft Bentheim bis süd- und östlich von der Stadt Lingen zum Landkreis Osnabrück hin (Abbildung 5-9). Das Segment weist eine Fläche von ungefähr 300 km^2 auf und erfüllt somit die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*.

Bei der Betrachtung des Kartenmaterials der BGE „Ergänzende Kartendarstellungen zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG“ der BGE (BGE 2021) zeigt sich, dass in den östlichen Bereichen des Segments große Teile mit Mächtigkeiten von über 300 Metern vorkommen (Abbildung 5-10). In den mittleren Bereichen des Segmentes ist mit Mächtigkeiten von 200 – 300 Metern bzw. unter 200 Metern zu rechnen. Zur Landkreisgrenze zur Grafschaft Bentheim hin treten wieder Mächtigkeiten von über 300 Metern auf. Demnach ist anzunehmen, dass große Teile des Segments die Mindestanforderung zur Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich erfüllen.

Hinsichtlich der Mindestanforderung zur *minimalen des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* ist anhand der ergänzenden Kartendarstellungen der BGE anzunehmen, dass das gesamte Segment (tief dunkelblaue Flächen, Tiefen >500 Metern) die Mindestanforderung erfüllt (Abbildung 5-10).

Die ergänzenden Kartendarstellungen der BGE geben keine Hinweise auf die tatsächliche Anwesenheit der geeigneten Wirtsgesteine, die zur Erfüllung der Mindestanforderungen der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* maßgeblich sind. Daher wurden zusätzlich stichprobenartig die Schichtenverzeichnisse der Tiefenbohrungen Fürstenau Z1, Lengerich 1, Salzbergen-Heidfeld 1 und Schale Z1 ausgewertet (Abbildung 5-10).

Die Schichtenverzeichnisse machen Angaben darüber, dass die gesuchten stratigraphischen Einheiten (Unterjura) angetroffen wurden, geben aber keine Hinweise auf die vorgefundenen Lithologien (Tabelle 5-4). Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der flächendeckenden Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein mit der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* bzw. den von der BGE bevorzugten Formationen (vgl. siehe Kapitel 3.1) treffen.

Abschließend ist anzunehmen, dass für das Segment 6 des Teilgebietes 006 im Landkreis Emsland bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU in Zukunft vor allem in den östlichen Bereichen größere Flächen ausgewiesen werden könnten – sofern dort die der BGE bevorzugten Lithologien angetroffen werden. Abbildung 5-12 zeigt für diesen Bereich (grüne Flächen) durch die Überschneidung von günstiger Teufe (>600 m Tiefe) und Mächtigkeit (>300 m) eine aussichtsreiche Konstellation. Es ist anzunehmen, dass diese Bereiche innerhalb der Durchführung der rvSU die ersten beiden Prüfschritte überstehen. Da im Rahmen dieser beiden Prüfschritte jedoch auch weitere Kriterien zum Einsatz kommen, lässt sich diesbezüglich keine gesicherte Aussage treffen. Für die Flächen des Segments, die keine Überschneidung von günstiger Teufe und günstiger Mächtigkeit aufweisen, ist mit einer Einordnung in Kategorie D bzw. C innerhalb der ersten beiden Prüfschritte der rvSU zu rechnen.

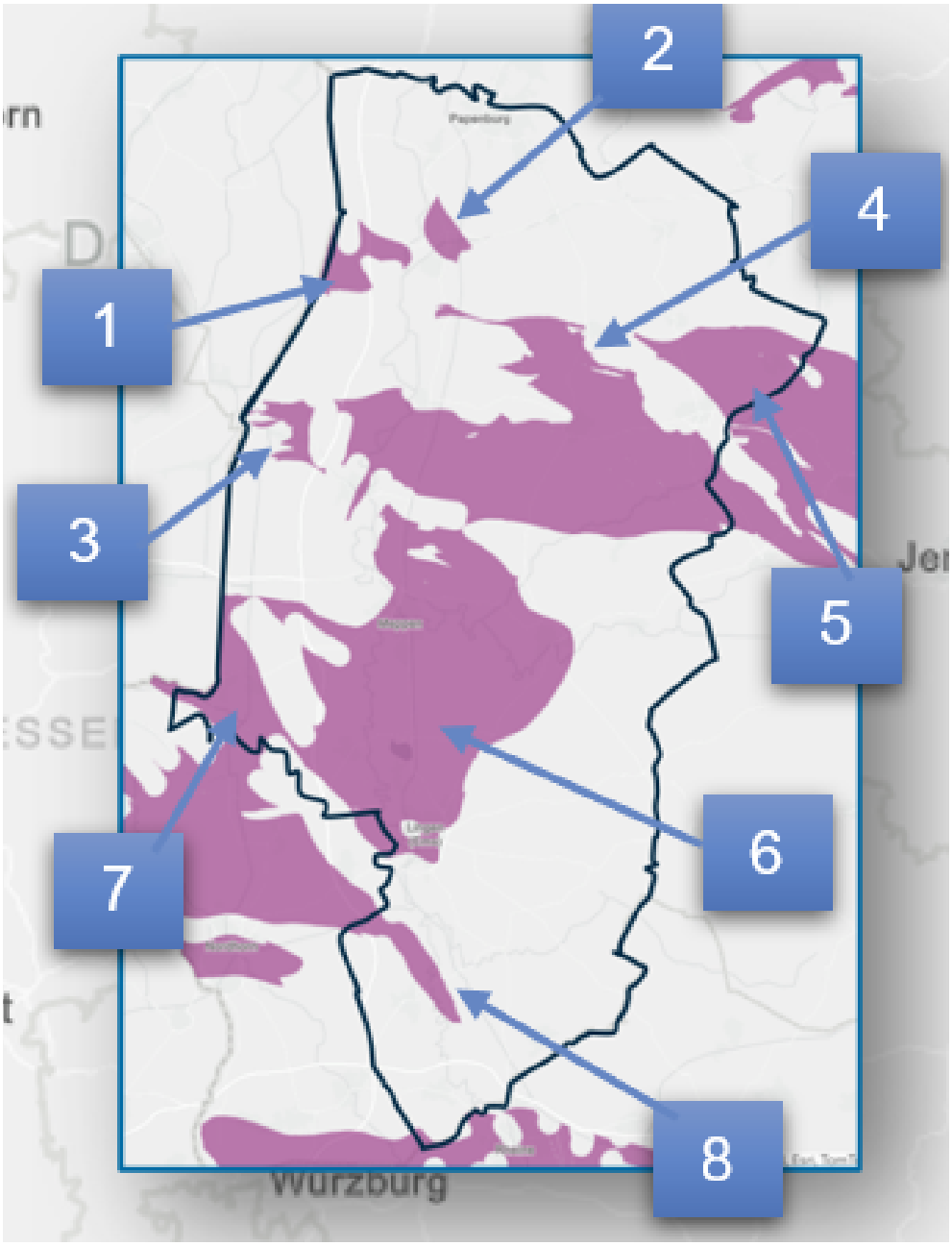
5.4 Teilgebiet 007: Tongesteine der Unterkreide

Das Teilgebiet 007 umfasst, wie in Kapitel 3.1 dargestellt, Tonsteine der Unterkreide in weiten Teilen von Norddeutschland. Es erstreckt sich auf einer Fläche von 14.914 km^2 über die Bundesländer Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Sachsen-Anhalt (vgl. siehe Abbildung 3-7).

Die Angaben zur Anwendung der Mindestanforderungen im ZB TG beziehen sich pauschal auf das gesamte Teilgebiet. Nach dem IG-Steckbrief wird die Mächtigkeit mit maximal 1.200 m angegeben, die „Teufenlage der Basisfläche“ (BGE 2020n) mit 400 – 1.500 m und die Gesamtfläche mit 14.914 km^2 (Tabelle 5-1). Damit erfüllt das Teilgebiet allgemein die Mindestanforderungen hinsichtlich des Flächenbedarfs, der Teufenlage und der Mächtigkeit. Die Methodik zur Anwendung der Mindestanforderungen ist, bezogen auf das Teilgebiet 007, generell nachvollziehbar.

Abbildung 5-13 zeigt die geographische Lage der acht Segmente des Teilgebiet 007 im Landkreis Emsland in der Detailansicht. Um die Anwendung der Mindestanforderungen auf die Segmente des Teilgebietes 007 im Landkreis Emsland einzuschätzen, werden im Folgenden die Segmente einzeln vorgestellt und hinsichtlich der Bewertung der BGE zur Erfüllung der Mindestanforderungen eingeordnet.

Abbildung 5-13: Geographische Lage der Segmente des Teilgebiet 007 im Landkreis Emsland



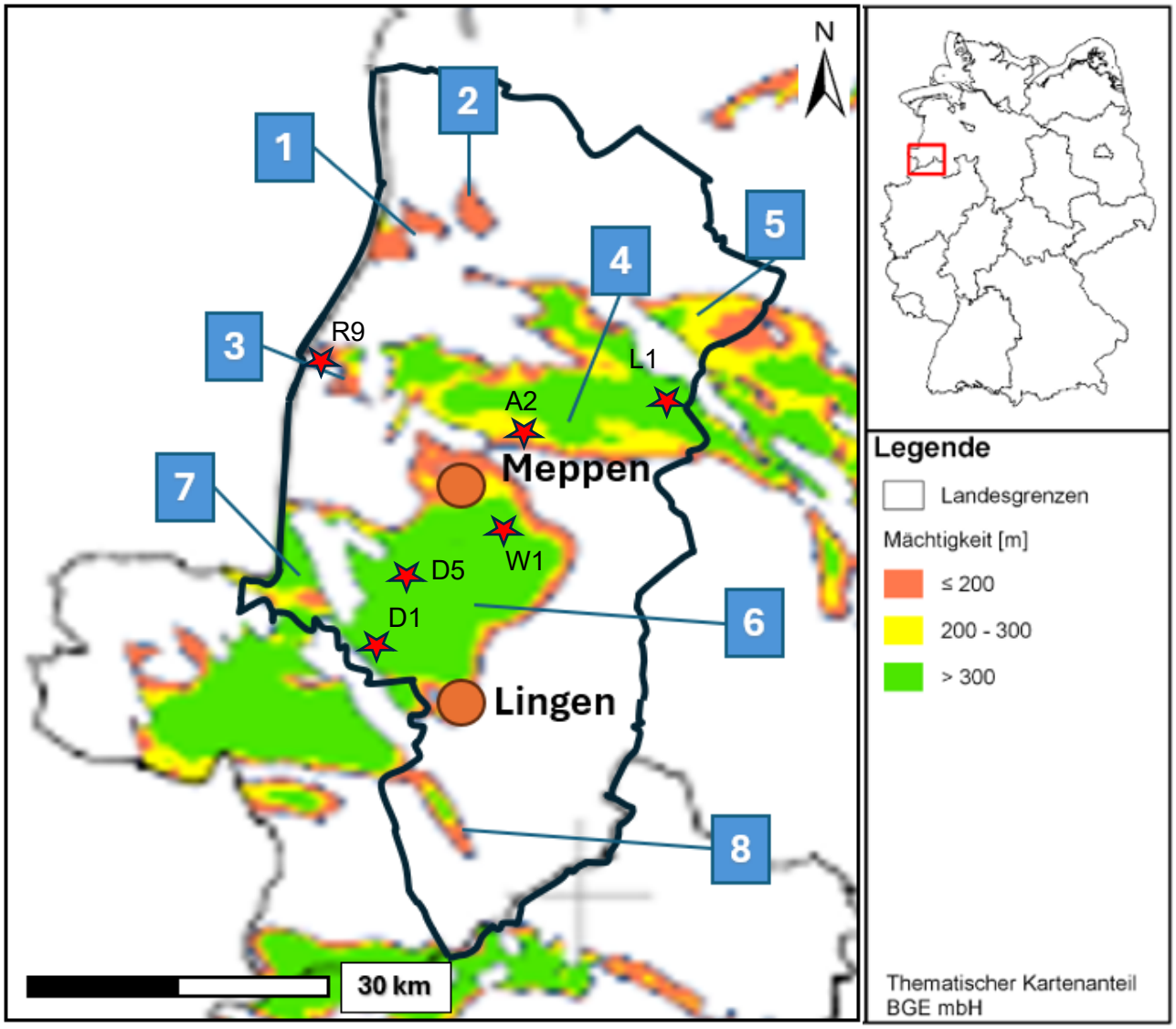
Quelle: (BGE 2020h), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland. Die nummerierte Box definiert das Segment des Teilgebietes im Landkreis Emsland. Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus Abbildung 3-7

Die **Segmente 1, 2 und 3** bilden relativ kleine Gebiete und befinden sich alle im Nordwesten des Landkreises (Abbildung 5-13). Die Segmente weisen Flächen von 23 km² (Segment 1), 11,5 km² (Segment 2), und 15 km² (Segment 3), und erfüllen somit gerade so die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*[46].

[46] Hinsichtlich der *Fläche des Endlagers* gilt für Tongestein die Mindestanforderung bei einer horizontalen Ausdehnung von 10 km² (vgl. siehe Kapitel 2.2).

Bei der Betrachtung des Kartenmaterials der BGE „Ergänzende Kartendarstellungen zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG“ der BGE (BGE 2021) zeigt sich, dass nahezu die gesamte Fläche aller drei Segmente Mächtigkeiten von weniger als 200 Metern aufweist (Abbildung 5-14). Nur in Segment 3 im Süden treten in einem kleinen Bereich Mächtigkeiten von mehr als 300 Metern auf. Demnach bleibt zum jetzigen Zeitpunkt offen, ob die drei Segmente die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich*[47] erfüllen.

Abbildung 5-14: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3 StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 007

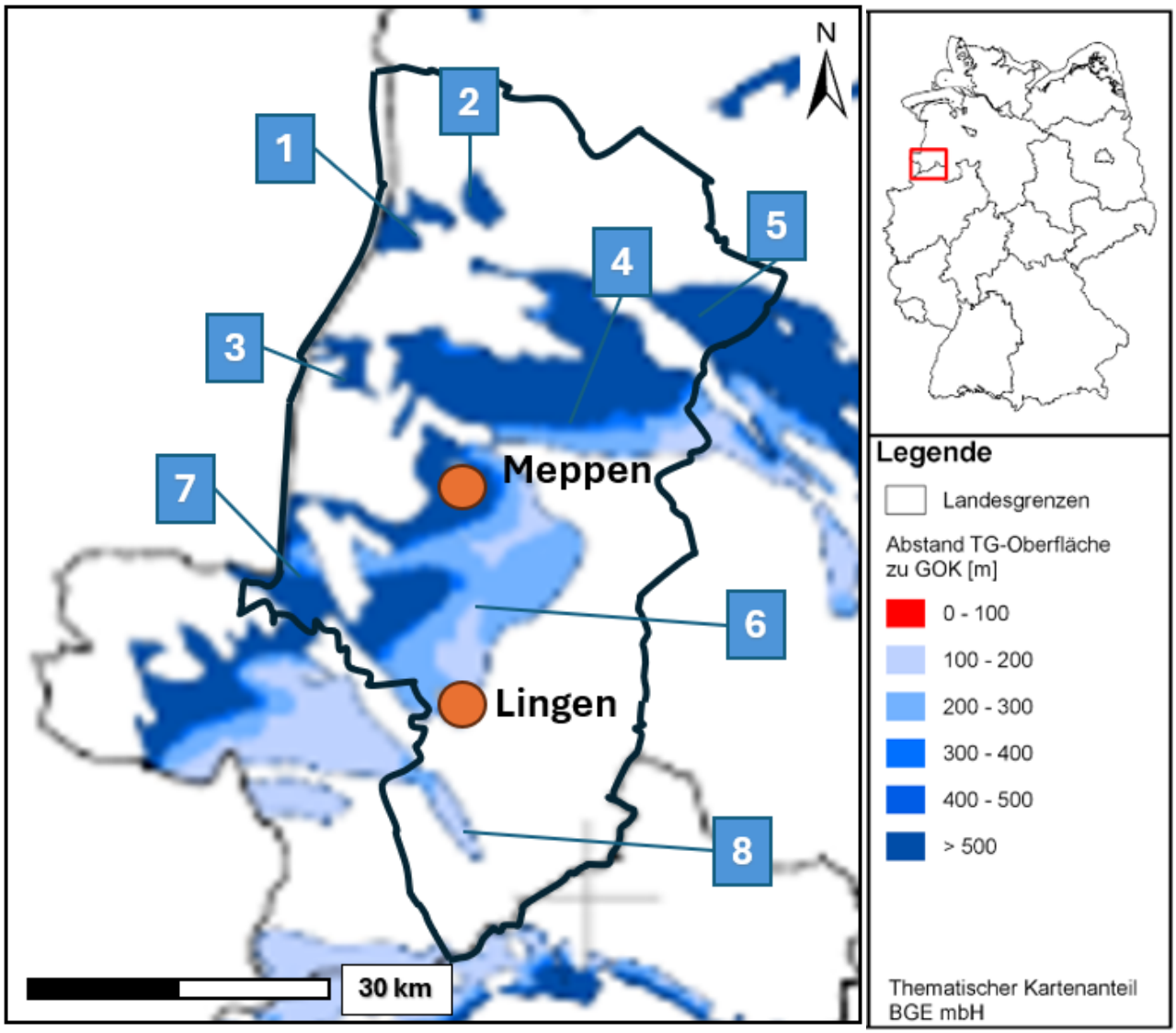


Quelle: (BGE 2021), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland. Roter Stern: Ungefähre Position der ausgewerteten Bohrungen, A2: Apeldorn Z2; D1: Dalum Z1; D5: Dalum Z5; L1: Lahn 1; R9: Rütenbrock 9Z; W1: Wettrup 1.

[47] Hinsichtlich der *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* gilt die Mindestanforderung an den Gebirgsbereich, der den ewG aufnehmen muss, eine Mindestmächtigkeit von 100 Metern (vgl. siehe Kapitel 2.2).

Hinsichtlich der Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich*[48] ist anhand der ergänzenden Kartendarstellungen der BGE anzunehmen, dass die drei Segmente in ihrer Gesamtheit (tief dunkelblaue Flächen, Tiefen >500 Metern) die Mindestanforderung erfüllen (Abbildung 5-15).

Abbildung 5-15: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 007



Quelle: (BGE 2021), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland.

Die ergänzenden Kartendarstellungen der BGE geben keine Hinweise hinsichtlich der tatsächlichen Anwesenheit der geeigneten Wirtsgesteine darauf, die zur Erfüllung der Mindestanforderungen der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* beitragen würden. Daher wurde zusätzlich stichprobenartig das Schichtenverzeichnis der Tiefenbohrung Rütenbrock 9Z ausgewertet

[48] Hinsichtlich der *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* gilt die Mindestanforderung im Tongestein, dass der ewG mindestens Tiefen von mehr als 300 m unter GOK erreichen muss (vgl. siehe Kapitel 2.2).

(Abbildung 5-14). Das Schichtenverzeichnis macht Angaben darüber, dass die gesuchten stratigraphischen Einheiten (Unterkreide) angetroffen wurden, gibt aber keine Hinweise zu den vorgefundenen Lithologien[49] (Tabelle 5-5). Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der flächendeckenden Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein mit der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* bzw. den von der BGE bevorzugten Formationen (vgl. siehe Kapitel 3.1) treffen.

Tabelle 5-5: Relevante Bohrungen für die Segmente des Teilgebietes 007

Bohrung	Endteufe [m]	Zielhorizont [m]			
		Top	Basis	Mächtigkeit des ewG	Beschreibung
Apeldorn Z2	4.310	465	832	367	Unterkreide
Dalum Z1	3.112	575	1.368	793	Unterkreide
Dalum Z5	3.683	653	1.634	847	Unterkreide
Lahn 1	1.545	685	1.251	566	Unterkreide
Rütenbrock 9Z	1.600	1.228	1.409	181	Unterkreide
Wettrup 1	1.136	258	1.136	878	Unterkreide

Quelle: Eigene Darstellung. Öko-Institut Consult GmbH

Abschließend zeigt die Überschneidung von günstiger Teufe (>600 m Tiefe) und Mächtigkeit (>300 m), dass für die drei Segmente keine günstigen Kombinationen vorliegen (Abbildung 5-16). Daher ist anzunehmen, dass die Segmente 1, 2 und 3 des Teilgebietes 007 im Landkreis Emsland bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU die beiden ersten Prüfschritte nicht überstehen und voraussichtlich mit einer Einordnung in Kategorie D bzw. C zu rechnen ist.

Das **Segmente 4** erstreckt sich südlich von der Stadt Lathen in der Mitte des Landkreises bis nach Osten über die Landkreisgrenze zum Landkreis Cloppenburg hinaus (Abbildung 5-13). Auf der Seite des Landkreises Emsland weist das Segment eine Fläche von ungefähr 340 km^2 auf und erfüllt somit die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*.

Bei der Betrachtung des Kartenmaterials der BGE „Ergänzende Kartendarstellungen zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG“ der BGE (BGE 2021) zeigt sich, dass nahezu die gesamte Fläche des Segments Mächtigkeiten von mehr als 300 Metern aufweist (Abbildung 5-14). Nur in den äußeren Randbereichen dünnen die Mächtigkeiten auf 200 – 300 Metern bzw. auf unter 200 Metern aus. Demnach ist anzunehmen, das nahezu das gesamte Segment die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* erfüllt.

Hinsichtlich der Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* ist anhand der ergänzenden Kartendarstellungen der BGE anzunehmen, dass ebenfalls weite Teile (dunkelblaue Flächen, Tiefen >300 Metern) die Mindestanforderung erfüllen (Abbildung 5-15). Nur

[49] In der Geologie beschreibt die Lithologie die Gesteinsbeschreibung und -klassifikation nach ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften unabhängig von Alter oder Entstehungsgeschichte (z.B. Tongestein, Steinsalz, Sandstein, etc.)

im Übergangsbereich in Richtung Landkreis Osnabrück liegen die Schichten der Unterkreide flacher. Dies ist jedoch nicht gleichbedeutend mit der Nichterfüllung der Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich*, wenn ausreichend große Mächtigkeiten der Unterkreide vorliegen, so dass auch ein ewG mit minimaler Teufe von über 300 Metern in ausreichender Tiefe gefunden werden kann.

Die ergänzenden Kartendarstellungen der BGE geben keine Hinweise hinsichtlich der tatsächlichen Anwesenheit der geeigneten Wirtsgesteine, die zur Erfüllung der Mindestanforderungen der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* maßgeblich sind. Daher wurden zusätzlich stichprobenartig die Schichtenverzeichnisse der Tiefenbohrungen Apeldorn Z2 und Lahn 1 ausgewertet (Abbildung 5-14). Die Schichtenverzeichnisse machen Angaben darüber, dass die gesuchten stratigraphischen Einheiten (Unterkreide) mit großen Mächtigkeiten angetroffen wurden, geben aber keine Hinweise zu den vorgefundenen Lithologien (Tabelle 5-5). Somit lässt sich dennoch keine gesicherte Aussage bezüglich der flächendeckenden Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein mit der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* bzw. den von der BGE bevorzugten Formationen (vgl. siehe Kapitel 3.1) treffen.

Abschließend ist anzunehmen, dass für das Segment 4 des Teilgebietes 007 im Landkreis Emsland bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU in Zukunft große Bereiche des inneren Kerns des Segments ausgewiesen werden – sofern dort die der BGE bevorzugten Lithologien angetroffen werden. Abbildung 5-16 zeigt für diese Bereiche (grüne Flächen) durch die Überschneidung von günstiger Teufe (>600 m Tiefe) und Mächtigkeit (>300 m) eine aussichtsreiche Konstellation. Diese Bereiche könnten innerhalb der Durchführung der rvSU die ersten beiden Prüfschritte überstehen. Da im Rahmen dieser beiden Prüfschritte jedoch auch weitere Kriterien zum Einsatz kommen, lässt sich diesbezüglich keine gesicherte Aussage treffen.

Das **Segment 5** liegt im äußersten Nordosten des Landkreises und erstreckt sich über die Landkreisgrenze zum Landkreis Cloppenburg hinweg nach Osten (Abbildung 5-13). Auf der Seite des Landkreises Emsland weist das Segment eine Fläche von ungefähr 62 km^2 auf und erfüllt somit die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*.

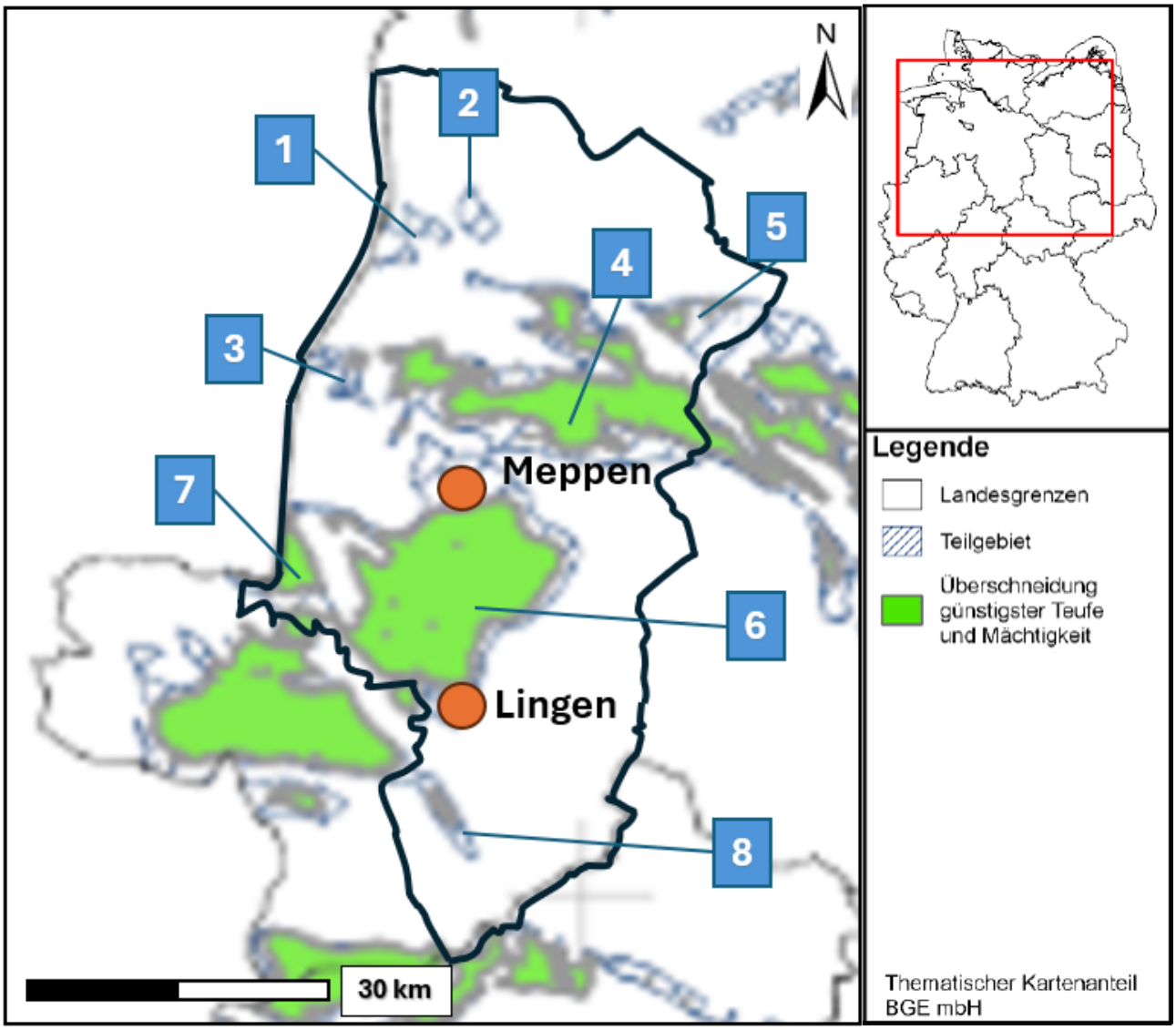
Bei der Betrachtung des Kartenmaterials der BGE „Ergänzende Kartendarstellungen zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG“ der BGE (BGE 2021) zeigt sich, dass große Bereiche des Segments Mächtigkeiten von 200 – 300 Metern aufweisen (Abbildung 5-14). Nach Osten hin dünnen die Mächtigkeiten auf unter 200 Metern aus. Nach Westen hin nehmen die Mächtigkeiten auf über 300 Meter zu. Demnach ist anzunehmen, das große Bereiche des Segments die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* erfüllen.

Hinsichtlich der Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* ist anhand der ergänzenden Kartendarstellungen der BGE anzunehmen, dass nahezu das gesamte Segment (tief dunkelblaue Flächen, Tiefen >500 Metern) die Mindestanforderung erfüllt (Abbildung 5-15).

Die ergänzenden Kartendarstellungen der BGE geben keine Hinweise hinsichtlich der tatsächlichen Anwesenheit der geeigneten Wirtsgesteine, die zur Erfüllung der Mindestanforderungen der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* maßgeblich sind. Es konnte keine geeigneten Tiefenbohrungen zur Auswertung herangezogen werden. Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der flächendeckenden Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein mit

der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* bzw. den von der BGE bevorzugten Formationen (Vgl. siehe Kapitel 3.1) treffen. Unter Berücksichtigung der Tiefenbohrung Lahn 1 können jedoch die Annahmen aus der Beschreibung von Segment 4 übernommen werden (Vgl. siehe Tabelle 5-5).

Abbildung 5-16: Detailansicht der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 007



Quelle: (BGE 2021), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland.

Abschließend ist nicht auszuschließen, dass für das Segment 5 des Teilgebietes 007 im Landkreis Emsland bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU, Teile des Segments weiterhin als geeignete Gebiete ausgewiesen werden – sofern dort die der BGE bevorzugten Lithologien angetroffen werden. Abbildung 5-16 zeigt nur für einen kleine Bereich im Westen des Segments (grüne Flächen) eine günstige Kombination durch Überschneidung von günstiger Teufe (>600 m Tiefe) und Mächtigkeit (>300 m). Dieser Bereiche könnten innerhalb der Durchführung der rvSU die ersten beiden Prüfschritte überstehen. Da im Rahmen dieser beiden Prüfschritte jedoch auch weitere Kriterien zum Einsatz kommen, lassen sich diesbezüglich keine gesicherten Aussagen treffen.

Das **Segment 6** befindet sich im Zentrum des Landkreises und reicht von nördlich der Kreisstadt Meppen bis südlich der Stadt Lingen (Abbildung 5-13). Das Segment weist eine Fläche von ungefähr 400 km^2 auf und erfüllt somit die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*.

Bei der Betrachtung des Kartenmaterials der BGE „Ergänzende Kartendarstellungen zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG“ der BGE (BGE 2021) zeigt sich, dass nahezu die gesamte Fläche des Segments Mächtigkeiten von mehr als 300 Metern aufweist (Abbildung 5-14). Nur in den äußeren Randbereichen und nördlich der Kreisstadt Meppen dünnen die Mächtigkeiten auf 200 – 300 Metern bzw. auf unter 200 Metern aus. Demnach ist anzunehmen, das nahezu das gesamte Segment die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* erfüllt.

Hinsichtlich der Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* ist anhand der ergänzenden Kartendarstellungen der BGE anzunehmen, dass die Bereiche um die Kreisstadt Meppen und am westlichen Rand des Segments westlich von Lingen (dunkelblaue Flächen, Tiefen >300 Metern) die Mindestanforderung erfüllen (Abbildung 5-15). Westlich der Nord-Süd-Achse von Meppen nach Lingen bis an die westliche Grenze des Segments weisen die ergänzenden Kartendarstellungen daraufhin, dass die hellblauen Bereiche des Segments in flachere Tiefen nah an die Erdoberfläche reichen. Dies ist jedoch nicht gleichbedeutend mit der Nichterfüllung der Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich*, wenn gleichzeitig ausreichend große Mächtigkeiten der Unterkreide vorliegen, so dass auch ein ewG mit minimaler Teufe von über 300 Metern in ausreichender Tiefe gefunden werden kann.

Die ergänzenden Kartendarstellungen der BGE geben keine Hinweise hinsichtlich der tatsächlichen Anwesenheit der geeigneten Wirtsgesteine, die zur Erfüllung der Mindestanforderungen der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* maßgeblich sind. Daher wurden zusätzlich stichprobenartig die Schichtenverzeichnisse der Tiefenbohrungen Dalum Z1, Dalum Z5 und Wettrup 1 ausgewertet (Abbildung 5-14). Die Schichtenverzeichnisse machen Angaben darüber, dass zwar die gesuchten stratigraphischen Einheiten (Unterkreide) in großen Mächtigkeiten (>750 m) angetroffen wurden, geben aber keine Hinweise zu den vorgefundenen Lithologien (Tabelle 5-5). Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der flächendeckenden Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein mit der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* bzw. den von der BGE bevorzugten Formationen (vgl. siehe Kapitel 3.1) treffen.

Abschließend ist anzunehmen, dass für das Segment 6 des Teilgebietes 007 im Landkreis Emsland bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU in Zukunft nahezu das gesamte Segment als geeignetes Gebiet ausgewiesen werden könnte – sofern dort die der BGE bevorzugten Lithologien angetroffen werden. Abbildung 5-16 zeigt für diese Bereiche (grüne Flächen) durch die Überschneidung von günstiger Teufe (>600 m Tiefe) und Mächtigkeit (>300 m) eine aussichtsreiche Konstellation. Diese Bereiche könnten innerhalb der Durchführung der rvSU die ersten beiden Prüfschritte überstehen. Da im Rahmen dieser beiden Prüfschritte jedoch auch weitere Kriterien zum Einsatz kommen, lässt sich diesbezüglich keine gesicherte Aussage treffen. Für die Flächen des Segments, die keine Überschneidung von günstiger Teufe und günstiger Mächtigkeit aufweisen, ist mit einer Einordnung in Kategorie D bzw. C innerhalb der ersten beiden Prüfschritte der rvSU zu rechnen.

Das **Segment 7** liegt im äußersten Südwesten des Landkreises an der Grenze zu den Niederlanden und zieht sich südlich über die Landkreisgrenze bis in die Grafschaft Bentheim (Abbildung 5-13). Auf

der Seite des Landkreises Emsland weist das Segment eine Fläche von ungefähr 50 km^2 auf und erfüllt somit die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*.

Bei der Betrachtung des Kartenmaterials der BGE „Ergänzende Kartendarstellungen zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG“ der BGE (BGE 2021) zeigt sich, dass große Bereiche des Segments Mächtigkeiten von über 300 Meter aufweisen (Abbildung 5-14). Das Segment wird in der Mitte von einem Bereich durchzogen, indem geringere Mächtigkeiten von 200 – 300 Metern bzw. unter 200 Metern auftreten. Es ist anzunehmen, das große Bereiche des Segments die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* erfüllen.

Hinsichtlich der Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* ist anhand der ergänzenden Kartendarstellungen der BGE anzunehmen, dass nahezu das gesamte Segment (dunkelblaue Flächen, Tiefen >300 Metern) die Mindestanforderung erfüllt (Abbildung 5-15).

Die ergänzenden Kartendarstellungen der BGE geben keine Hinweise hinsichtlich der tatsächlichen Anwesenheit der geeigneten Wirtsgesteine, die zur Erfüllung der Mindestanforderungen der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* maßgeblich sind. Es konnte keine geeigneten Tiefenbohrungen zur Auswertung herangezogen werden. Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der flächendeckenden Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein mit der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* bzw. den von der BGE bevorzugten Formationen (vgl. siehe Kapitel 3.1) treffen. Unter Berücksichtigung der Tiefenbohrung Lahn 1 können jedoch die Annahmen aus der Beschreibung von Segment 4 übernommen werden (vgl. siehe Tabelle 5-5).

Abschließend ist nicht auszuschließen, dass für das Segment 5 des Teilgebietes 007 im Landkreis Emsland bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU, Teile des Segments ausgewiesen werden – sofern dort die der BGE bevorzugten Lithologien angetroffen werden. Abbildung 5-16 zeigt für einen großen Bereich des Segments (grüne Flächen) durch die Überschneidung von günstiger Teufe (>600 m Tiefe) und Mächtigkeit (>300 m) eine aussichtsreiche Konstellation. Teile des Bereiches könnten innerhalb der Durchführung der rvSU die ersten beiden Prüfschritte überstehen. Da im Rahmen dieser beiden Prüfschritte jedoch auch weitere Kriterien zum Einsatz kommen, lassen sich diesbezüglich keine gesicherten Aussagen treffen. Für die Flächen des Segments, die keine Überschneidung von günstiger Teufe und günstiger Mächtigkeit aufweisen, ist mit einer Einordnung in Kategorie D bzw. C innerhalb der ersten beiden Prüfschritte der rvSU zu rechnen.

Das **Segment 8** liegt südlich der Stadt Lingen im Südwesten des Landkreises und bildet einen dünnen Ausläufer des Teilgebiets im Landkreis Emsland. Der wesentlich größere Teil des Segments liegt in der Grafschaft Bentheim (Abbildung 5-13). Auf der Seite des Landkreises Emsland weist das Segment eine Fläche von ungefähr 23 km^2 auf und erfüllt somit die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*.

Bei der Betrachtung des Kartenmaterials der BGE „Ergänzende Kartendarstellungen zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG“ der BGE (BGE 2021) zeigt sich, dass ein kleiner Kern im Segment Mächtigkeiten von 300 Meter aufweist (Abbildung 5-14). Die Mächtigkeiten in den Randbereichen bewegen sich in zwischen 200 – 300 Metern bzw. unter 200 Metern. Es ist nicht auszuschließen, dass Bereiche des Segments die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich*

erfüllen. Inwiefern diese Bereiche dann noch die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers* erfüllen, bleibt offen.

Hinsichtlich der Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* ist anhand der ergänzenden Kartendarstellungen der BGE anzunehmen, dass nahezu das gesamte Segment (hellblaue Flächen, Tiefen 100 – 200 Metern) die Mindestanforderung nicht erfüllt (Abbildung 5-15).

Die ergänzenden Kartendarstellungen der BGE geben keine Hinweise hinsichtlich der tatsächlichen Anwesenheit der geeigneten Wirtsgesteine, die zur Erfüllung der Mindestanforderungen der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* maßgeblich sind. Es konnte keine geeigneten Tiefenbohrungen zur Auswertung herangezogen werden. Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der flächendeckenden Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein mit der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* bzw. den von der BGE bevorzugten Formationen (vgl. siehe Kapitel 3.1) treffen.

Abschließend ist nicht auszuschließen, dass für das Segment 7 des Teilgebietes 007 im Landkreis Emsland bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU, weiterhin Teile des Segments als geeignete Gebiete ausgewiesen werden – sofern dort die der BGE bevorzugten Lithologien angetroffen werden. Abbildung 5-16 zeigt für das Segments (grüne Flächen) keine bzw. eine sehr geringe günstige Kombination durch Überschneidung von günstiger Teufe (>600 m Tiefe) und Mächtigkeit (>300 m). Aufgrund der Gegebenheiten ist für das Segment 7 mit einer Einordnung in Kategorie D bzw. C innerhalb der ersten beiden Prüfschritte der rvSU zu rechnen.

5.5 Teilgebiet 076_03: Steinsalz in stratiformer Lagerung des Rötsalinars (oberer Bundsandstein) der Untertrias

Das Teilgebiet 076_03 umfasst, wie in Kapitel 3.2 dargestellt, Steinsalz in stratiformer Lagerung des Rötsalinars (oberer Buntsandstein) der Untertrias und erstreckt sich auf einer Fläche von 459 km^2 über eine große Fläche von Niedersachsen (vgl. siehe Abbildung 3-10).

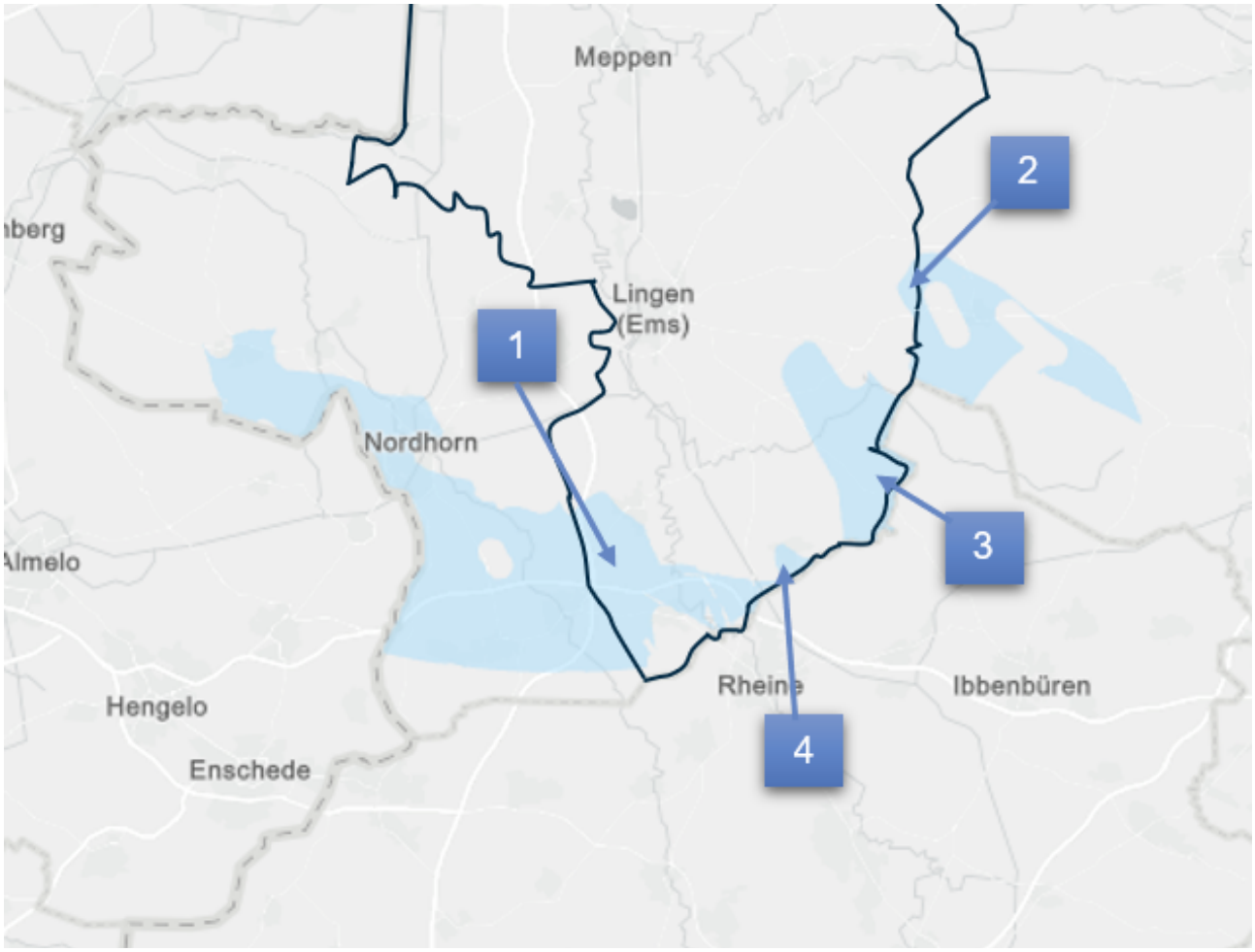
Die Angaben zur Anwendung der Mindestanforderungen im ZB TG beziehen sich auf das gesamte Teilgebiet. Nach dem IG-Steckbrief (BGE 2020o) wird die Mächtigkeit mit maximal 1.010 m angegeben, die „Teufenlage der Basisfläche“ mit 500 – 1.500 m und die Gesamtfläche mit 459 km^2 (Tabelle 5-1). Damit erfüllt das Teilgebiet allgemein die Mindestanforderungen hinsichtlich des Flächenbedarfs, der Teufenlage und der Mächtigkeit. Die Methodik zur Anwendung der Mindestanforderungen erscheint, bezogen auf das Teilgebiet 076_03, generell nachvollziehbar.

Abbildung 5-17 zeigt die geographische Lage der vier Segmente des Teilgebiet 076_03 im Landkreis Emsland in der Detailansicht. Um die Anwendung der Mindestanforderungen auf die Segmente des Teilgebietes 076_03 im Landkreis Emsland einzuschätzen, werden im Folgenden die Segmente einzeln vorgestellt und hinsichtlich der Bewertung der BGE zur Erfüllung der Mindestanforderungen eingeordnet.

Das Segment 1 befindet sich im äußersten Südwesten des Landkreises und zieht sich von der benachbarten Grafschaft Bentheim im Westen in den Landkreis Emsland bis zu Gemeinde Spelle hinein (Abbildung 5-17). Auf der Seite des Landkreises Emsland weist das Segment eine Fläche von

ungefähr 70 km² auf und erfüllt somit die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*[50].

Abbildung 5-17: Geographische Lage der Segmente des Teilgebiet 076_03 im Landkreis Emsland



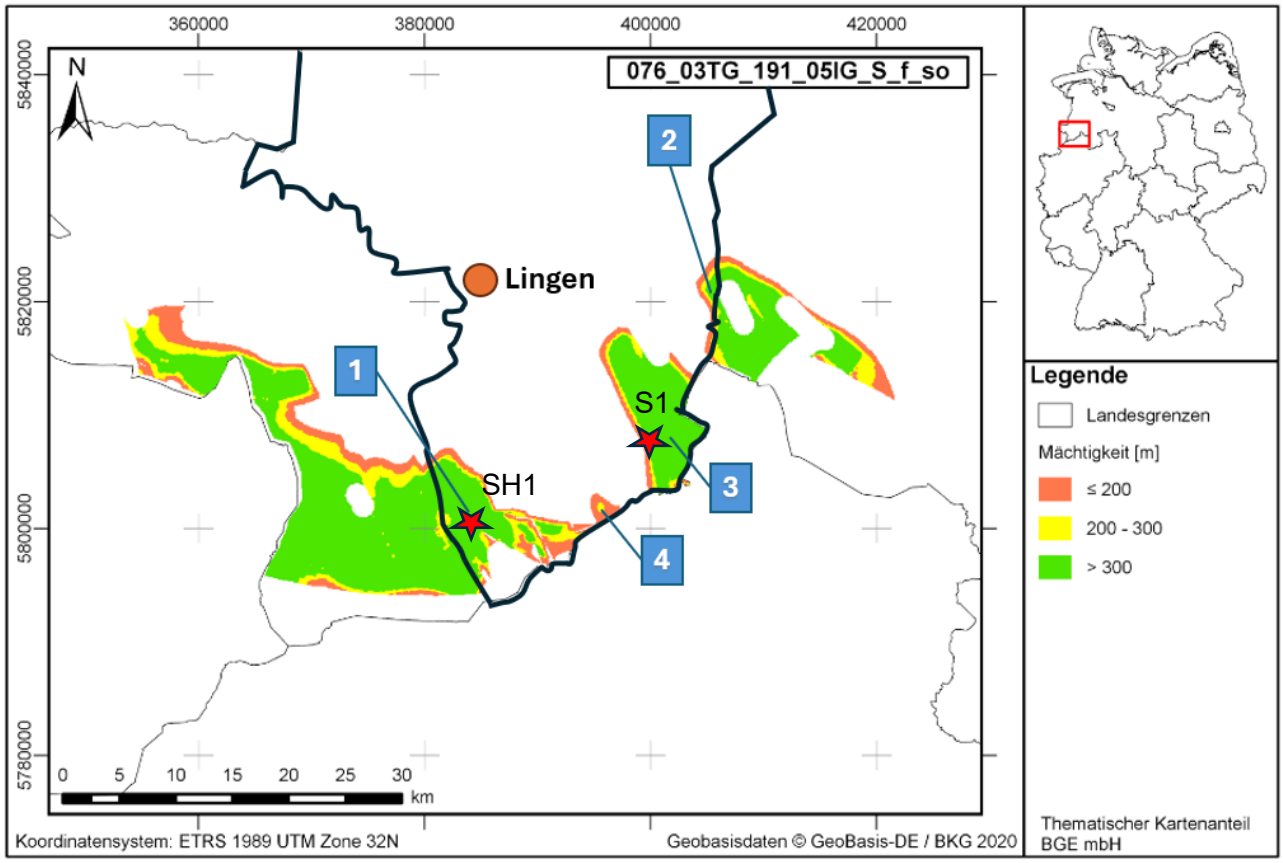
Quelle: (BGE 2020h), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland. Die nummerierte Box definiert das Segment des Teilgebietes im Landkreis Emsland. Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus Abbildung 3-10.

Bei der Betrachtung des Kartenmaterials der BGE „Ergänzende Kartendarstellungen zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG“ der BGE (BGE 2021) zeigt sich, dass im westlichen Teil des Segments nahe zu das gesamte Segment Mächtigkeiten von mehr als 300 Metern aufweist (Abbildung 5-18). In den Randbereichen und im östlichen Teil in Richtung der Gemeinde Spelle dünnen die Mächtigkeiten auf 200 -300 Metern bzw. auf unter 200 Metern aus. Es ist anzunehmen, das weite Teile des Segments die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich*[51] erfüllen.

[50] Hinsichtlich der *Fläche des Endlagers* gilt für Steinsalz in stratiformer Lagerung die Mindestanforderung bei einer horizontalen Ausdehnung von 10 km² (vgl. siehe Kapitel 2.2).

[51] Hinsichtlich der *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* gilt die Mindestanforderung an den Gebirgsbereich, der den ewG aufnehmen muss, eine Mindestmächtigkeit von 100 Metern (vgl. siehe Kapitel 2.2).

Abbildung 5-18: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3 StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 076_03



Quelle: verändert nach (BGE 2021), ergänzt um Grenzen des Landkreises Emsland. Roter Stern: Ungefähre Position der ausgewerteten Bohrungen, SH1: Salzbergen-Heidfeld 1; S1: Schale Z1.

Hinsichtlich der Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich*[52] ist anhand der ergänzenden Kartendarstellungen der BGE anzunehmen, dass ebenfalls das gesamte Segment (tief dunkelblaue Flächen, Tiefen >500 Metern) die Mindestanforderung erfüllt (Abbildung 5-19).

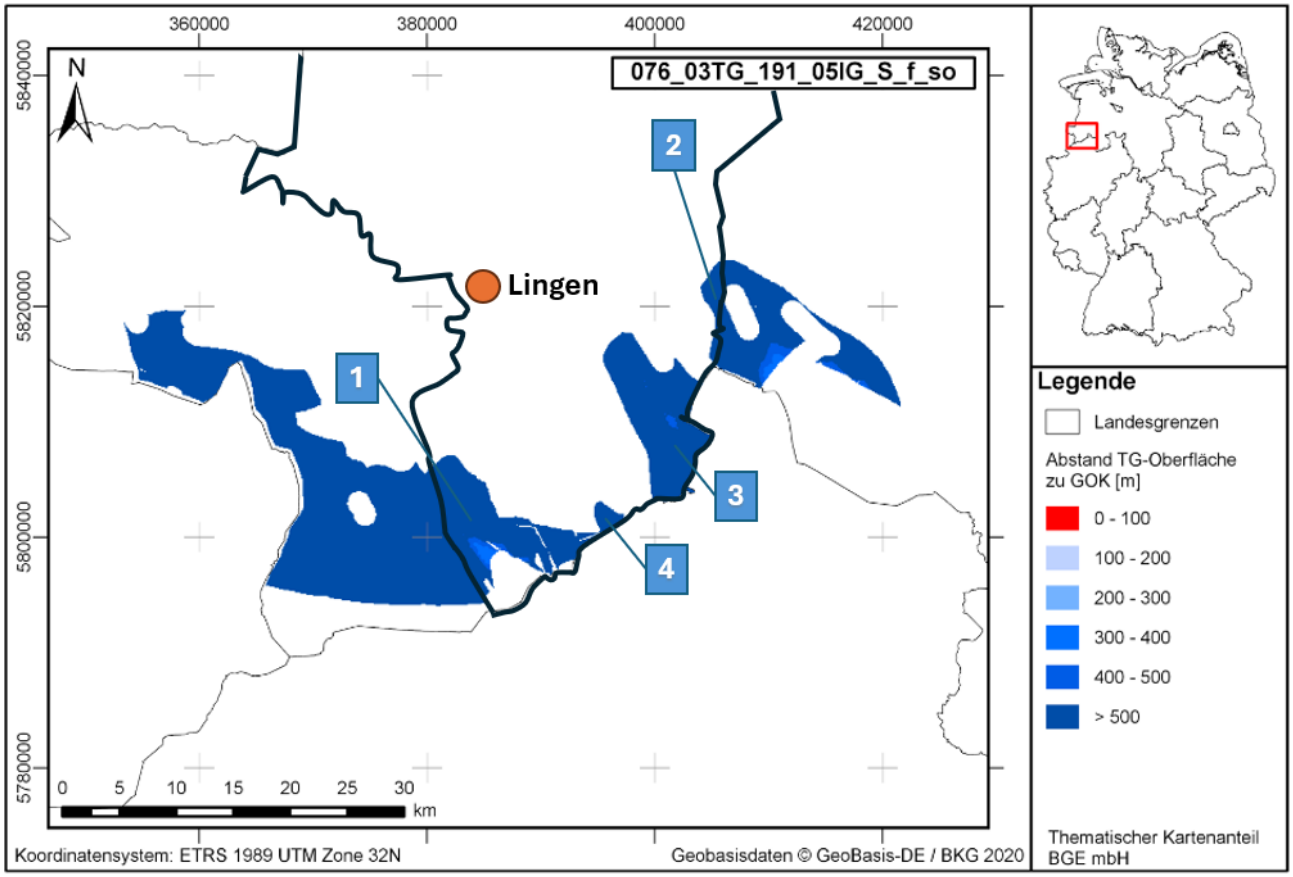
Die ergänzenden Kartendarstellungen der BGE geben keine Hinweise hinsichtlich der tatsächlichen Anwesenheit der geeigneten Wirtsgesteine, die zur Erfüllung der Mindestanforderungen der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* maßgeblich sind. Daher wurde zusätzlich stichprobenartig das Schichtenverzeichnis der Tiefenbohrung Salzbergen-Heidfeld 1 ausgewertet (Abbildung 5-18). Das Schichtenverzeichnis macht Angaben darüber, dass die gesuchten stratigraphischen Einheiten (Rötsalinar) angetroffen wurden. Aus der Tiefenbohrung lassen sich jedoch keine Hinweise auf die vorgefundenen Lithologien[53] ableiten (Tabelle 5-6). Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der flächendeckenden Anwesenheit des

[52] Hinsichtlich der *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* gilt die Mindestanforderung im Steinsalz in stratiformer Lagerung, dass der ewG mindestens Tiefen von mehr als 300 m unter GOK erreichen muss (vgl. siehe Kapitel 2.2).

[53] In der Geologie beschreibt die Lithologie die Gesteinsbeschreibung und -klassifikation nach ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften unabhängig von Alter oder Entstehungsgeschichte (z.B. Tongestein, Steinsalz, Sandstein, etc.)

Wirtsgesteins Tonstein mit der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* bzw. den von der BGE bevorzugten Formationen (vgl. siehe Kapitel 3.2) treffen. Darüber hinaus zeigt die Tiefenbohrung, dass die gesuchten stratigraphischen Einheiten im Bereich der Bohrung in großer Tiefe (>1.500 m) vorliegen und somit nicht mehr im von der BGE betrachteten Tiefenbereich (300 – 1.500 m) liegen. Sollte das Rötsalinar im gesamten Segment in Tiefen über 1.500 Metern aufzufinden sein, kann für diese Bereiche kein ewG ausgewiesen werden.

Abbildung 5-19: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 076_03



Quelle: verändert nach (BGE 2021), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland.

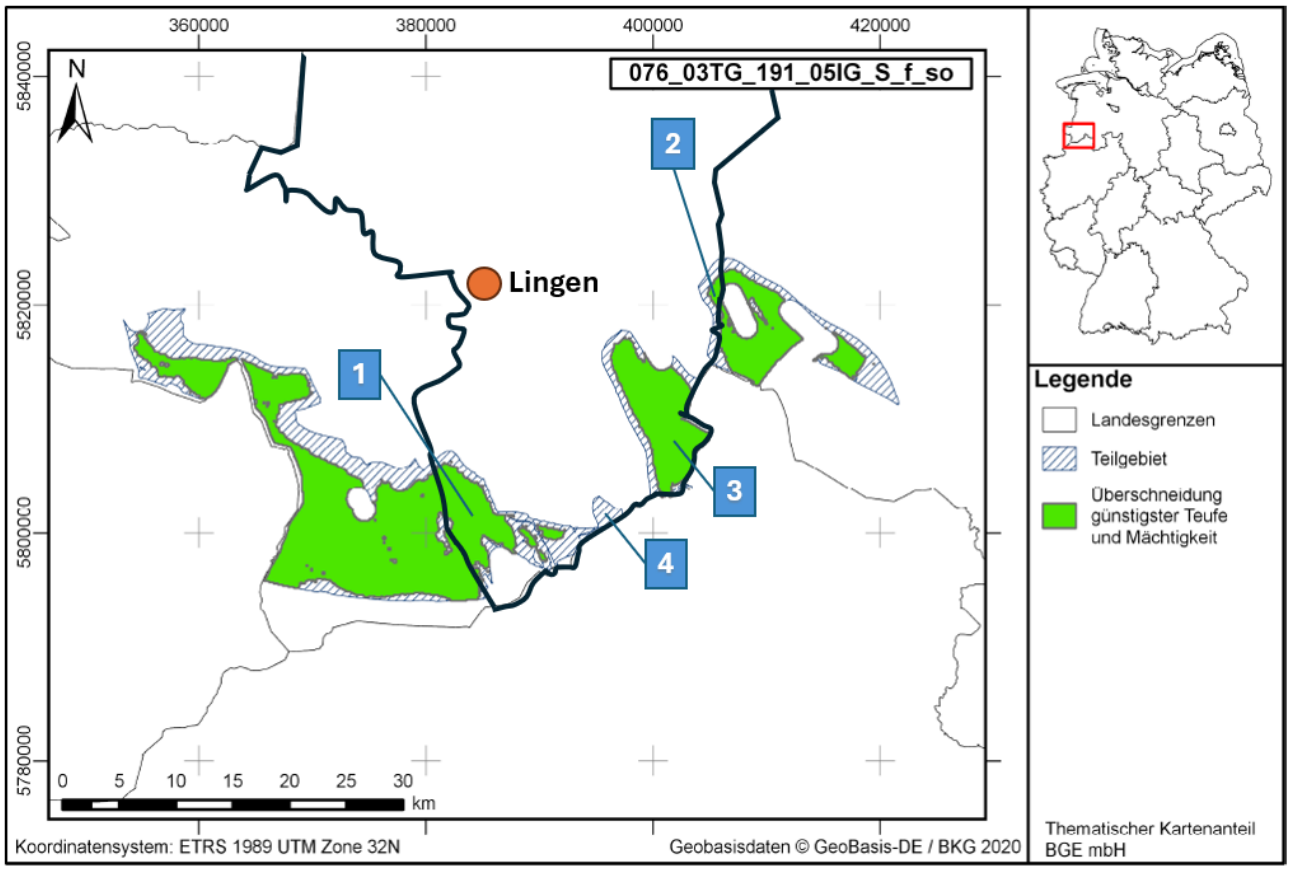
Tabelle 5-6: Relevante Bohrungen für die Segmente des Teilgebietes 076_03

Bohrung	Endteufe [m]	Zielhorizont [m]			
		Top	Basis	Mächtigkeit des ewG	Beschreibung
Salzbergen-Heidfeld 1	1.727	1.535	1.600	-	Rötsalinar
Schale Z1	3.412	1.718	1.873	-	Rötsalinar

Quelle: Eigene Darstellung. Öko-Institut Consult GmbH

Abschließend ist daher anzunehmen, dass das Segment 1 des Teilgebietes 076_03 im Landkreis Emsland bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU in Zukunft nicht mehr als geeignetes Gebiet ausgewiesen wird. Abbildung 5-20 zeigt für diese Bereiche (grüne Flächen) zwar durch die Überschneidung von günstiger Teufe (>600 m Tiefe) und Mächtigkeit (>300 m) eine aussichtsreiche Konstellation, womit diese Bereiche innerhalb der Durchführung der rvSU die ersten beiden Prüfschritte überstehen könnten. Da im Rahmen dieser beiden Prüfschritte jedoch auch weitere Kriterien zum Einsatz kommen, lässt sich diesbezüglich keine gesicherte Aussage treffen. In der Gesamtheit der Gegebenheiten ist eher mit einer Einordnung in Kategorie D bzw. C innerhalb der ersten beiden Prüfschritte der rvSU zu rechnen.

Abbildung 5-20: Detailansicht der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 0076_03



Quelle: (BGE 2021), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland.

Die **Segmente 2** und **4** befinden sich am äußersten östlichen bzw. südöstlichen Rand direkt an der Landkreisgrenze in Richtung Landkreis Osnabrück bzw. nach Nordrhein-Westfalen (Abbildung 5-17). Auf der Seite des Landkreises Emsland weisen die Segmente Flächen von ungefähr 9 km^2 (Segment 2) bzw. 4 km^2 (Segment 4) auf und erfüllen somit beide nicht die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*.

Bei der Betrachtung des Kartenmaterials der BGE „Ergänzende Kartendarstellungen zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG“ der BGE (BGE 2021) zeigt sich, dass in beiden Segmenten Mächtigkeiten auftreten, die für die für die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich*

ausreichen, diese jedoch nochmal deutlich kleiner sind, als die Fläche der Segmente ohnehin schon ist (Abbildung 5-18).

Hinsichtlich der Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* ist anhand der ergänzenden Kartendarstellungen der BGE anzunehmen, dass beide Segmente (tief dunkelblaue Flächen, Tiefen >500 Metern) die Mindestanforderung erfüllen (Abbildung 5-19).

Die ergänzenden Kartendarstellungen der BGE geben keine Hinweise hinsichtlich der tatsächlichen Anwesenheit der geeigneten Wirtsgesteine, die zur Erfüllung der Mindestanforderungen der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* maßgeblich sind. Für beide Segmente wurden keine geeigneten Tiefenbohrungen ausgewertet. Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der flächendeckenden Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein mit der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* bzw. den von der BGE bevorzugten Formationen (vgl. siehe Kapitel 3.2) treffen.

Abschließend ist anzunehmen, dass beide Segmente des Teilgebietes 076_03 im Landkreis Emsland bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU in Zukunft nicht mehr als geeignete Gebiete ausgewiesen werden. Abbildung 5-20 zeigt für beide Segmente (grüne Flächen) durch die Überschneidung von günstiger Teufe (>600 m Tiefe) und Mächtigkeit (>300 m) nur geringe Flächen mit aussichtsreicher Konstellation, die aller Voraussicht nach nicht die ersten beiden Prüfschritte innerhalb der Durchführung der rvSU überstehen. In der Gesamtheit der Gegebenheiten ist daher mit einer Einordnung in Kategorie D bzw. C innerhalb der ersten beiden Prüfschritte der rvSU zu rechnen.

Das Segment 3 befindet sich im äußersten Südosten des Landkreises nordöstlich und südöstlich der Gemeinde Beesten (Abbildung 5-17). Das Segment weist eine Fläche von ungefähr 70 km^2 auf und erfüllt somit die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*.

Bei der Betrachtung des Kartenmaterials der BGE „Ergänzende Kartendarstellungen zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG“ der BGE (BGE 2021) zeigt sich, dass der Großteil des Segments Mächtigkeiten von mehr als 300 Metern aufweist (Abbildung 5-18). Nur in den Randbereichen dünnen die Mächtigkeiten auf 200 -300 Metern bzw. auf unter 200 Metern aus. Es ist anzunehmen, das weite Teile des Segments die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* erfüllen.

Hinsichtlich der Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* ist anhand der ergänzenden Kartendarstellungen der BGE anzunehmen, dass ebenfalls das gesamte Segment (tief dunkelblaue Flächen, Tiefen >500 Metern) die Mindestanforderung erfüllt (Abbildung 5-19).

Die ergänzenden Kartendarstellungen der BGE geben keine Hinweise hinsichtlich der tatsächlichen Anwesenheit der geeigneten Wirtsgesteine, die zur Erfüllung der Mindestanforderungen der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* maßgeblich sind. Daher wurde zusätzlich stichprobenartig das Schichtenverzeichnis der Tiefenbohrung Schale Z1 ausgewertet (Abbildung 5-18). Das Schichtenverzeichnis macht Angaben darüber, dass die gesuchten stratigraphischen Einheiten (Rötsalinar) angetroffen wurden. Aus der Tiefenbohrung lassen sich jedoch keine Hinweise auf die Qualität der vorgefundenen Lithologie ableiten (Tabelle 5-6). Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der flächendeckenden Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein mit der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung*

bzw. den von der BGE bevorzugten Formationen (vgl. siehe Kapitel 3.2) treffen. Darüber hinaus zeigt die Tiefenbohrung, dass die gesuchten stratigraphischen Einheiten im Bereich der Bohrung in großer Tiefe (>1.500 m) vorliegen und somit nicht mehr im von der BGE betrachteten Tiefenbereich (300 – 1.500 m) liegen. Sollte das Rötsalinar im gesamten Segment in Tiefen über 1.500 Metern aufzufinden sein, kann für diese Bereiche kein ewG ausgewiesen werden.

Abschließend ist daher anzunehmen, dass das Segment 3 des Teilgebietes 076_03 im Landkreis Emsland bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU in Zukunft nicht mehr als geeignetes Gebiet ausgewiesen wird. Abbildung 5-20 zeigt für diese Bereiche (grüne Flächen) zwar durch die Überschneidung von günstiger Teufe (>600 m Tiefe) und Mächtigkeit (>300 m) eine aussichtsreiche Konstellation, womit diese Bereiche innerhalb der Durchführung der rvSU die ersten beiden Prüfschritte überstehen könnten. Da im Rahmen dieser beiden Prüfschritte jedoch auch weitere Kriterien zum Einsatz kommen, lassen sich diesbezüglich keine gesicherten Aussagen treffen. In der Gesamtheit der Gegebenheiten ist daher mit einer Einordnung in Kategorie D bzw. C innerhalb der ersten beiden Prüfschritte der rvSU zu rechnen.

5.6 Teilgebiet 077: Steinsalz in stratiformer Lagerung des Malms (Oberjura)

Das Teilgebiet 077 umfasst, wie in Kapitel 3.2 dargestellt, Steinsalz in stratiformer Lagerung des Malms (Oberjura) und erstreckt sich auf einer Fläche von 4.992 km^2 über eine größere Fläche von Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen (vgl. siehe Abbildung 3-12).

Die Angaben zur Anwendung der Mindestanforderungen im ZB TG beziehen sich auf das gesamte Teilgebiet. Nach dem IG-Steckbrief (BGE 2020p) wird die Mächtigkeit mit maximal 1.200 m angegeben, die „Teufenlage der Basisfläche“ mit 400 – 1.500 m und die Gesamtfläche mit 4.992 km^2 (Tabelle 5-1). Damit erfüllt das Teilgebiet allgemein die Mindestanforderungen hinsichtlich des Flächenbedarfs, der Teufenlage und der Mächtigkeit. Die Methodik zur Anwendung der Mindestanforderungen ist, bezogen auf das Teilgebiet 077, generell nachvollziehbar.

Abbildung 5-21 zeigt die geographische Lage der vier Segmente des Teilgebiet 077 im Landkreis Emsland in der Detailansicht. Um die Anwendung der Mindestanforderungen auf die Segmente des Teilgebietes 077 im Landkreis Emsland einzuschätzen, werden im Folgenden die Segmente einzeln vorgestellt und hinsichtlich der Bewertung der BGE zur Erfüllung der Mindestanforderungen eingeordnet.

Das **Segment 1** befindet sich im äußersten Westen des Landkreises an der Bundesgrenze zu den Niederlanden (Abbildung 5-21). Das Segment weist eine Fläche von ungefähr 30 km^2 auf und erfüllt somit die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*[54].

[54] Hinsichtlich der *Fläche des Endlagers* gilt für Steinsalz in stratiformer Lagerung die Mindestanforderung bei einer horizontalen Ausdehnung von 10 km^2 (vgl. siehe Kapitel 2.2).

Abbildung 5-21: Geographische Lage der Segmente des Teilgebiet 077 im Landkreis Emsland

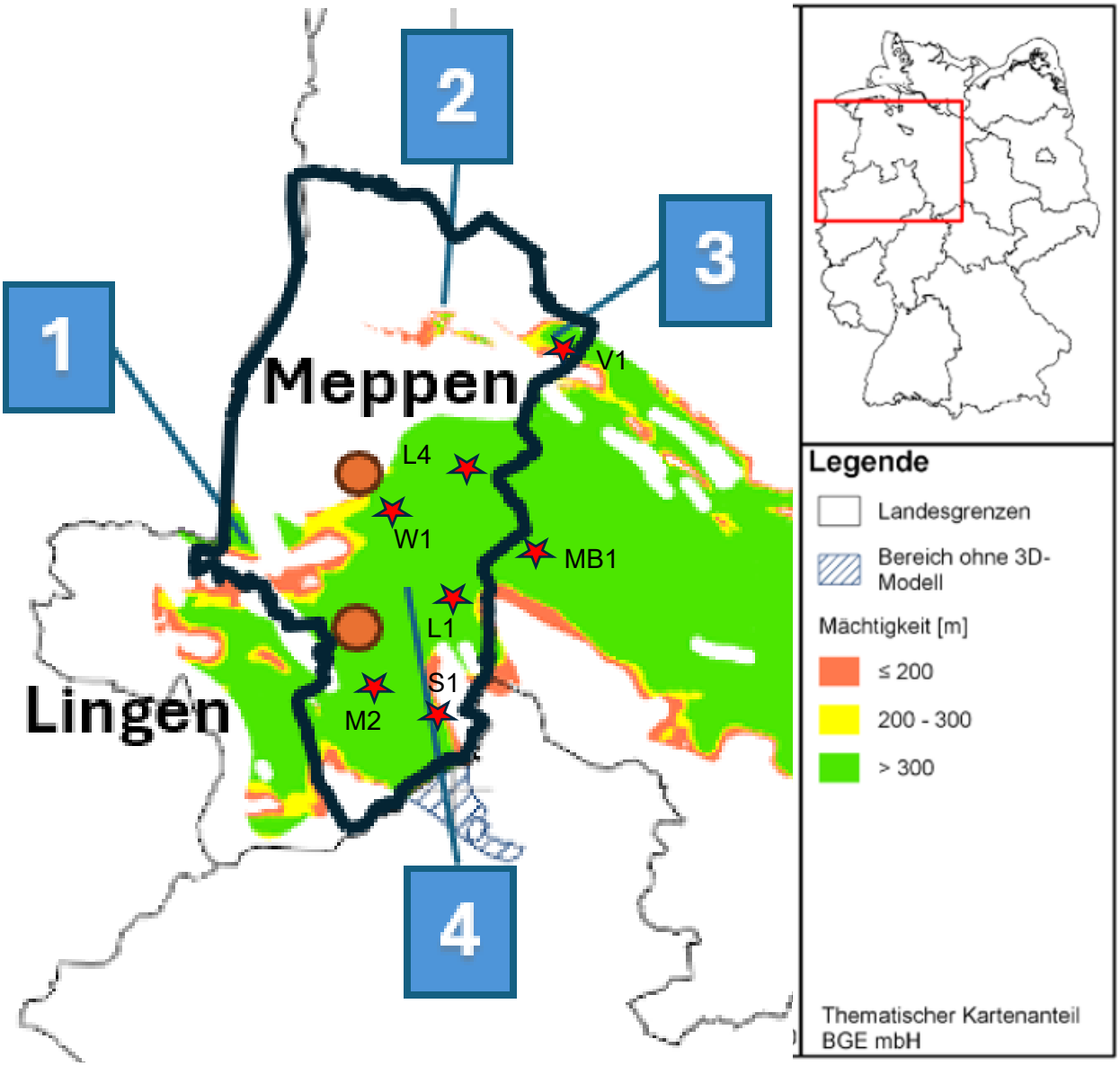


Quelle: (BGE 2020h), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland. Die nummerierte Box definiert das Segment des Teilgebietes im Landkreis Emsland. Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus Abbildung 3-12.

Bei der Betrachtung des Kartenmaterials der BGE „Ergänzende Kartendarstellungen zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG“ der BGE (BGE 2021) zeigt sich, dass der Großteil des Segments Mächtigkeiten von mehr als 300 Metern aufweist (Abbildung 5-22). Nur in den Randbereichen dünnen die Mächtigkeiten auf 200 -300 Metern bzw. auf unter 200 Metern aus. Es ist anzunehmen, das weite

Teile des Segments die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich*[55] erfüllen.

Abbildung 5-22: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3 StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 077



Quelle: (BGE 2021), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland. Roter Stern: Ungefähre Position der ausgewerteten Bohrungen, L1: Lengerich; L4: Lastrup 4; MB1: Menslage-Berge 1; M2: Messingen 2; S1: Schale Z1; V1: Vrees 1; W1: Wettrup 1.

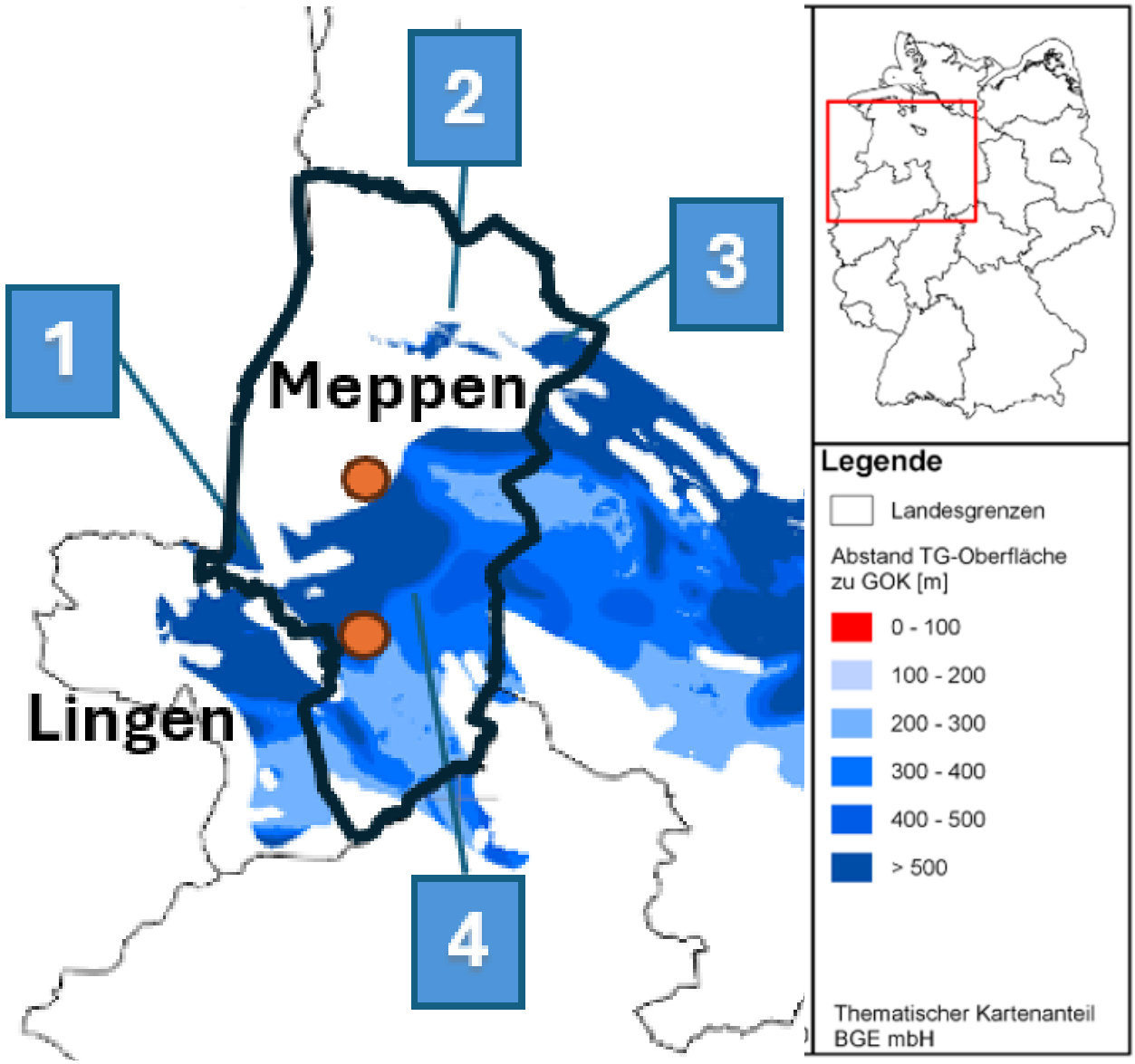
Hinsichtlich der Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich*[56] ist anhand der ergänzenden Kartendarstellungen der BGE anzunehmen, dass

[55] Hinsichtlich der *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* gilt die Mindestanforderung an den Gebirgsbereich, der den ewG aufnehmen muss, eine Mindestmächtigkeit von 100 Metern (vgl. siehe Kapitel 2.2).

[56] Hinsichtlich der *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* gilt die Mindestanforderung im Steinsalz in stratiformer Lagerung, dass der ewG mindestens Tiefen von mehr als 300 m unter GOK erreichen muss (vgl. siehe Kapitel 2.2).

ebenfalls das gesamte Segment (tief dunkelblaue Flächen, Tiefen >500 Metern) die Mindestanforderung erfüllt (Abbildung 5-23).

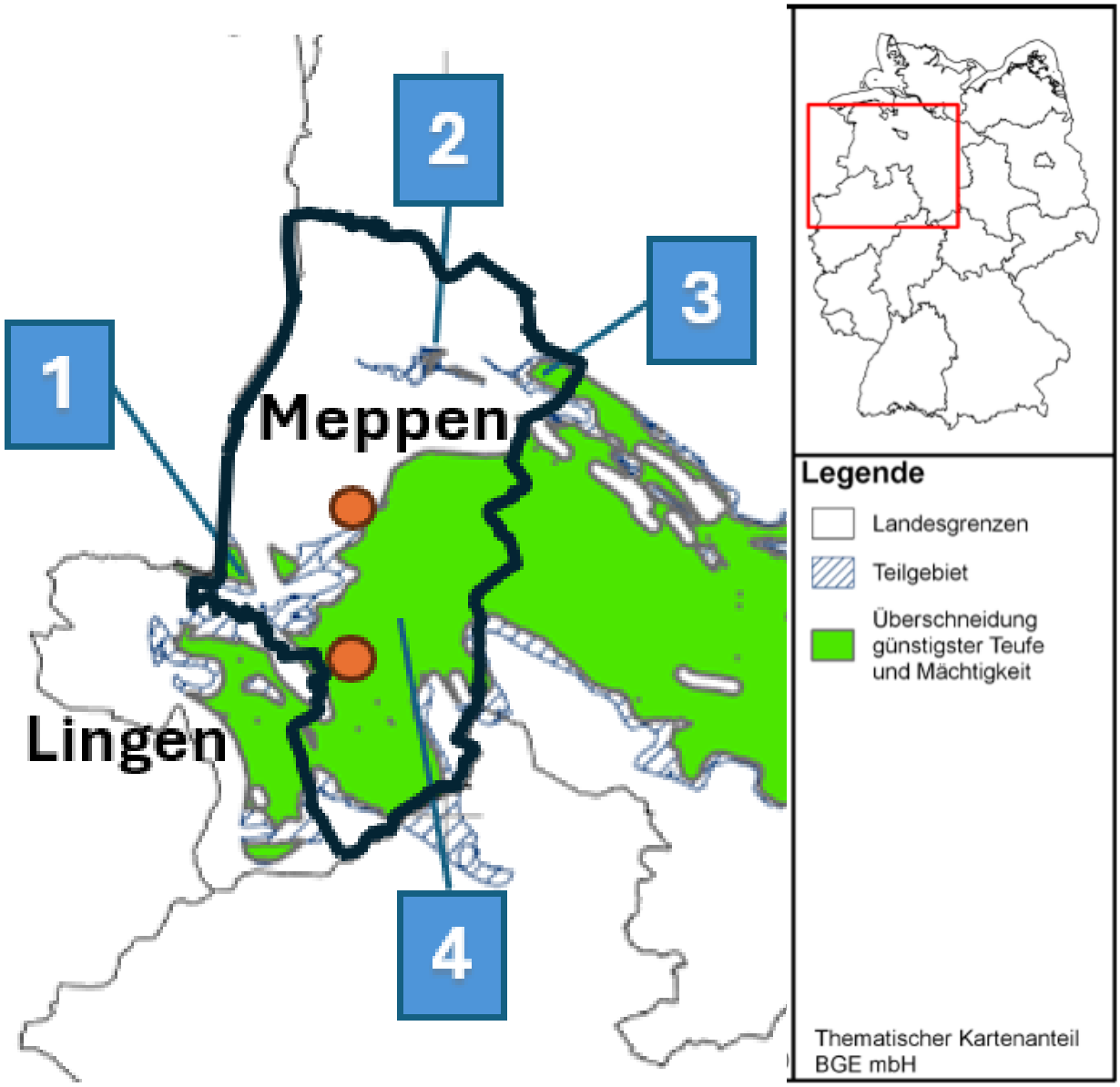
Abbildung 5-23: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 077



Quelle: (BGE 2021), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland.

Die ergänzenden Kartendarstellungen der BGE geben keine Hinweise hinsichtlich der tatsächlichen Anwesenheit der geeigneten Wirtsgesteine, die zur Erfüllung der Mindestanforderungen der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* maßgeblich sind. Für das Segment konnten keine geeigneten Tiefenbohrungen ausgewertet werden. Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der flächendeckenden Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein mit der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* bzw. den von der BGE bevorzugten Formationen (vgl. siehe Kapitel 3.2) treffen.

Abbildung 5-24: Detailansicht der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 077



Quelle: (BGE 2021), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland.

Abschließend ist nicht auszuschließen, dass das Segment 1 des Teilgebietes 077 im Landkreis Emsland bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU in Zukunft weiterhin als geeignetes Gebiet ausgewiesen wird. Abbildung 5-24 zeigt für das Segment Bereiche (grüne Flächen) mit Überschneidung von günstiger Teufe (>600 m Tiefe) und Mächtigkeit (>300 m). Dadurch könnte eine aussichtsreiche Konstellation vorhanden sein, womit diese Bereiche innerhalb der Durchführung der rvSU die ersten beiden Prüfschritte überstehen. Da im Rahmen dieser beiden Prüfschritte jedoch auch weitere Kriterien zum Einsatz kommen, lässt sich diesbezüglich keine gesicherte Aussage treffen.

Die **Segmente 2** und **3** befinden sich im Norden bzw. Nordosten des Landkreises, westlich (Segment 2) bzw. östlich (Segment 3) der Gemeinde Börger (Abbildung 5-21). Segment 2 weist eine Fläche von 23 km^2 auf. Segment 3 erstreckt sich bis über die Landkreisgrenze in den

Landkreis Cloppenburg. Auf der Seite des Landkreises Emsland weist Segment 3 eine Fläche von ungefähr 35 km^2 auf. Somit erfüllen beide Segmente die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*.

Bei der Betrachtung des Kartenmaterials der BGE „Ergänzende Kartendarstellungen zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG“ der BGE (BGE 2021) zeigt sich, dass Segment 2 so gut wie keine Bereiche mit günstigen Mächtigkeiten von über 300 Metern aufweist (Abbildung 5-22). Trotzdem ist nicht auszuschließen, dass die Bereich mit Mächtigkeiten zwischen 200 – 300 Metern nicht doch die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* erfüllen. Segment 3 weist gerade nach Osten zur Landkreisgrenze hin Mächtigkeiten von 300 Metern auf, die nach Westen hin etwas abnehmen. Für Segment 3 ist eher anzunehmen, dass die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* erfüllt wird. Trotzdem gilt für beide Segmente, dass die Flächen mit ausreichender Mächtigkeit teils erheblich kleiner ausfallen könnten und somit die günstigen Bereiche nicht mehr zur Erfüllung der Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers* ausreichen könnten.

Hinsichtlich der Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* ist anhand der ergänzenden Kartendarstellungen der BGE anzunehmen, dass beide Segmente (tief dunkelblaue Flächen, Tiefen >500 Metern) die Mindestanforderung erfüllen (Abbildung 5-23).

Die ergänzenden Kartendarstellungen der BGE geben keine Hinweise hinsichtlich der tatsächlichen Anwesenheit der geeigneten Wirtsgesteine, die zur Erfüllung der Mindestanforderungen der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* maßgeblich sind. Daher wurde zusätzlich stichprobenartig das Schichtenverzeichnis der Tiefenbohrung Vrees 1 ausgewertet (Abbildung 5-22). Das Schichtenverzeichnis macht Angaben darüber, dass die gesuchten stratigraphischen Einheiten (Obermalm) angetroffen wurden. Aus der Tiefenbohrung lassen sich jedoch keine Hinweise auf die vorgefundenen Lithologien[57] ableiten (Tabelle 5-7). Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der flächendeckenden Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein mit der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* bzw. den von der BGE bevorzugten Formationen (vgl. siehe Kapitel 3.2) treffen. Darüber hinaus zeigt die Tiefenbohrung, dass die gesuchten stratigraphischen Einheiten im Bereich der Bohrung in großer Tiefe (>1.470 m) vorliegen und somit nur in sehr geringem Maße im von der BGE betrachteten Tiefenbereich (300 – 1.500 m) liegen. Sollte das Obermalm im gesamten Segment in diesen Tiefen aufzufinden sein, kann für diese Bereiche kein ewG ausgewiesen werden.

Abschließend ist für Segment 3 nicht auszuschließen, dass für das Segment des Teilgebietes 077 im Landkreis Emsland bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU in Zukunft weiterhin Bereiche als geeignete Gebiete ausgewiesen werden. Abbildung 5-24 zeigt für Segment 3 (grüne Flächen) Bereiche mit aussichtsreicher Konstellation durch die Überschneidung von günstiger Teufe (>600 m Tiefe) und Mächtigkeit (>300 m). Dadurch könnten diese Bereiche innerhalb der Durchführung der rvSU die ersten beiden Prüfschritte überstehen. Da im Rahmen dieser beiden Prüfschritte jedoch auch weitere Kriterien zum Einsatz kommen, lassen sich diesbezüglich keine gesicherten Aussagen treffen. Für Segment 2 ist in der

[57] In der Geologie beschreibt die Lithologie die Gesteinsbeschreibung und -klassifikation nach ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften unabhängig von Alter oder Entstehungsgeschichte (z.B. Tongestein, Steinsalz, Sandstein, etc.)

Gesamtheit der Gegebenheiten ist daher mit einer Einordnung in Kategorie D bzw. C innerhalb der ersten beiden Prüfschritte der rvSU zu rechnen.

Tabelle 5-7: Relevante Bohrungen für die Segmente des Teilgebietes 077

Bohrung	Endteufe [m]	Zielhorizont [m]			
		Top	Basis	Mächtigkeit des ewG	Beschreibung
Lengerich 1	1.079	369	797	428	Münder-Mergel (Katzberg-Abfolge)
Lastrup 4	1.241	536	1.142	606	Obermalm, Gigas, Obermalm, Münder-Mergel (762-908m Tiefe), Obermalm,
Menslage-Berge 1	1.580	371	1.179	808	Münder-Mergel
Messingen 2	1.103	180	1.040	740	Münder-Mergel
Schale Z1	3.412	565	968	403	Portland-FM (Malm)
Vrees 1	1.964	1.470	1.900	30	Obermalm
Wettrup 1	1.136	-	-	-	-

Quelle: Eigene Darstellung. Öko-Institut Consult GmbH

Das **Segment 4** erstreckt sich vom südlichen Teil des Landkreises Emsland südlich der Stadt Lingen bis in die nördliche Landkreishälfte nordöstlich der Kreisstadt Meppen. Es reicht von der Mitte entlang der Nord-Südachse der Städte Meppen und Lingen bis in den Osten des Landkreises über die Landkreisgrenze in die Landkreise Cloppenburg und Osnabrück hinweg (Abbildung 5-21). Auf der Seite des Landkreises Emsland weist das Segment eine Fläche von über 1.100 km^2 auf und erfüllt somit die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*.

Bei der Betrachtung des Kartenmaterials der BGE „Ergänzende Kartendarstellungen zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG“ der BGE (BGE 2021) zeigt sich, dass nahezu die gesamte Fläche des Segments Mächtigkeiten von mehr als 300 Metern aufweist (Abbildung 5-22). Nur in den äußeren Randbereichen und südwestlich der Kreisstadt Meppen dünnen die Mächtigkeiten auf 200 – 300 Metern bzw. auf unter 200 Metern aus. Demnach ist anzunehmen, das nahezu das gesamte Segment die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* erfüllt.

Hinsichtlich der Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* ist anhand der ergänzenden Kartendarstellungen der BGE anzunehmen, dass weite Teile des Segments die Mindestanforderung erfüllen (Abbildung 5-23). Gerade im mittleren Teil zwischen der Kreisstadt Meppen und Lingen im Süden liegen die Schichten in über 500 Metern Tiefe, was günstige Voraussetzungen verspricht. In Richtung Süden und Osten bis zur Landkreisgrenze liegen die Schichten des Obermalms in geringeren Tiefen und reichen näher an der Erdoberfläche heran. Dies ist jedoch nicht gleichbedeutend mit der Nichterfüllung der Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich*, wenn ausreichend große Mächtigkeiten der Unterkreide vorliegen, so dass auch ein ewG von über 300 Metern Mächtigkeit in ausreichender Tiefe gefunden werden kann.

Die ergänzenden Kartendarstellungen der BGE geben keine Hinweise hinsichtlich der tatsächlichen Anwesenheit der geeigneten Wirtsgesteine, die zur Erfüllung der Mindestanforderungen der

notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* maßgeblich sind. Daher wurden zusätzlich stichprobenartig die Schichtenverzeichnisse der Tiefenbohrungen Lengerich 1, Lastrup 4, Menslage-Berge 1 (Landkreis Osnabrück), Messingen 2, Schale Z1 und Wettrup 1 ausgewertet (Abbildung 5-22). Die Schichtenverzeichnisse machen Angaben darüber, dass zwar die gesuchten stratigraphischen Einheiten (Obermalm bzw. Münder Mergel) in großen Mächtigkeiten (>400 m) angetroffen wurden, geben aber keine Hinweise zu den vorgefundenen Lithologien (Tabelle 5-7). Somit lässt sich dennoch keine gesicherte Aussage bezüglich der flächendeckenden Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein mit der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* bzw. den von der BGE bevorzugten Formationen (vgl. siehe Kapitel 3.1) treffen. Insgesamt lassen die Schichtverzeichnisse der Tiefenbohrungen Lengerich 1, Lastrup 4, Menslage-Berge 1 im östlichen Bereich des Segments und die Tiefenbohrung Messingen 2 südlich von Lingen aussichtsreiche Mächtigkeiten der von der BGE bevorzugten Münder Mergel vermuten.

Abschließend ist anzunehmen, dass für das Segment 4 des Teilgebietes 007 im Landkreis Emsland bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU mehrere Bereiche weiterhin als geeignete Gebiete ausgewiesen werden könnten – sofern dort die der BGE bevorzugten Lithologien angetroffen werden. Abbildung 5-24 zeigt für weite Teile (grüne Flächen) durch die Überschneidung von günstiger Teufe (>600 m Tiefe) und Mächtigkeit (>300 m) eine aussichtsreiche Konstellation. Diese Bereiche könnten innerhalb der Durchführung der rvSU die ersten beiden Prüfschritte überstehen. Da im Rahmen dieser beiden Prüfschritte jedoch auch weitere Kriterien zum Einsatz kommen, lässt sich diesbezüglich keine gesicherte Aussage treffen. Für die Flächen des Segments, die keine Überschneidung von günstiger Teufe und günstiger Mächtigkeit aufweisen, ist mit einer Einordnung in Kategorie D bzw. C innerhalb der ersten beiden Prüfschritte der rvSU zu rechnen.

5.7 Teilgebiet 078_06: Steinsalz in stratiformer Lagerung des Zechsteins (oberes Perm)

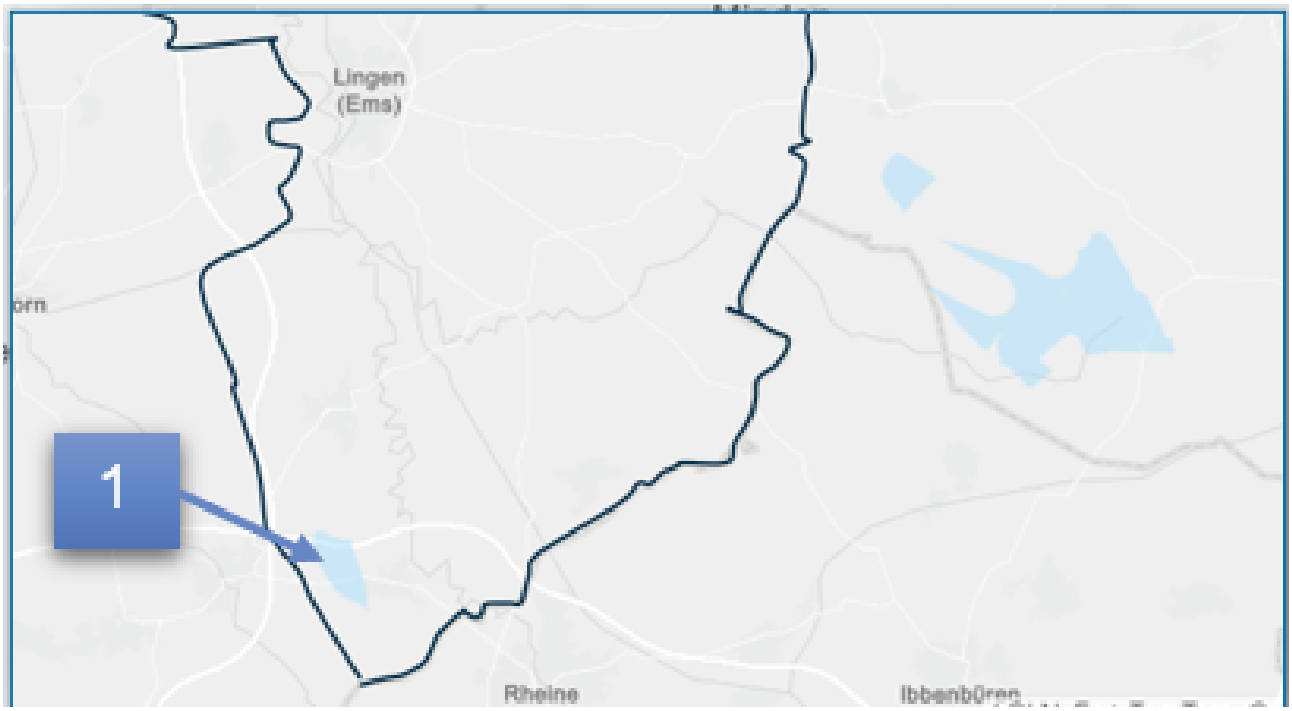
Das Teilgebiet 078_06 umfasst, wie in Kapitel 3.2 dargestellt, Steinsalz in stratiformer Lagerung des Zechsteins (oberes Perm) und erstreckt sich auf einer Fläche von 1.541 km^2 hauptsächlich in Nordrhein-Westfalen und nur einer kleinen Fläche von Niedersachsen (vgl. siehe Abbildung 3-15).

Die Angaben zur Anwendung der Mindestanforderungen im ZB TG beziehen sich auf das gesamte Teilgebiet. Nach dem IG-Steckbrief (BGE 2020q) wird die Mächtigkeit mit maximal 830 m angegeben, die „Teufenlage der Basisfläche“ mit 400 – 1.500 m und die Gesamtfläche mit 459 km^2 (Tabelle 5-1). Damit erfüllt das Teilgebiet allgemein die Mindestanforderungen hinsichtlich des Flächenbedarfs, der Teufenlage und der Mächtigkeit. Die Methodik zur Anwendung der Mindestanforderungen ist, bezogen auf das Teilgebiet 078_06, generell nachvollziehbar.

Abbildung 5-25 zeigt die geographische Lage des Segments des Teilgebiet 078_06 im Landkreis Emsland in der Detailansicht. Um die Anwendung der Mindestanforderungen auf die Segmente des Teilgebietes 076_03 im Landkreis Emsland einzuschätzen, werden im Folgenden die Segmente einzeln vorgestellt und hinsichtlich der Bewertung der BGE zur Erfüllung der Mindestanforderungen eingeordnet.

Das Segment 1 befindet sich im äußersten Südwesten des Landkreises (Abbildung 5-17). Das Segment weist eine Fläche von ungefähr 5 km² auf und erfüllt somit nicht die Mindestanforderung hinsichtlich der *Fläche des Endlagers*[58].

Abbildung 5-25: Geographische Lage der Segmente des Teilgebiet 078_06 im Landkreis Emsland

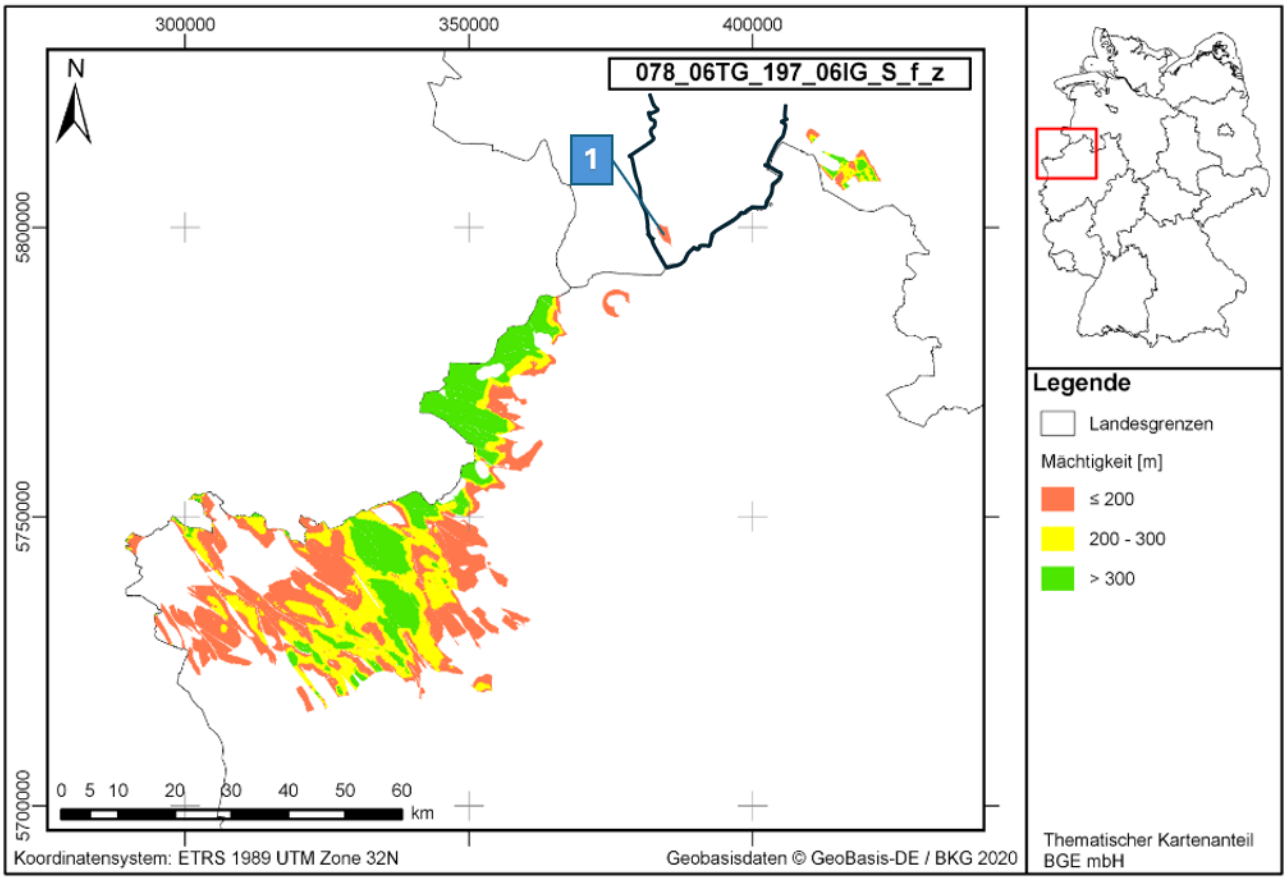


Quelle: (BGE 2020h), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland. Die nummerierte Box definiert das Segment des Teilgebietes im Landkreis Emsland. Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus Abbildung 3-15.

Bei der Betrachtung des Kartenmaterials der BGE „Ergänzende Kartendarstellungen zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG“ der BGE (BGE 2021) zeigt sich, dass das Segments Mächtigkeiten von weniger als 200 Metern aufweist (Abbildung 5-26). Es ist anzunehmen, das weite Teile des Segments die Mindestanforderung zur *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* nicht erfüllen.

[58] Hinsichtlich der *Fläche des Endlagers* gilt für Steinsalz in stratiformer Lagerung die Mindestanforderung bei einer horizontalen Ausdehnung von 10 km² (vgl. siehe Kapitel 2.2).

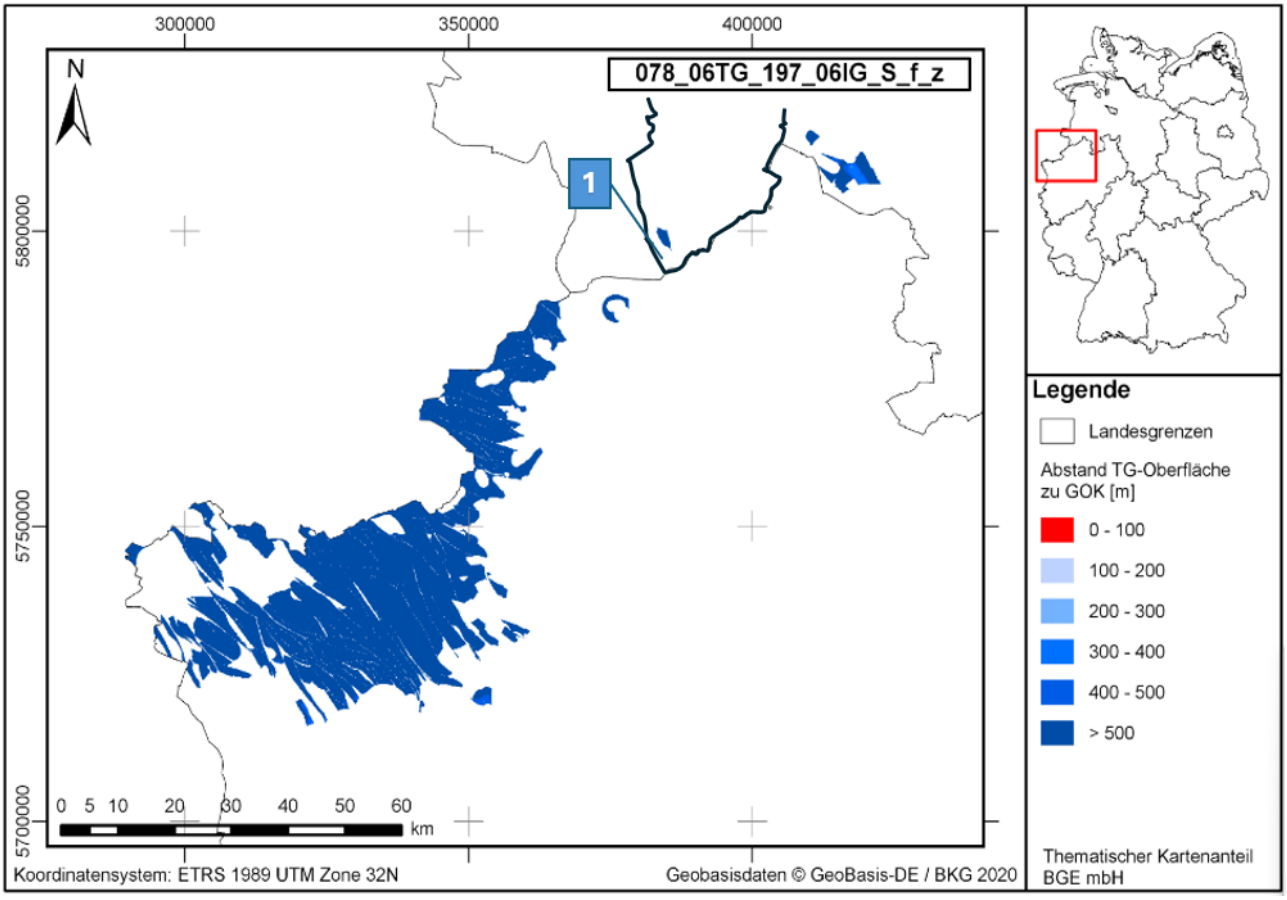
Abbildung 5-26: Darstellung der Mächtigkeit (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3 StandAG) im Segment des Landkreises Emsland im Teilgebiet 078_06



Quelle: (BGE 2021), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland.

Hinsichtlich der Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereich* ist anhand der ergänzenden Kartendarstellungen der BGE anzunehmen, dass das gesamte Segment (tief dunkelblaue Flächen, Tiefen >500 Metern) die Mindestanforderung erfüllt (Abbildung 5-27).

Abbildung 5-27: Darstellung des Abstands zur Geländeoberkante (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) im Segment des Landkreises Emsland im Teilgebiet 078_06

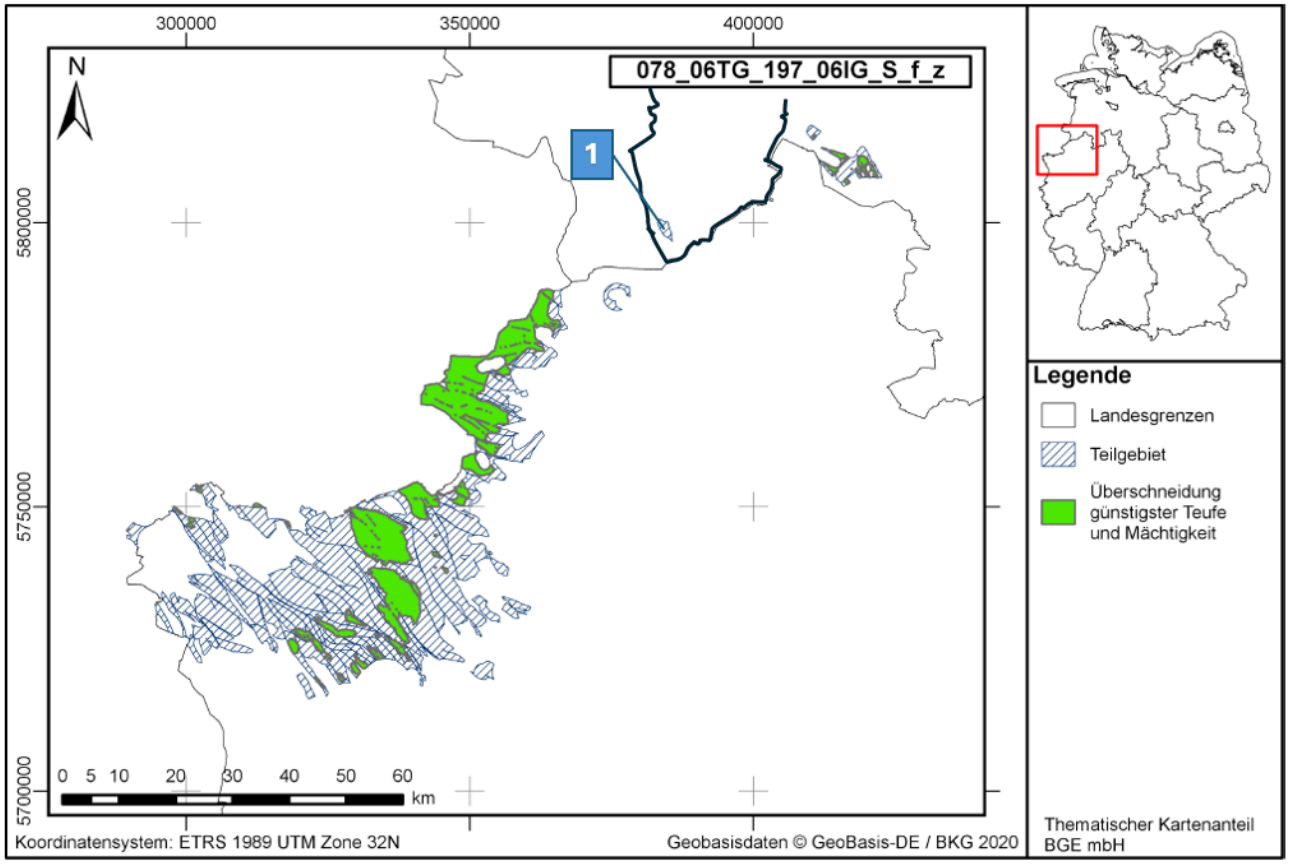


Quelle: (BGE 2021), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland.

Die ergänzenden Kartendarstellungen der BGE geben keine Hinweise hinsichtlich der tatsächlichen Anwesenheit der geeigneten Wirtsgesteine, die zur Erfüllung der Mindestanforderungen der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* maßgeblich sind. Für das Segment konnten keine geeigneten Tiefenbohrungen ausgewertet werden. Somit lässt sich keine gesicherte Aussage bezüglich der flächendeckenden Anwesenheit des Wirtsgesteins Tonstein mit der notwendigen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* bzw. den von der BGE bevorzugten Formationen (vgl. siehe Kapitel 3.2) treffen.

Abschließend ist anzunehmen, dass das Segment 1 des Teilgebietes 078_06 im Landkreis Emsland bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen mit erhöhter Detailtiefe im Rahmen der rvSU in Zukunft nicht mehr als geeignetes Gebiet ausgewiesen wird. Abbildung 5-28 zeigt für das Segment auch keine günstige Kombination (grüne Flächen) bei der Überschneidung von günstiger Teufe (>600 m Tiefe) und Mächtigkeit (>300 m). In der Gesamtheit der Gegebenheiten ist daher mit einer Einordnung in Kategorie D bzw. C innerhalb der ersten beiden Prüfschritte der rvSU zu rechnen.

Abbildung 5-28: Detailansicht der Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit in das Segment des Landkreises Emsland im Teilgebiet 078_06



Quelle: (BGE 2021), ergänzt um die Grenzen des Landkreises Emsland.

6 Anwendung der individuell bewerteten geowissenschaftlichen Abwägungskriterien auf die für den Landkreis Emsland relevanten Teilgebiete in Tongestein oder flach lagerndem Steinsalz

Für die Bewertung der Abwägungskriterien werden detaillierte, standortspezifische Informationen benötigt, die zum jetzigen Zeitpunkt für die Untersuchung der identifizierten Gebiete selten oder nur unvollständig vorliegen. Eine gebietsspezifische Anwendung aller Abwägungskriterien war daher bei der Bewertung der identifizierten Gebiete und der darauf aufbauenden Ausweisung der Teilgebiete noch nicht möglich.

Bei der Anwendung der Mehrzahl der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien hat die BGE zur Ermittlung der Teilgebiete auf wirtsgesteinsspezifische Referenzdaten zurückgegriffen. Die Bewertung der einzelnen Indikatoren innerhalb der geoWK erfolgte in diesem Fall auf Basis von Referenzwerten oder Argumenten aus der Fachliteratur. Nach Aussage der BGE wurden möglichst günstige Bewertungen der Gesteinseigenschaften verwendet, um im Sinne eines konservativen Ansatzes bei der Ermittlung von Teilgebieten einen Ausschluss potenziell geeigneter Gebiete zu vermeiden. Auch hält die Vorhabenträgerin fest, dass „bei wenig, keinen oder nicht eindeutigen Daten […] stets von einer tendenziell günstigen Annahme ausgegangen“ wurde (BGE 2020i). Auf diese Weise sollte vermieden werden, im ersten Verfahrensschritt aufgrund einer schlechten Datenlage schon Gebiete auszuschließen, die sich als geeignet erweisen könnten.

Die Bewertung von Kriterien mittels Referenzdaten erfolgte für alle Teilgebiete eines Wirtsgesteinstyps jeweils identisch. Die Referenzdaten für Steinsalz, Tongestein und kristalline Gesteine sind in der Unterlage „Referenzdatensätze zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Rahmen von § 13 StandAG“ (BGE 2020i) festgehalten. Darin „erfolgt keine Differenzierung von Steinsalz in steiler Lagerung und stratiformem Steinsalz“ (BGE 2020i).

Einzelne geowissenschaftliche Abwägungskriterien konnten individuell anhand gebietsspezifischer Daten bewertet werden. Bei Gebieten mit Steinsalz in stratiformer Lagerung und Gebieten mit Tongestein wurden für sieben von elf Kriterien Referenzdatensätze verwendet. Lediglich die Kriterien 2, 3, 4 und 11 wurden gebietsspezifisch bewertet (BGE 2020d).

Die bisherige Anwendung dieser gebietsspezifisch bewerteten Kriterien durch die BGE auf die Teilgebiete im Landkreis Emsland wird im Folgenden geprüft und Schlussfolgerungen daraus in Kapitel 8 zusammengefasst.

Eine erneute Anwendung der geoWK wird gegen Ende der Phase I voraussichtlich nur für Teiluntersuchungsräume vorgenommen, die nach den rvSU in die Kategorien A oder B eingeordnet werden (siehe hierzu Kapitel 7). Entsprechend sind die geoWK ausschließlich für Segmente der Teilgebiete im Landkreis Emsland relevant, die potenziell als Teiluntersuchungsraum (TUR) im Verfahren verbleiben (siehe hierzu Einschätzungen in den Kapiteln 4 und 5).

6.1 Teilgebiet 004: Tongesteine des Paläogens (Tertiär)

Kriterium 2 zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper

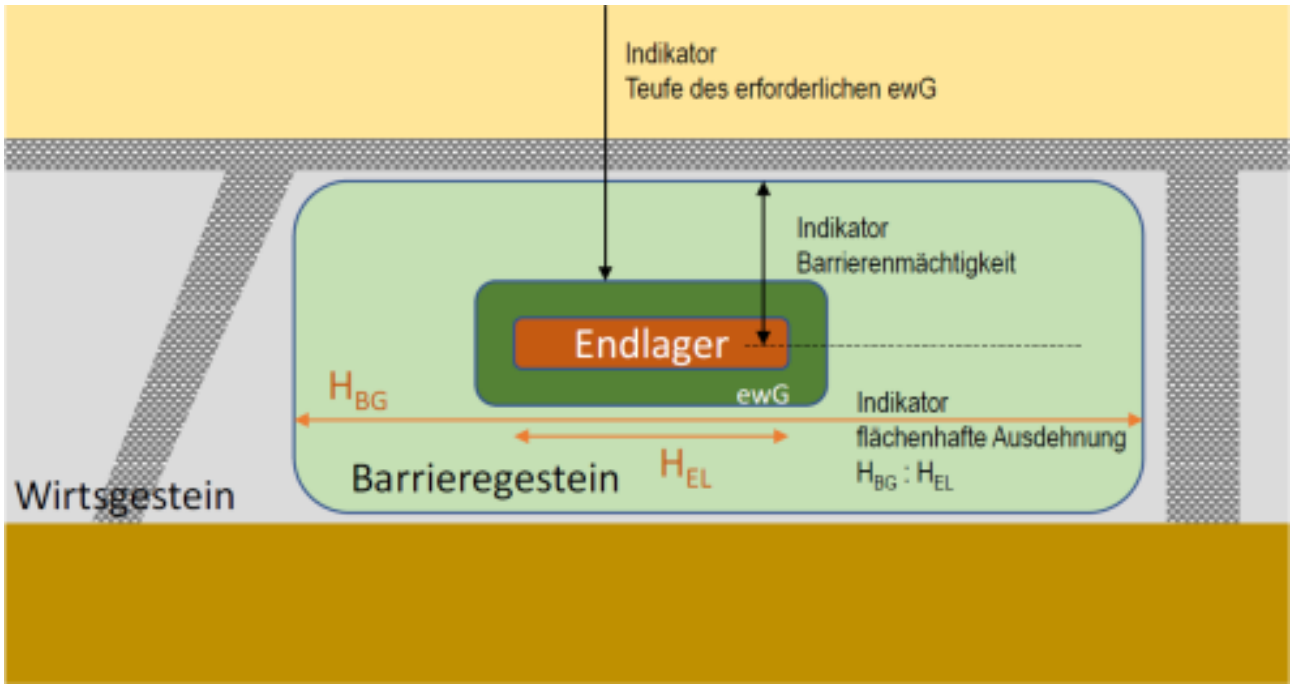
Alle fünf Indikatoren und das Kriterium selbst wurden als günstig bewertet. Der nur für Gebiete in Tongestein angewandte Indikator ***Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischem Potenzial, die die Induzierung beziehungsweise***

Verstärkung der Grundwasserbewegung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich ermöglichen können, wurde, wie in Kapitel 2.3 ausgeführt, für alle identifizierten Gebiete in Tongestein als günstig bewertet. Zur Begründung wird im Fachbericht zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (BGE 2020j) auf Kapitel 7.2.3.2 der Arbeitshilfe zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (BGE 2020d) verwiesen. Dieser Verweis führt jedoch nicht zum betreffenden Abschnitt der Arbeitshilfe, sondern zum Abschnitt „Anwendung – Barrierenwirksamkeit".

Im erklärenden Abschnitt „Anwendung – Potentialbringer" wird unter Verweis auf verschiedene Quellen dargestellt, dass „Tongesteine als Grundwassergeringleiter [...] im ungestörten Schichtenpaket notwendigerweise zwischen verschiedenen Stockwerken von Grundwasserleitern" (BGE 2020d) liegen. Es sei „allerdings beispielsweise denkbar, dass bei einer sehr mächtigen Tonformation aufgrund der geringen Permeabilitäten" „trotz Kontakt des Wirtsgesteins zu einem Grundwasserleiter, dieser Grundwasserleiter nicht als in unmittelbarer Nähe zum einschlusswirksamen Gebirgsbereich liegend eingestuft werden muss" (BGE 2020k). Nach Anlage 2 zu § 24 StandAG ist ein „Grundwasserleiter in Nachbarschaft zum Wirtsgestein/einschlusswirksamen Gebirgsbereich" (StandAG 2017) als weniger günstig zu bewerten.

Der Indikator ***Barrierenmächtigkeit*** wird als günstig eingestuft, da eine günstige Mächtigkeit innerhalb des Teilgebiets für eine Fläche von 24.667 km^2 vorhanden sei, also ein deutlich größeres Gebiet als den Mindestflächenbedarf von 10 km^2 (BGE 2020k). Nach Anlage 2 zu § 24 StandAG gilt eine Barrierenmächtigkeit von > 150 m als günstig. Die Anwendung der doppelten Mächtigkeit von 300 m wird in der Arbeitshilfe (BGE 2020d) damit begründet, dass die gebräuchliche Definition des Begriffs die räumliche Ausdehnung des Einlagerungsbereichs vernachlässige (Abbildung 6-1).

Abbildung 6-1: Darstellung der räumlichen Konfiguration der sicherheitsrelevanten Bestandteile für einschlusswirksame Gebirgsbereiche im Wirtsgestein



Quelle: BGE 2020d

Die Anwendung des Indikators im Zwischenbericht Teilgebiete kann zum jetzigen Zeitpunkt, zu dem weder ein Standort noch ein Sicherheitskonzept gemäß § 10 EndlSiAnfV (2020) vorliegt, als nachvollziehbar und plausibel angesehen werden.

Wie in Kapitel 5.1 ausgeführt, zeigen die die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021), dass in zwei Bereichen von Segment 1 im äußersten Norden des Landkreises an der Landkreisgrenze zum Landkreis Leer und darüber hinaus eine Überschneidung von günstiger Teufe und Mächtigkeit vorliegt (Abbildung 5-4). Die Auswertung der Schichtverzeichnissen der Tiefenbohrungen Börger 5 und Lathen 8 bestätigen, dass im Segment 1 des Teilgebietes 004 tertiäres Tongestein mit einer Mächtigkeit von über 300 Metern vorkommt (Tabelle 5-1). Entsprechend ist für diese Bereiche des Segment 1 des Teilgebiets 004 im Landkreis Emsland durchaus möglich, dass hier günstige Verhältnisse vorliegen.

Der Indikator ***Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich*** wurde für alle identifizierten Gebiete als günstig bewertet, wie in Kapitel 2.3 dargestellt. Diese Anwendung ist nachvollziehbar, stellt jedoch eine sehr starke Vereinfachung dar. Die Voraussetzung, dass Wirtsgestein und einschlusswirksamer Gebirgsbereich Teil ein und desselben Gesteinskörpers sind, der wiederum über gute Einschlusseigenschaften verfügt, ist unter Sicherheitsgesichtspunkten zwar anzustreben. Es kann jedoch nicht zwingend davon ausgegangen werden, dass eine solche Konfiguration von einschlusswirksamem Gebirgsbereich und Einlagerungsbereich in der Realität am Ende des StandAV möglich ist, weshalb die Endlagerkommission in ihrem Abschlussbericht (Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe 2016) auch andere Möglichkeiten zur Gewährleistung des sicheren Einschlusses aufgezeigt hat und das StandAG die Möglichkeit einer unvollständigen Umschließung vorsieht. Im weiteren Verfahren sollte in jeder im Verfahren verbleibenden Standortregion und an jedem Standort geprüft werden, ob eine vollständige Umschließung tatsächlich gewährleistet werden kann.

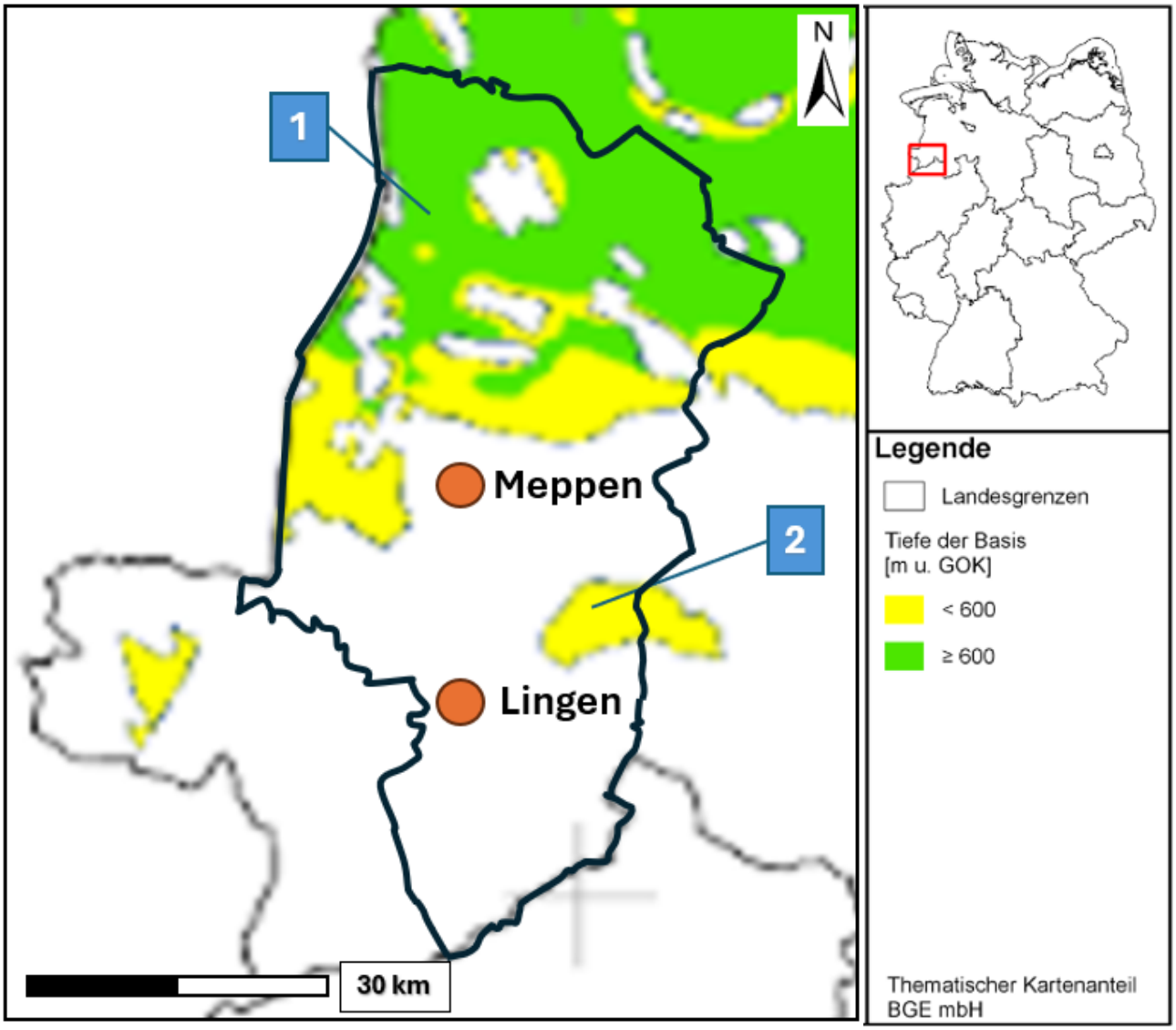
Der Indikator ***Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs*** wurde als günstig bewertet, da sich die Basisfläche des Teilgebiets in Tiefen von bis zu 1500 m (Untergrenze des von der BGE betrachteten Suchraums) befindet und daher die Ausweisung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs in einer Tiefe von mehr als 500 m möglich ist. Die Methodik der Anwendung ist nachvollziehbar.

Für das Segment 1 des Teilgebiets 004 im Landkreis Emsland zeigen die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021), wie in Kapitel 5.1 dargestellt, dass gerade in den nördlichen Bereichen des Segments günstige Verhältnisse vorliegen, wo der Abstand der oberen Begrenzung der tertiären Schichten zur GOK in Tiefen von zwischen 300 Metern und 500 Metern bzw. in einigen Bereichen in Tiefen über 500 Metern liegt (Abbildung 5-3). Die Kartendarstellungen widersprechen in Teilen der Auswertung der Schichtverzeichnisse (vgl. siehe Tabelle 5-2). Wie dort ausgeführt, ist aus den Schichtverzeichnissen der Tiefenbohrungen zu entnehmen, dass nicht an allen Lokalitäten ausreichende Abstände zur GOK vorhanden sind. Zwar muss an dieser Stelle angeführt werden, dass die von uns ausgewerteten Tiefenbohrungen nicht für die gesamte Fläche der Segmente repräsentativ sind, weshalb sich a nur bedingt Aussagen über die Geologie der Gesteine im Segment treffen lassen. Dennoch deutet unsere Auswertung daraufhin, dass die Bewertung der Indikatoren sowie des Kriteriums möglicherweise nicht auf die gesamte Fläche des Segments 1 des Teilgebietes 004 im Landkreis Emsland übertragbar ist.

Bei der Betrachtung der die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) wird dennoch deutlich, dass die

Annahme, dass die Basisfläche der tertiären Tonsteine im Segment des Teilgebietes 004 in Tiefen von bis zu 1500 m (Untergrenze des von der BGE betrachteten Suchraums) befindet, voraussichtlich zutrifft. Dies gilt insbesondere ebenfalls für die nördlichen Bereiche (grüne Flächen) des Segments, wo die Tiefe der Basis in Tiefen über 600 Metern liegt. Daher ist die Annahme der Ausweisung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs in einer Tiefe von mehr als 500 m für diese Bereiche durchaus möglich (Abbildung 6-2).

Abbildung 6-2: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 004



Quelle: verändert nach (BGE 2021). Schwarz: Gemarkung des Landkreises Emsland.

Auch der letzte Indikator, ***Flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit (Vielfaches des Mindestflächenbedarfs)***, wurde für das Teilgebiet 004 als günstig bewertet, da die Fläche des Teilgebiets mit 62.885 km^2 größer als die für eine günstige Bewertung angesetzten 30 km^2 ist (BGE 2020k). Dabei wurde nur die Gesamtfläche des Teilgebiets berücksichtigt. Die Anwendung ist nachvollziehbar, jedoch sollte im Fall der erneuten Anwendung der geoWK jedes Segment eines Teilgebietes individuell bewertet werden. In diesem Zusammenhang ist zu erwarten, dass die

Bewertung der Indikatoren für einzelne Bereiche des Segments ggf. nur noch bedingt günstig oder sogar ungünstig ausfallen könnte.

Kriterium 3 zur Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit

Alle Indikatoren und das Kriterium wurden als günstig bewertet.

Der Indikator ***Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)*** wird von der BGE als günstig bewertet, obwohl die Lage des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs noch nicht bekannt sei und die Fazies[59] im identifizierten Gebiet wechseln könne (BGE 2020k). Dennoch werde angenommen, dass ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich in regional einheitlichen Gesteinstypen gefunden werden könne. Es ist nachvollziehbar, dass dieser Indikator aufgrund der Datenlage, die für den Zwischenbericht Teilgebiete zur Verfügung steht, noch nicht individuell bewertet werden kann. Eine so generische Bewertung, wie sie für das Teilgebiet 004 vorgenommen wird, könnte jedoch in den Referenzdatensatz aufgenommen werden. Eine „individuelle Bewertung“ (BGE 2020j) ist nicht erkennbar.

Der Indikator ***Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit*** könne im identifizierten Gebiet jede mögliche Form annehmen (BGE 2020k). Dennoch wird angenommen, „dass ein weitgehend ungestörter einschlusswirksamer Gebirgsbereich, auch aufgrund der beträchtlichen Gesamtfläche des identifizierten Gebiets, ausgewiesen werden kann“ (BGE 2020k). Ähnlich wie für den ersten Indikator muss festgehalten werden, dass es sich nicht um eine individuelle, sondern um eine generische Bewertung auf Grundlage sehr allgemeiner Annahmen handelt. Die Methodik ist nachvollziehbar angesichts der Datengrundlage, könnte jedoch auch in den Referenzdatensatz aufgenommen und sollte spätestens nach Abschluss der obertägigen Erkundung anhand realer Daten bewertet werden.

Die günstige Bewertung des Indikators ***Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich*** stützt sich auf die Bildungsbedingungen des Gesteins. Da die Tonsteine des Tertiärs im Zentrum eines Sedimentationsbeckens abgelagert wurden, kann laut BGE davon ausgegangen werden, dass ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich gefunden werden könne, da die Gesteinseigenschaften trotz „einer kontinuierlichen, bekannten räumlichen Veränderung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und deren Eigenschaften“ nur eine geringe Variationsbreite aufweisen würden. Diese Argumentation ist angesichts der Größe des Teilgebiets nachvollziehbar. Eine so generische Bewertung, wie sie an dieser Stelle für das Teilgebiet 004 vorgenommen wird, könnte jedoch in den Referenzdatensatz aufgenommen werden. Eine „individuelle Bewertung“ (BGE 2020j) ist auch hier nicht erkennbar.

Aus dem gleichen Grund wird der Indikator ***Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften*** als günstig bewertet. Die Einschätzung ist nachvollziehbar. Auch die Bewertung des letzten Indikators und damit die Bewertung des gesamten Kriteriums ist jedoch in keiner Weise als individuell zu bezeichnen und könnte daher Teil des Referenzdatensatzes sein.

Die ausschließlich generischen Bewertungen seitens der BGE machen eine Einordnung der Ergebnisse und deren Übertragbarkeit auf das Segment des Teilgebietes 004 schwierig. Als einzig

[59] Als (Litho-)Fazies wird die Zusammensetzung eines Sedimentgesteins, insbesondere hinsichtlich der Korngröße seiner Bestandteile, bezeichnet. Im Fall von Beckensedimenten wie den tertiären Ablagerungen im Teilgebiet 004 kann zwischen einer feinkörnigen, tonigen Fazies des Beckeninneren und einer gröberen, siltigen oder sandigen Beckenrandfazies unterschieden werden.

individuelle Bewertung kann die Einordnung des Sedimentationsraums des Teilgebietes interpretiert werden. Jedoch ist auch in beckenzentralen Faziesbereichen, wie sie die BGE für das gesamte Teilgebiet annimmt, immer von einer Varianz des Ablagerungsraums und damit von einer gewissen Variationsbreite der Gesteinseigenschaften auszugehen.

Kriterium 4 zur Bewertung der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse

Das Kriterium und alle Indikatoren wurden als günstig bewertet (BGE 2020k). Nach Anlage 4 zu § 24 StandAG sind sie als günstig zu bewerten, wenn sich die Betrachtungsmerkmale, während der vergangenen 10 Millionen Jahre nicht wesentlich verändert haben. Im Steckbrief des Teilgebiets (BGE 2020k) wird ausgeführt, dass „seit dem Tertiär keine wesentlichen Änderungen“ für die drei Indikatoren Mächtigkeit, Ausdehnung und Gebirgsdurchlässigkeit anzunehmen seien. Da das Tertiär erst vor 2,6 Millionen Jahren endete, kann daraus zunächst keine günstige Bewertung der Indikatoren abgeleitet werden. Im Weiteren wird im Steckbrief für alle Indikatoren dargestellt, dass „seit mehr als 10 Millionen Jahren keine wesentliche Änderung“ der jeweils relevanten Betrachtungsmerkmale stattgefunden habe. Diese Einschätzung wird nicht weiter begründet und ist auch dem Fachbericht zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (BGE 2020j) nicht zu entnehmen.

Diese Vorgehensweise erscheint sehr pauschal, ohne dass die vorgenommene Bewertung nachvollziehbar begründet wird. Die Methodik, die zur Bewertung der Indikatoren und des Kriteriums als günstig führt, ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht nachvollziehbar.

Kriterium 11 zur Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge

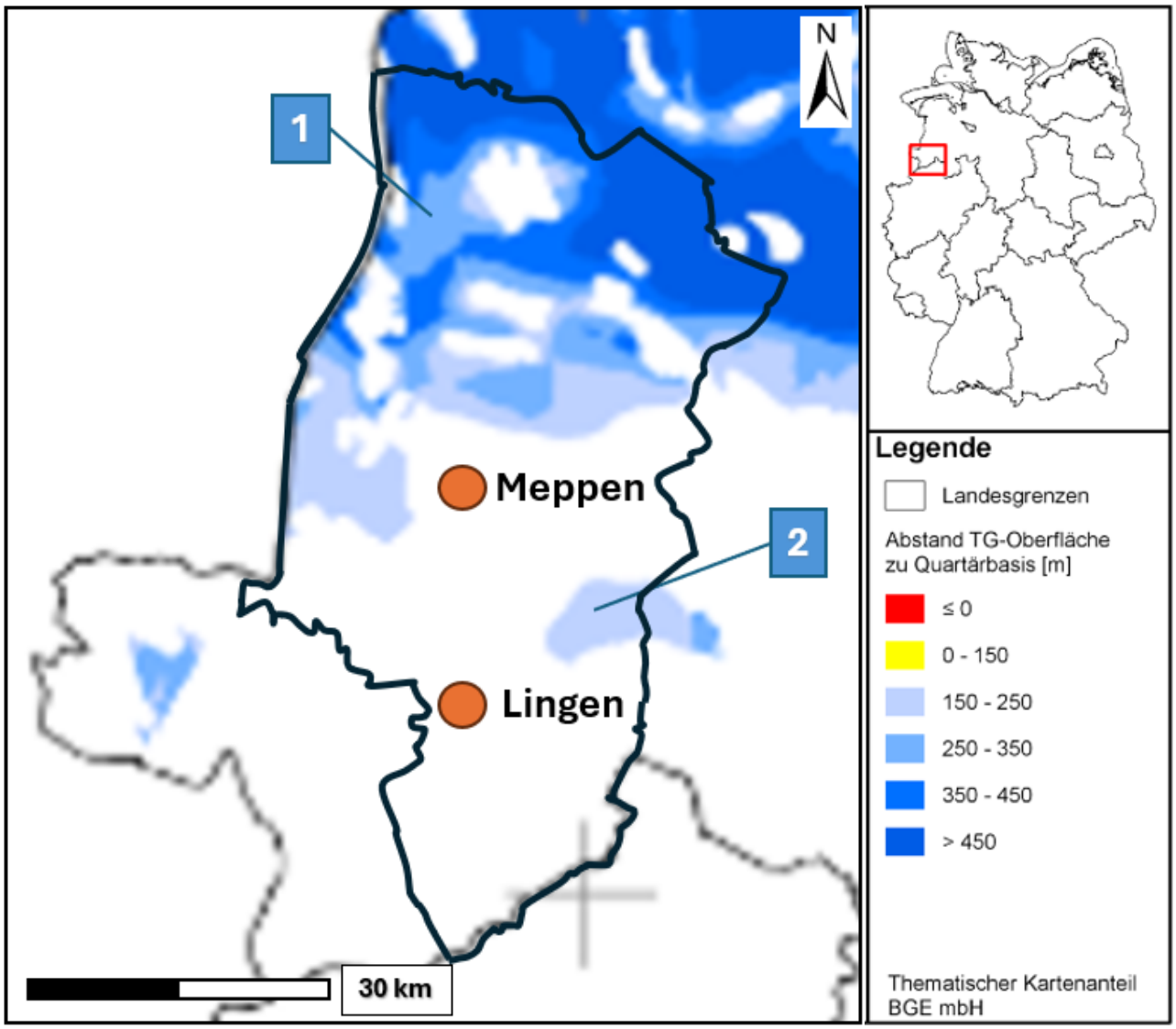
Das Kriterium wurde nach der Bewertung des am schlechtesten eingestuften Indikators als bedingt günstig gekennzeichnet. Der Indikator ***Keine Ausprägung struktureller Komplikationen (zum Beispiel Störungen, Scheitelgräben, Karststrukturen) im Deckgebirge****, aus denen sich subrosive, hydraulische oder mechanische Beeinträchtigungen für den ewG ergeben könnten* wurde als bedingt günstig bewertet. Es existieren Nachweise zu atektonischen Strukturen und Störungen, die aber aufgrund der schlechten Datenlage nicht hinsichtlich ihrer hydraulischen Wirksamkeit beurteilt werden können (BGE 2020k). Diese Bewertung ist nachvollziehbar.

Der Indikator ***Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden Gesteinen, Verbreitung und Mächtigkeit grundwasserhemmender Gesteine im Deckgebirge*** wird als günstig bewertet. Begründet wird das mit einem Abstand der endlagerrelevanten Gesteine zur Basis des Quartärs von mehr als 150 m für große Teile des Gebiets. Die tertiären Gesteine, aus denen diese Überdeckung aufgebaut ist, werden als potenziell grundwasserhemmend angesehen. Diese Vorgehensweise und Bewertung erscheint unter Berücksichtigung der ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) grundsätzlich nachvollziehbar (Abbildung 6-3). Allerdings sollte in weiteren Verfahrensschritt die genaue lithologische Zusammensetzung der Deckgesteine für alle Standortregionen in tertiären Tongesteinen geprüft werden. Die tertiären Sedimente können auch sandig oder siltig ausgebildet sein, wodurch sie unter Umständen nicht grundwasserhemmend wirksam sind.

Dennoch ist nach Betrachtung der ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) zu erwarten, dass die günstige

Bewertung des Indikators gerade auf die nördlichen Bereiche (blau bis tiefblaue Flächen) des Segment 1 zutrifft und somit übertragbar ist.

Abbildung 6-3: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 004



Quelle: verändert nach (BGE 2021). Schwarz: Gemarkung des Landkreises Emsland.

Auch der Indikator ***Verbreitung und Mächtigkeit erosionshemmender Gesteine im Deckgebirge des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs*** wird als günstig bewertet. Zur Begründung wird ebenfalls auf den Abstand großer Teile des Gebiets von mehr als 150 m zur Quartärbasis verwiesen und die tertiären Deckgesteine als potenziell erosionshemmend bezeichnet. Diese Darstellung erscheint nicht nachvollziehbar. Die Gesteine des Tertiärs in Norddeutschland sind häufig nur schwach verfestigt. Sie werden vielfach von glazialen Rinnen, also Schmelzwasserrinnen, die sich unter den Gletschern der quartären Kaltzeiten gebildet haben, durchzogen. Diese Rinnen erreichen Tiefen von mehreren hundert Metern. Die Einstufung der tertiären Sedimente Norddeutschlands als „erosionshemmend“ sollte überdacht und die Bewertung mindestens zu bedingt günstig angepasst werden.

Nichtsdestotrotz scheint das Segment 1 laut den Ausführungen der ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) den Abstand zur Quartärbasis von mindestens 150 m zu erfüllen (Abbildung 6-3).

6.2 Teilgebiet 005: Tongesteine des Doggers (Mitteljura)

Kriterium 2 zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper

Alle Indikatoren und das Kriterium selbst wurden als günstig bewertet (BGE 2020l). Die Begründung zur Bewertung des Indikators ***Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischem Potenzial, die die Induzierung beziehungsweise Verstärkung der Grundwasserbewegung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich ermöglichen*** *können* ist wortgleich mit der Begründung für das Teilgebiet 004 (siehe Kapitel 6.1).

Auch die Darstellung der Bewertung des Indikators ***Barrierenmächtigkeit*** entspricht weitgehend dem Steckbrief zu Teilgebiet 004. Die maximale Mächtigkeit wird für das Teilgebiet 005 mit 1200 m angegeben. Eine günstige Barrierenmächtigkeit von mehr als 300 m wird für eine Fläche von 7.437 km^2 angegeben. Es wird ergänzt, dass „für einen Teil des identifizierten Gebietes [...] die Abdeckung mit Punktdaten aus dem 3D-Modell unvollständig“ (BGE 2020l) sei. Dieser Teil sei für die Bewertung nicht betrachtet worden und habe daher keinen Einfluss auf die Bewertung. Einen Teil des identifizierten Gebiets bei der Ausweisung als Teilgebiet nicht zu betrachten, bedeutet jedoch auch, dass eine mögliche weniger günstige Bewertung des Indikators und damit auch des Kriteriums nicht ausgeschlossen werden kann. Insofern ist die Methodik in diesem Fall nur bedingt nachvollziehbar.

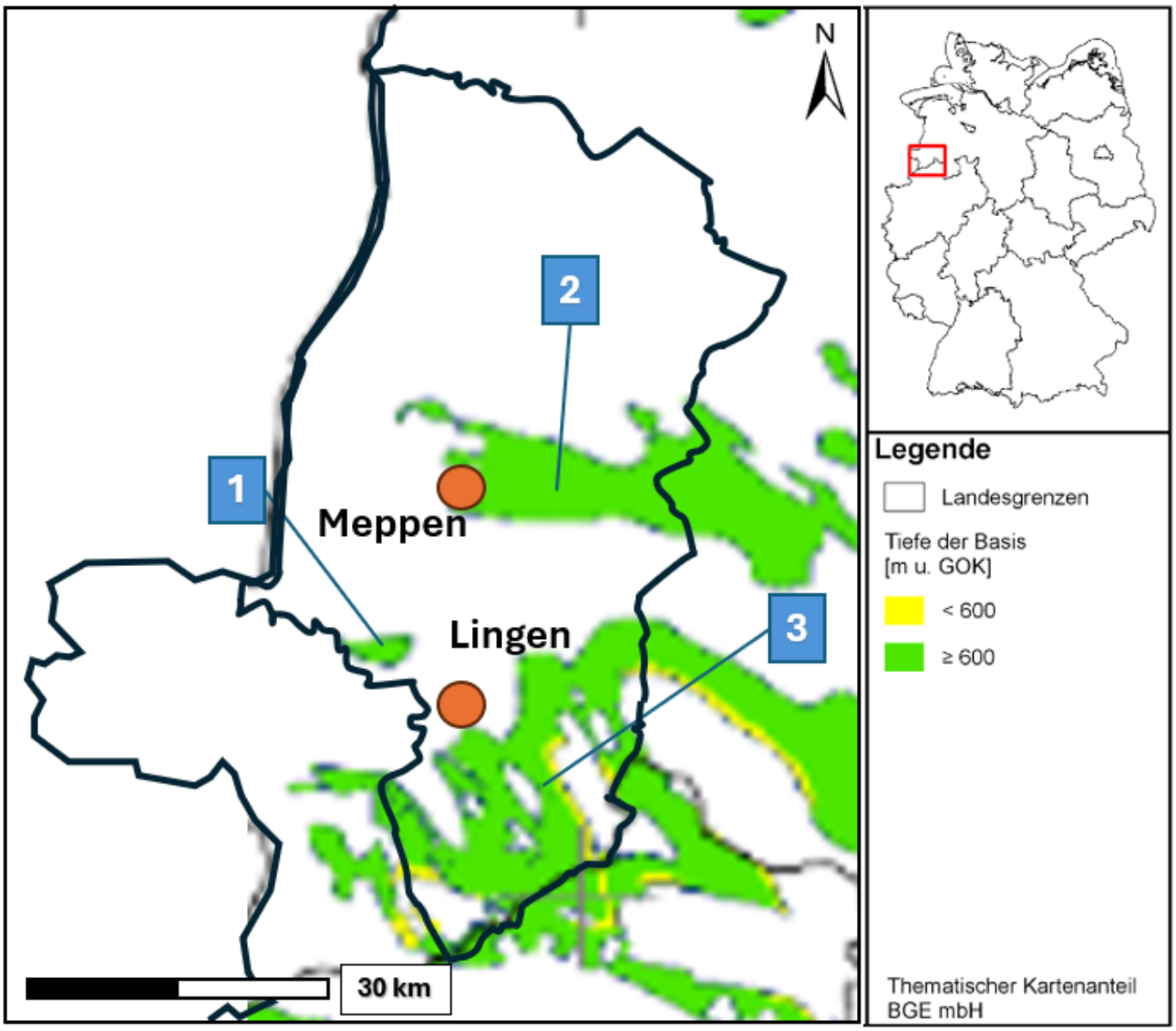
Die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) zeigen, dass nur in Teilen der Segmente 2 und 3 ausreichend große Flächen bestehen könnten. Diese Bewertung des Indikators *Barrierenmächtigkeit* ist für das gesamte Teilgebiet zum jetzigen Zeitpunkt zwar größtenteils nachvollziehbar, es ist jedoch anzunehmen, dass bei erneuter und individueller Anwendung der geoWK auf die einzelnen Segmente der Indikator *Barrierenmächtigkeit* für einige Bereiche eher nur mit bedingt günstig oder sogar ungünstig bewertet werden (Abbildung 5-8). Diese Annahme wird zusätzlich von den Auswertungen der Schichtverzeichnisse der Tiefenbohrungen in den Segmenten 2 und 3 unterstützt, wodurch eine genauere Überprüfung des Indikators im Fall einer erneuten Anwendung der geoWK auf die Segmente des Teilgebietes 005 im Landkreis Emsland zwingend notwendig wird.

Die Indikatoren ***Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich, Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs*** **und** ***Flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit (Vielfaches des Mindestflächenbedarfs)*** wurden ebenfalls wortgleich zu Teilgebiet 004 mit günstig bewertet (BGE 2020l). Die Fläche des gesamten Teilgebietes wird mit 18.811 km^2 angegeben.

Zur Bewertung des Indikators ***Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich*** (Abbildung 5-7). zeigen die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021), dass der Abstand der mitteljurassischen Tongesteinsvorkommen zur

GOK in den Segmenten 2 und 3 größtenteils unter den geforderten 500 m zu liegen scheinen und so wahrscheinlich ausreichend große Flächen in den Segmenten für den Endlagerstandort zur Verfügung stehen würden. Diese Annahme wird von den Auswertungen der Schichtverzeichnisse der Tiefenbohrungen, wie in Tabelle 5-3 dargelegt, unterstützt, wonach die gesuchten Zielhorizonte in Tiefen von mehr als 500 Meter vorgefunden wurden. Zwar muss an dieser Stelle angeführt werden, dass die von uns ausgewerteten Tiefenbohrungen nicht für die gesamte Fläche der Segmente repräsentativ sind, weshalb sich nur bedingt Aussagen über die Geologie der Gesteine in den Segmenten treffen lassen. Dennoch deutet unsere Auswertung daraufhin, dass die Bewertung der Indikatoren sowie des Kriteriums durchaus auf den Großteil der Flächen der beiden Segmente des Teilgebietes 005 im Landkreis Emsland übertragbar ist.

Abbildung 6-4: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 005



Quelle: verändert nach (BGE 2021). Schwarz: Gemarkung des Landkreises Emsland.

Bei der Betrachtung der die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) wird zudem deutlich, dass die Annahme, dass die Basisfläche der tertiären Tonsteine für nahezu die gesamten Flächen der

Segmente 2 und 3 des Teilgebietes 005 in Tiefen von bis zu 1500 m (Untergrenze des von der BGE betrachteten Suchraums) befindet, voraussichtlich zutrifft (grüne Flächen, >600 m). Daher ist die Annahme der Ausweisung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs in einer Tiefe von mehr als 500 m für diese Bereiche durchaus möglich (Abbildung 6-4).

Kriterium 3 zur Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit

Alle Indikatoren und das Kriterium selbst wurden als günstig bewertet (BGE 2020l).

Die Bewertung des Indikators ***Gesteinsausbildung*** wird identisch zu Teilgebiet 004 vorgenommen (vgl. siehe Kapitel 6.1). Für den Indikator ***Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit*** erfolgt die Darstellung der Bewertung wortgleich zu Teilgebiet 004. Somit gilt auch hier, dass eine so generische Bewertung besser in den Referenzdatensatz aufgenommen würde und eine „individuelle Bewertung“ (BGE 2020j) nicht erkennbar ist.

Zum Indikator ***Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen*** wird dargestellt, dass die Beckenfazies des Norddeutschen Beckens im Mitteljura vorwiegend tonig ausgeprägt sei, so „dass ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich mit geringen Variationsbreiten der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich identifiziert werden“ (BGE 2020l) könne. Diese Begründung erscheint nachvollziehbar, bezieht sich jedoch wie in den Ausführungen in Teilgebiet 004 auf die gesamte Fläche und kann daher nur als generische Bewertung verstanden werden. Eine „individuelle Bewertung“ (BGE 2020j) ist auch hier nicht erkennbar.

Wie schon am Teilgebiet 004 erläutert, wird auch für das Teilgebiet 005 der Indikator ***Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften*** mit der gleichen Begründung nachvollziehbar als günstig bewertet. Die fast kongruente Anwendung des geowissenschaftlichen Abwägungskriteriums zur *Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit* für die Teilgebiete 004 und 005 verdeutlicht allerdings noch einmal die Einschätzung, dass es sich hier um eine sehr pauschalisierte Kriterienanwendung handelt und eine Aufnahme in den Referenzdatensatz sinnvoll erscheint.

Die ausschließlich generischen Bewertungen seitens der BGE machen eine Einordnung der Ergebnisse und deren Übertragbarkeit auf das Segment des Teilgebietes 005 schwierig. Als einzig individuelle Bewertung kann die Einordnung des Sedimentationsraums des Teilgebietes interpretiert werden. Jedoch ist auch in beckenzentralen Faziesbereichen, wie sie die BGE für das gesamte Teilgebiet annimmt, immer von einer Varianz des Ablagerungsraums und damit von einer gewissen Variationsbreite der Gesteinseigenschaften auszugehen.

Kriterium 4 zur Bewertung der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse

Das Kriterium und alle Indikatoren wurden als günstig bewertet (BGE 2020l). Die Darstellung des Kriteriums mit Begründung und Bewertung der Indikatoren erfolgte wortgleich zu Teilgebiet 004. Wie oben dargestellt (Kapitel 6.1), erscheint die Methodik sehr pauschal und nicht nachvollziehbar.

Kriterium 11 zur Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge

Das Kriterium wurde nach der Bewertung des am schlechtesten eingestuften Indikators als bedingt günstig gekennzeichnet. Die Darstellung im Steckbrief des Teilgebiets (BGE 2020l) ist weitgehend wortgleich mit dem Steckbrief zum Teilgebiet 004. Auch die Bewertung der Indikatoren ist identisch.

Für die Indikatoren ***Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden Gesteinen, Verbreitung und Mächtigkeit grundwasserhemmender Gesteine im Deckgebirge*** **und** ***Verbreitung und Mächtigkeit erosionshemmender Gesteine im Deckgebirge des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs*** wird jeweils, analog zum Indikator *Barrierenmächtigkeit* des *Kriteriums zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper* ergänzt, dass für einen Teil des Gebiets die Abdeckung mit Punktdaten aus dem 3D-Modell unvollständig sei, dieser Teil nicht betrachtet werde und daher keine Einfluss auf die Bewertung habe.

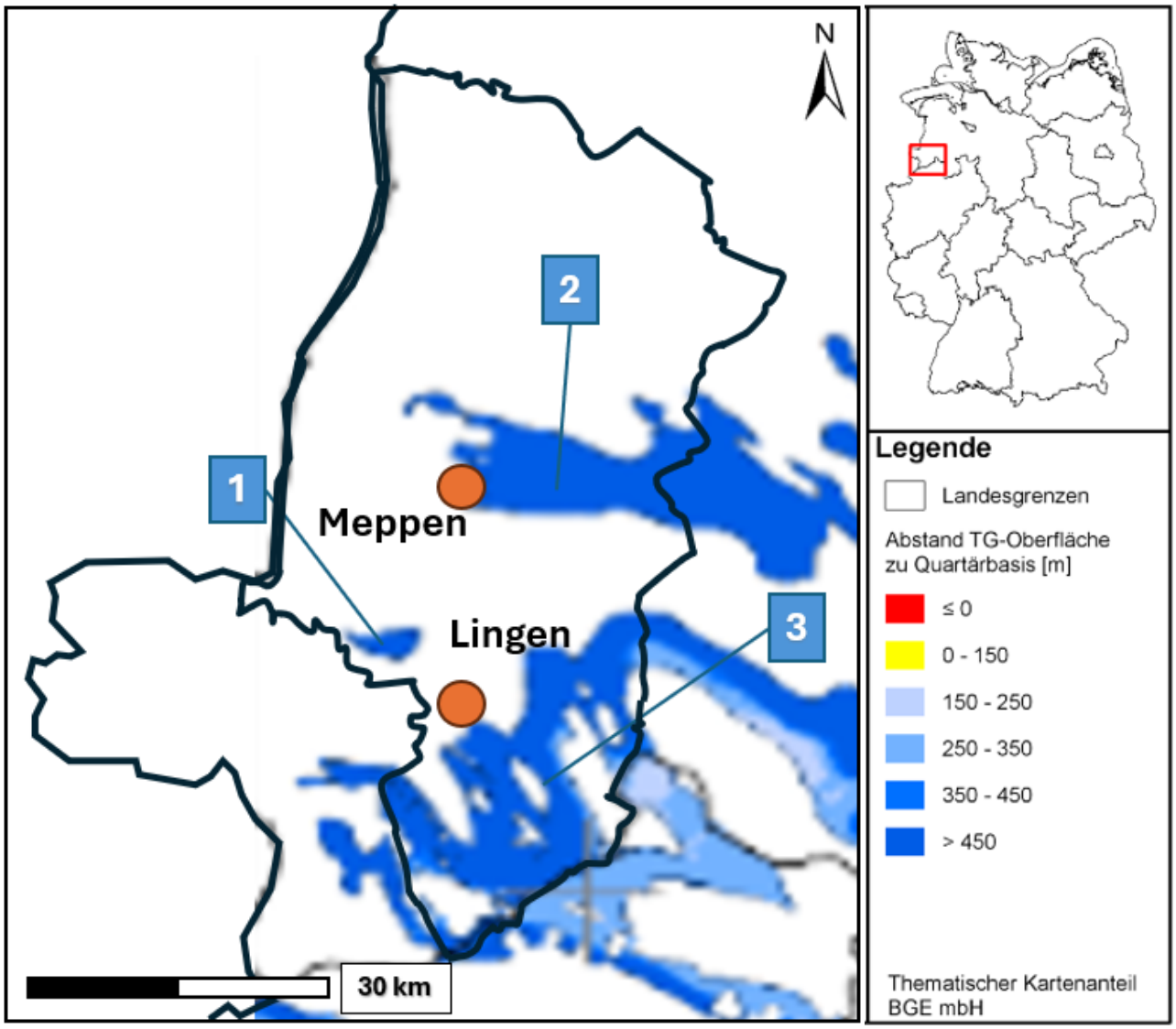
Aufgrund der ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) ist die Bewertung des Indikators ***Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden Gesteinen*** größtenteils nachvollziehbar (Abbildung 6-5). Die Kartendarstellungen lassen vermuten, dass ausreichend große Teile der Segmente 2 und 3 des Teilgebietes 005 im Landkreis Emsland den Mindestabstand von 150 m zur Quartärbasis erfüllen. Es ist zu erwarten, dass nahezu die gesamte Fläche der beiden Segmente Abstände zur Quartärbasis von über 450 Metern aufweisen, wodurch für diesen Indikator eine sehr günstige Konstellation anzunehmen ist.

Da für die beiden Teilgebiete 004 und 005 in den IG-Steckbriefen identische Teufenlagen angegeben werden, kann die zu Teilgebiet 004 getroffene Feststellung hinsichtlich der erosionshemmenden Wirkung tertiärer Deckgesteine auch für die Gesteine des Teilgebiets 005 als gültig betrachtet werden. Wo die Mitteljura-Tongesteine von jüngeren Gesteinen des Juras oder der Kreide überdeckt sind, kann von einem wirksamen Erosionsschutz ausgegangen werden. Stehen, beispielsweise aufgrund tektonischer Störungen, im Hangenden[60] des Mitteljura Gesteine des Tertiär oder jünger an, ist deren erosionshemmende Wirkung im weiteren Verfahren standortspezifisch nachzuweisen. Die Bewertung der beiden ersten Indikatoren ist, analog zum Teilgebiet 004, nachvollziehbar.

Der Indikator ***Keine Ausprägung struktureller Komplikationen (zum Beispiel Störungen, Scheitelgräben, Karststrukturen) im Deckgebirge****, aus denen sich subrosive, hydraulische oder mechanische Beeinträchtigungen für den ewG ergeben könnten* wurde, wie auch im Teilgebiet 004, als bedingt günstig bewertet. Es existieren Nachweise zu atektonischen Strukturen und Störungen, die aber aufgrund der schlechten Datenlage nicht hinsichtlich ihrer hydraulischen Wirksamkeit beurteilt werden können (BGE 2020l). Die Bewertung ist grundsätzlich nachvollziehbar.

[60] Als Hangendes werden die eine Gesteinseinheit überlagernden Gesteine bezeichnet, als Liegendes die unterlagernden Einheiten

Abbildung 6-5: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 004



Quelle: verändert nach (BGE 2021). Schwarz: Gemarkung des Landkreises Emsland.

6.3 Teilgebiet 006: Tongesteine des Lias (Unterjura)

Kriterium 2 zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper

Alle Indikatoren und das Kriterium selbst wurden als günstig bewertet (BGE 2020m). Die Begründung zur Bewertung des Indikators ***Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischem Potenzial, die die Induzierung beziehungsweise Verstärkung der Grundwasserbewegung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich ermöglichen können*** ist wortgleich mit der Begründung für das Teilgebiet 004 (siehe Kapitel 6.1).

Auch die Darstellung der Bewertung des Indikators ***Barrierenmächtigkeit*** entspricht weitgehend dem Steckbrief zu Teilgebiet 004. Die maximale Mächtigkeit wird für das Teilgebiet 006 mit 1200 m angegeben. Eine günstige Barrierenmächtigkeit von mehr als 300 m wird für eine Fläche von 4.895 km^2 angegeben. Es wird ergänzt, dass „für einen Teil des identifizierten Gebietes [...] die Abdeckung mit Punktdaten aus dem 3D-Modell unvollständig“ (BGE 2020m) sei. Dieser Teil sei für die Bewertung nicht betrachtet worden und habe daher keinen Einfluss auf die Bewertung. Einen Teil des identifizierten Gebiets bei der Ausweisung als Teilgebiet nicht zu betrachten, bedeutet jedoch auch, dass eine mögliche weniger günstige Bewertung des Indikators und damit auch des Kriteriums nicht ausgeschlossen werden kann. Insofern ist die Methodik in diesem Fall nur bedingt nachvollziehbar.

Die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) zeigen, dass in den Segmenten 4 und 6 ausreichende Flächen mit günstigen Mächtigkeiten bestehen könnten. Diese Bewertung des Indikators Barrierenmächtigkeit ist für diese beiden Segmente zum jetzigen Zeitpunkt größtenteils nachvollziehbar (Abbildung 5-10). Diese Annahme wird durch die Auswertungen der Schichtverzeichnisse der Tiefenbohrungen größtenteils bestätigt. Dennoch ist nicht auszuschließen, dass bei erneuter und individueller Anwendung der geoWK auf die einzelne Bereiche der Segmente der Indikator Barrierenmächtigkeit eher nur mit bedingt günstig oder sogar ungünstig bewertet werden könnten. Vor dem Hintergrund, dass „bei wenig, keinen oder nicht eindeutigen Daten […] stets von einer tendenziell günstigen Annahme ausgegangen“ wird (BGE 2020g), lässt sich die Methodik aufgrund der vorhandenen Datenlage zwar nachvollziehen. Aus geologischer Sicht und insbesondere hinsichtlich der Bewertung der kleineren Segmente 1, 2, 3 und 5 im Landkreis Emsland ist es fraglich, ob die Bewertung der Indikatoren vor dem Hintergrund der lückenhaften Datenlage sinnvoll ist.

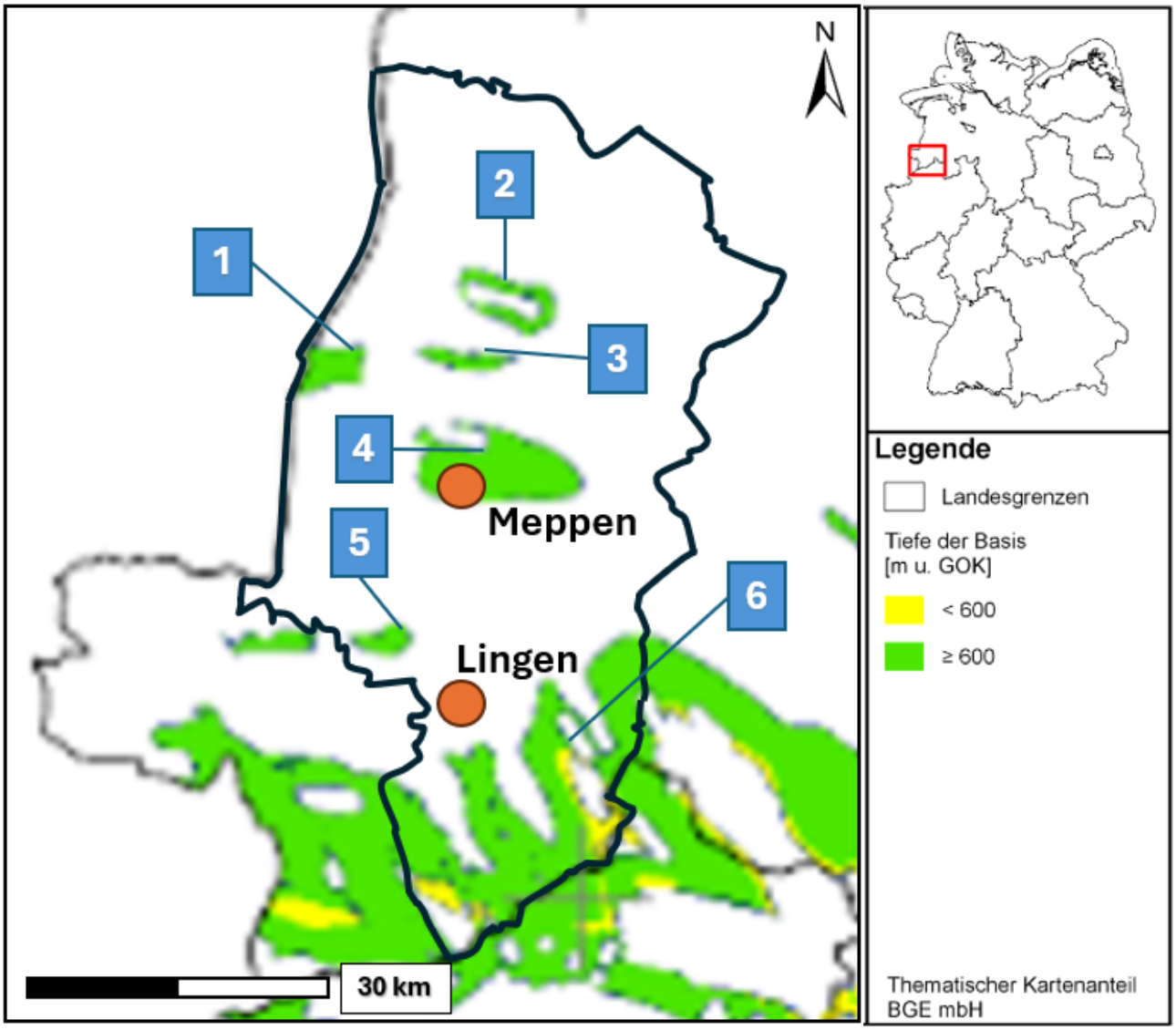
Die Indikatoren ***Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich*****, *Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs*** **und *Flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit* (Vielfaches des Mindestflächenbedarfs)** wurden ebenfalls wortgleich zu Teilgebiet 004 mit günstig bewertet. Die Fläche des gesamten Teilgebietes wird mit 18.564 km^2 angegeben.

Zur Bewertung des Indikators *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich* (Abbildung 5-11) zeigen die ergänzenden Kartendarstellungen, dass der Abstand der unterjurassischen Tongesteinsvorkommen zur GOK im Landkreis Emsland größtenteils unter den geforderten 500 m unter GOK zu liegen scheint und so in den Segmenten 4 und 6 wahrscheinlich ausreichend große Flächen für den Endlagerstandort zur Verfügung stehen könnten.

Die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) hinsichtlich der Tiefe der Basis unterstützen die Bewertung des Indikators, wonach für große Flächen (grün, >600 m) aller Segmente des Teilgebietes 006 im Landkreis Emsland die Ausweisung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs in einer Tiefe von mehr als 500 m Tiefe durchaus möglich sein könnte (Abbildung 6-6). Diese Annahme wird größtenteils durch die Auswertung der Schichtverzeichnisse, wie in Tabelle 5-4 dargelegt, unterstützt. Auch wenn die von uns ausgewerteten Tiefenbohrungen nicht für alle Flächen der Segmente repräsentativ sind und sich deshalb zum Teil nur bedingt Aussagen über die Geologie der Gesteine im Segment treffen lassen, lässt sich ableiten, dass die Bewertung der Indikatoren

sowie des Kriteriums durch auf nahezu alle Flächen der Segmente des Teilgebietes 006 im Landkreis Emsland übertragbar ist.

Abbildung 6-6: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 006



Quelle: verändert nach (BGE 2021). Schwarz: Gemarkung des Landkreises Emsland.

Kriterium 3 zur Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit

Alle Indikatoren und das Kriterium selbst wurden als günstig bewertet. Die Bewertung des Indikators ***Gesteinsausbildung*** wird identisch zu Teilgebiet 004 vorgenommen (vgl. siehe Kapitel 6.1). Für den Indikator ***Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit*** erfolgt die Darstellung der Bewertung wortgleich zu Teilgebiet 004. Insofern gilt auch hier, dass eine so generische Bewertung besser in den Referenzdatensatz aufgenommen würde und eine „individuelle Bewertung“ (BGE 2020j) nicht erkennbar ist.

Zum Indikator ***Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen*** wird dargestellt, dass die Beckenfazies des Norddeutschen Beckens im Unterjura vorwiegend tonig ausgeprägt sei, so „dass

ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich mit geringen Variationsbreiten der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich identifiziert werden“ (BGE 2020m) könne. Diese Begründung erscheint nachvollziehbar, bezieht sich jedoch wie in den Ausführungen in Teilgebiet 004 auf die gesamte Fläche und kann daher nur als generische Bewertung verstanden werden Eine „individuelle Bewertung“ (BGE 2020j) ist auch hier nicht erkennbar.

Wie schon am Teilgebiet 004 erläutert, wird auch für das Teilgebiet 006 der Indikator ***Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften*** mit der gleichen Begründung nachvollziehbar als günstig bewertet. Die fast kongruente Anwendung des geowissenschaftlichen Abwägungskriteriums zur *Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit* für die Teilgebiete 004 , 005 und 006 verdeutlicht allerdings noch einmal die Einschätzung, dass es sich hier um eine sehr pauschalisierte Kriterienanwendung handelt und eine Aufnahme in den Referenzdatensatz sinnvoll erscheint.

Die ausschließlich generischen Bewertungen seitens der BGE machen eine Einordnung der Ergebnisse und deren Übertragbarkeit auf das Segment des Teilgebietes 006 schwierig. Als einzig individuelle Bewertung kann die Einordnung des Sedimentationsraums des Teilgebietes interpretiert werden. Jedoch ist auch in beckenzentralen Faziesbereichen, wie sie die BGE für das gesamte Teilgebiet annimmt, immer von einer Varianz des Ablagerungsraums und damit von einer gewissen Variationsbreite der Gesteinseigenschaften auszugehen.

Kriterium 4 zur Bewertung der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse

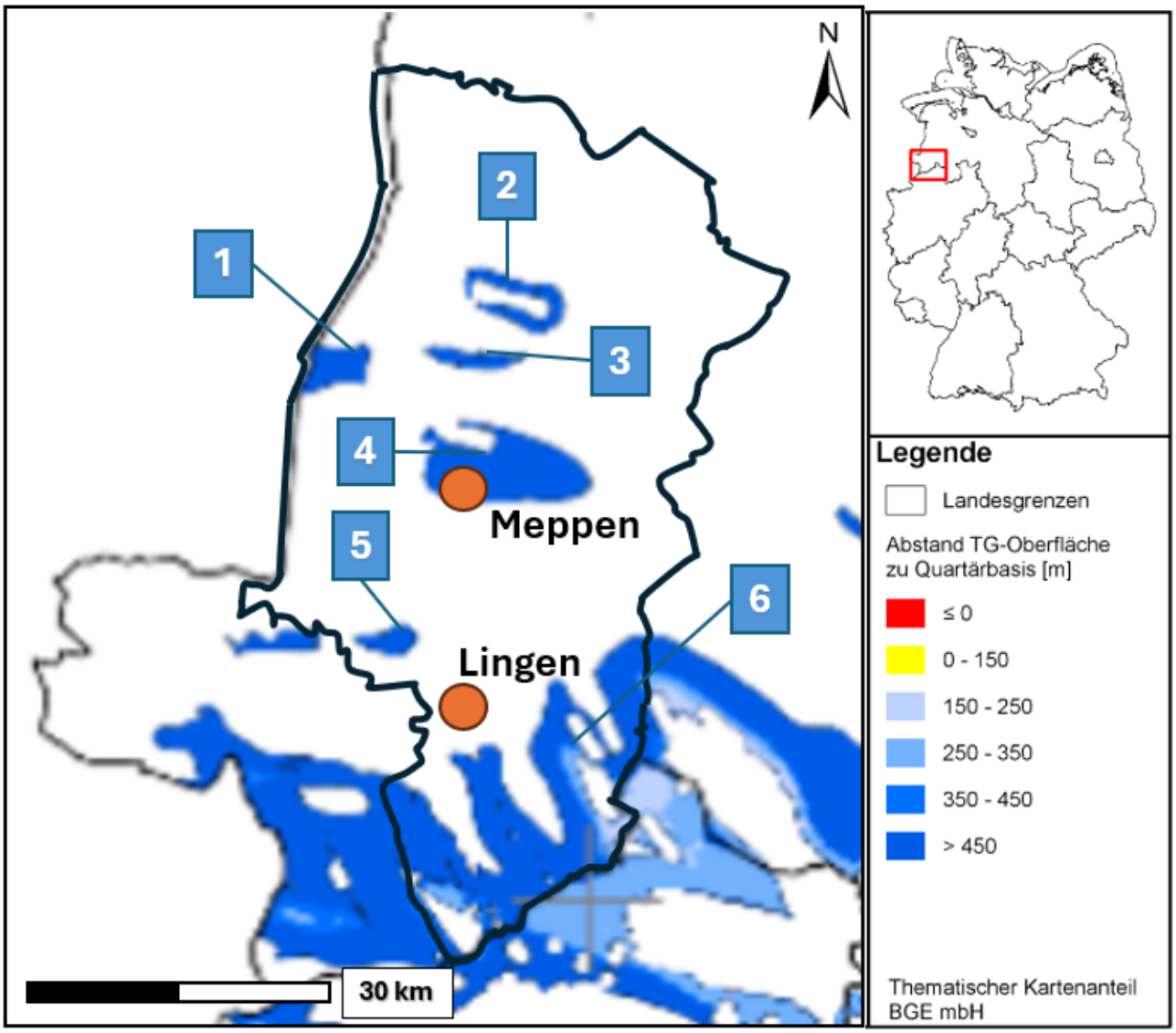
Das Kriterium und alle Indikatoren wurden als günstig bewertet. Die Darstellung des Kriteriums mit Begründung und Bewertung der Indikatoren erfolgte wortgleich zu Teilgebiet 004. Wie oben dargestellt (Kapitel 6.1), erscheint die Methodik sehr pauschal und nicht nachvollziehbar.

Kriterium 11 zur Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge

Das Kriterium wurde nach der Bewertung des am schlechtesten eingestuften Indikators als bedingt günstig gekennzeichnet. Die Darstellung im Steckbrief des Teilgebiets (BGE 2020m) ist weitgehend wortgleich mit dem Steckbrief zum Teilgebiet 004. Auch die Bewertung der Indikatoren ist identisch. Für die Indikatoren ***Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden Gesteinen, Verbreitung und Mächtigkeit grundwasserhemmender Gesteine im Deckgebirge*** **und** ***Verbreitung und Mächtigkeit erosionshemmender Gesteine im Deckgebirge des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs*** wird jeweils, analog zum Indikator *Barrierenmächtigkeit* des *Kriteriums zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper* ergänzt, dass für einen Teil des Gebiets die Abdeckung mit Punktdaten aus dem 3D-Modell unvollständig sei, dieser Teil nicht betrachtet werde und daher keine Einfluss auf die Bewertung habe.

Die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) weisen darauf hin, dass die Bewertung des Indikators ***Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden Gesteinen*** größtenteils nachvollziehbar ist (Abbildung 6-7). Die Kartendarstellungen lassen vermuten, dass ausreichend große Teile der Segmente des Teilgebietes 006 im Landkreis Emsland den Mindestabstand von 150 m zur Quartärbasis erfüllen.

Abbildung 6-7: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 004



Quelle: verändert nach (BGE 2021). Schwarz: Gemarkung des Landkreises Emsland.

Da für die beiden Teilgebiete 004 und 006 in den IG-Steckbriefen identische Teufenlagen angegeben werden, kann die zu Teilgebiet 004 getroffene Feststellung hinsichtlich der erosionshemmenden Wirkung tertiärer Deckgesteine auch für die Gesteine des Teilgebiets 006 als gültig betrachtet werden. Wo die Unterjura-Tongesteine von jüngeren Gesteinen des Juras oder der Kreide überdeckt sind, kann von einem wirksamen Erosionsschutz ausgegangen werden. Stehen, beispielsweise aufgrund tektonischer Störungen, im Hangenden des Unterjura Gesteine des Tertiär oder jünger an, ist deren erosionshemmende Wirkung im weiteren Verfahren standortspezifisch nachzuweisen. Die Bewertung der beiden ersten Indikatoren ist, analog zum Teilgebiet 004, nachvollziehbar.

Der Indikator ***Keine Ausprägung struktureller Komplikationen (zum Beispiel Störungen, Scheitelgräben, Karststrukturen) im Deckgebirge, aus denen sich subrosive, hydraulische oder mechanische Beeinträchtigungen für den ewG ergeben könnten*** wurde, wie auch im

Teilgebiet 004, als bedingt günstig bewertet. Es existieren Nachweise zu atektonischen Strukturen und Störungen, die aber aufgrund der schlechten Datenlage nicht hinsichtlich ihrer hydraulischen Wirksamkeit beurteilt werden können (BGE 2020m). Die Bewertung ist grundsätzlich nachvollziehbar.

6.4 Teilgebiet 007: Tongesteine der Unterkreide

Kriterium 2 zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper

Alle Indikatoren und das Kriterium selbst wurden als günstig bewertet. Die Begründung zur Bewertung des Indikators ***Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischem Potenzial, die die Induzierung beziehungsweise Verstärkung der Grundwasserbewegung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich ermöglichen können*** ist wortgleich mit der Begründung für das Teilgebiet 004 (siehe Kapitel 6.1).

Auch die Darstellung der Bewertung des Indikators ***Barrierenmächtigkeit*** entspricht weitgehend dem Steckbrief zu Teilgebiet 004. Die maximale Mächtigkeit wird für das Teilgebiet 007 mit 1200 m angegeben (BGE 2020n). Eine günstige Barrierenmächtigkeit von mehr als 300 m wird für eine Fläche von 7.183 km^2 angegeben. Es wird ergänzt, dass „für einen Teil des identifizierten Gebietes [...] die Abdeckung mit Punktdaten aus dem 3D-Modell unvollständig“ (BGE 2020n) sei. Dieser Teil sei für die Bewertung nicht betrachtet worden und habe daher keinen Einfluss auf die Bewertung. Einen Teil des identifizierten Gebiets bei der Ausweisung als Teilgebiet nicht zu betrachten, bedeutet jedoch auch, dass eine mögliche weniger günstige Bewertung des Indikators und damit auch des Kriteriums nicht ausgeschlossen werden kann. Insofern ist die Methodik in diesem Fall nur bedingt nachvollziehbar.

Die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) zeigen vor allem, dass in den Segmenten 4 und 6 ausreichend große Flächen bestehen könnten (Abbildung 5-14). Diese Annahme bestätigen die Auswertung der Schichtverzeichnisse der Tiefenbohrungen, wodurch die Bewertung des Indikators für diese Segmente wahrscheinlich zutrifft (Tabelle 5-5). In den anderen Segmenten bedarf es einer genaueren standortspezifischen Überprüfung der Bewertung. Hier ist anzunehmen, dass die günstige Bewertung auf die meisten Segmenten, insbesondere die Segmente 1, 2, 3, und 8 nicht übertragbar ist. Für diese Segmente ist anzunehmen, dass , dass im Fall einer erneuten Anwendung der geoWK der Indikator *Barrierenmächtigkeit* nur mit bedingt günstig oder sogar ungünstig bewertet würde.

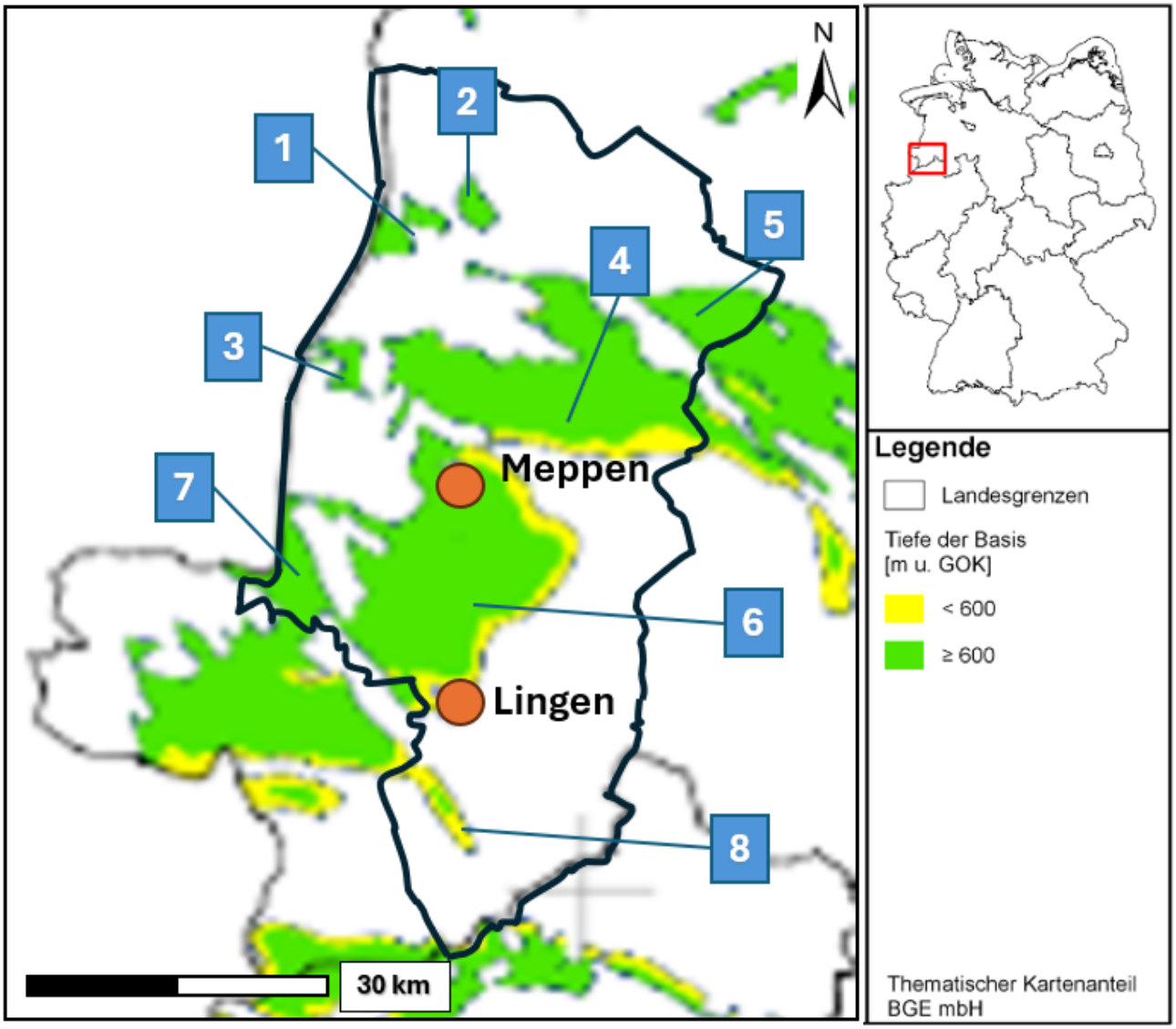
Die Indikatoren ***Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich, Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs und Flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit (Vielfaches des Mindestflächenbedarfs)*** wurden ebenfalls wortgleich zu Teilgebiet 004 mit günstig bewertet. Die Fläche des gesamten Teilgebietes wird mit 14.914 km^2 angegeben.

Zur Bewertung des Indikators ***Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich*** weisen die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) darauf hin, dass der Abstand der unterkretazischen Tongesteinsvorkommen zur GOK im Landkreises Emsland größtenteils unter den geforderten 500 m unter GOK zu liegen scheinen und so

wahrscheinlich ausreichend große Flächen in den Segmenten für den Endlagerstandort zur Verfügung stehen würde (Abbildung 5-15). Im Segment 4 und insbesondere 6 trifft dies nicht zu, wo der Abstand zur GOK in Bereichen von 100 – 200 Metern bzw. 300 -400 Metern liegt. Dadurch wird eine individuelle Bewertung des Indikators notwendig und die jetzige ist nicht für alle Segmente des Teilgebiets 007 nachvollziehbar.

Die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) hinsichtlich der Tiefe der Basis unterstützen die günstige Bewertung des Indikators. Sie zeigt, dass für große Flächen der Segmente des Teilgebietes 007 im Landkreis Emsland die Ausweisung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs in einer Tiefe von mehr als 500 m Tiefe aller Voraussicht nach möglich sein könnte (Abbildung 6-8).

Abbildung 6-8: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 007



Quelle: verändert nach (BGE 2021). Schwarz: Gemarkung des Landkreises Emsland.

Diese Annahme wird größtenteils durch die Auswertung der Schichtverzeichnisse der Tiefenbohrungen bestätigt. Zwar muss an dieser Stelle angeführt werden, dass die von uns

ausgewerteten Tiefenbohrungen nicht für alle Flächen der Segmente repräsentativ sind, weshalb sich nur bedingt Aussagen über die Geologie der Gesteine im Segment treffen lassen. Dennoch lässt sich anhand unserer Auswertungen darauf schließen, dass die Bewertung des Indikators zum jetzigen Zeitpunkt auf alle Segmente des Teilgebietes 007 im Landkreis Emsland übertragbar ist.

Kriterium 3 zur Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit

Alle Indikatoren und das Kriterium selbst wurden als günstig bewertet. Die Bewertung des Indikators ***Gesteinsausbildung*** wird identisch zu Teilgebiet 004 vorgenommen (vgl. siehe Kapitel 6.1). Für den Indikator ***Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit*** erfolgt die Darstellung der Bewertung wortgleich zu Teilgebiet 004. Somit gilt auch hier, dass eine so generische Bewertung besser in den Referenzdatensatz aufgenommen würde und eine „individuelle Bewertung“ (BGE 2020j) nicht erkennbar ist.

Zum Indikator ***Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen*** wird dargestellt, dass die Beckenfazies des Norddeutschen Beckens im Unterjura vorwiegend tonig ausgeprägt sei, so „dass ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich mit geringen Variationsbreiten der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich identifiziert werden“ (BGE 2020n) könne. Diese Begründung erscheint nachvollziehbar, bezieht sich jedoch wie in den Ausführungen in Teilgebiet 004 auf die gesamte Fläche und kann daher nur als generische Bewertung verstanden werden. Eine „individuelle Bewertung“ (BGE 2020j) ist auch hier nicht erkennbar.

Wie schon am Teilgebiet 004 erläutert, wird auch für das Teilgebiet 007 der Indikator ***Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften*** mit der gleichen Begründung nachvollziehbar als günstig bewertet. Die fast kongruente Anwendung des geowissenschaftlichen Abwägungskriteriums zur *Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit* für die Teilgebiete 004 – 007 verdeutlicht noch einmal die Einschätzung, dass es sich hier um eine sehr pauschalisierte Kriterienanwendung handelt und eine Aufnahme in den Referenzdatensatz sinnvoll erscheint.

Die ausschließlich generischen Bewertungen seitens der BGE machen eine Einordnung der Ergebnisse und deren Übertragbarkeit auf das Segment des Teilgebietes 007 schwierig. Als einzig individuelle Bewertung kann die Einordnung des Sedimentationsraums des Teilgebietes interpretiert werden. Jedoch ist auch in beckenzentralen Faziesbereichen, wie sie die BGE für das gesamte Teilgebiet annimmt, immer von einer Varianz des Ablagerungsraums und damit von einer gewissen Variationsbreite der Gesteinseigenschaften auszugehen.

Kriterium 4 zur Bewertung der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse

Das Kriterium und alle Indikatoren wurden als günstig bewertet. Die Darstellung des Kriteriums mit Begründung und Bewertung der Indikatoren erfolgte wortgleich zu Teilgebiet 004. Wie oben dargestellt (Kapitel 6.1), erscheint die Methodik sehr pauschal und nicht nachvollziehbar.

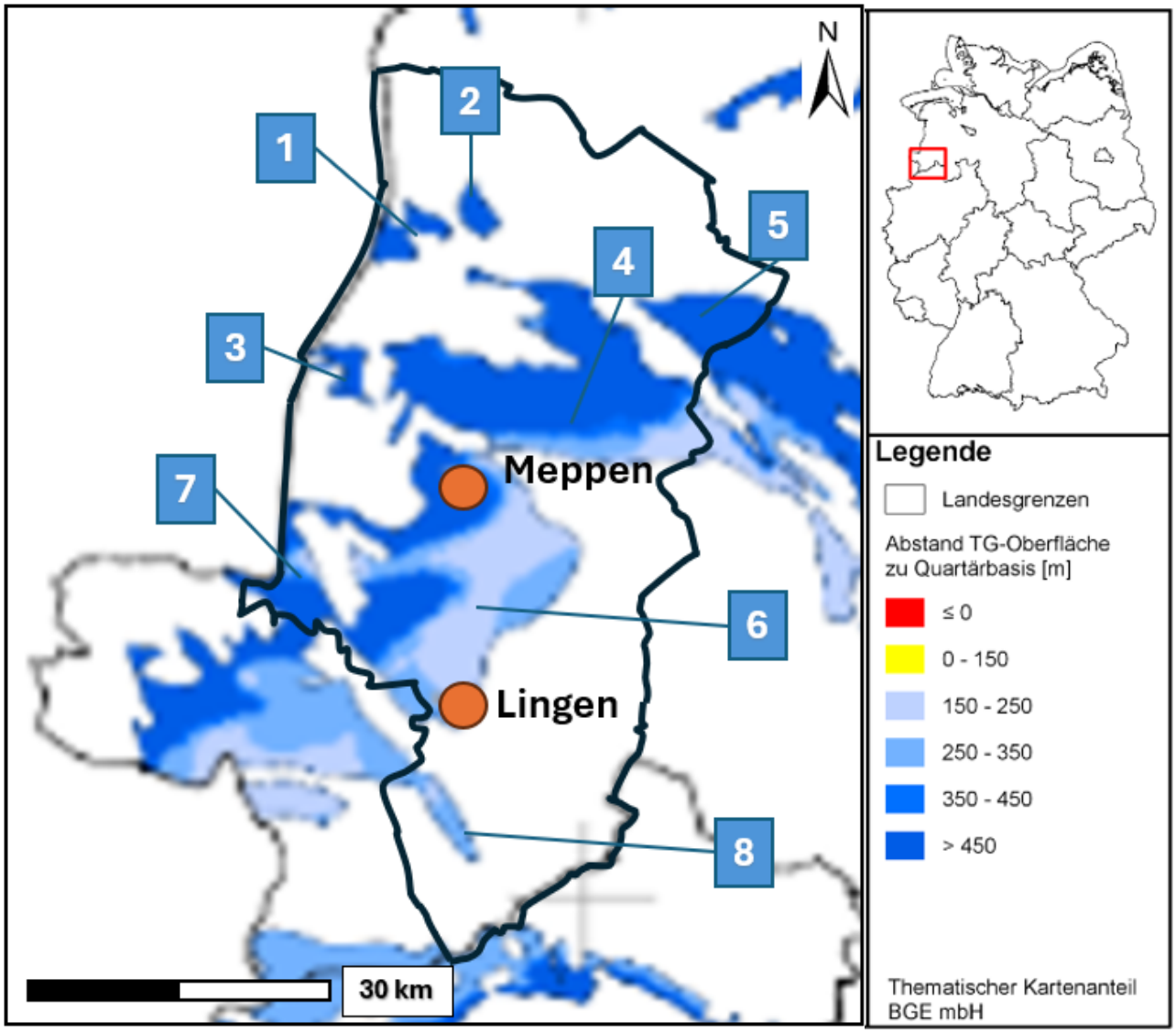
Kriterium 11 zur Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge

Das Kriterium wurde nach der Bewertung des am schlechtesten eingestuften Indikators als bedingt günstig gekennzeichnet. Die Darstellung im Steckbrief des Teilgebiets (BGE 2020n) ist weitgehend wortgleich mit dem Steckbrief zum Teilgebiet 004. Auch die Bewertung der Indikatoren ist identisch.

Für die Indikatoren ***Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden Gesteinen, Verbreitung und Mächtigkeit grundwasserhemmender Gesteine im Deckgebirge*** **und** ***Verbreitung und Mächtigkeit erosionshemmender Gesteine im Deckgebirge des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs*** wird jeweils, analog zum Indikator *Barrierenmächtigkeit* des *Kriteriums zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper* ergänzt, dass für einen Teil des Gebiets die Abdeckung mit Punktdaten aus dem 3D-Modell unvollständig sei, dieser Teil nicht betrachtet werde und daher keine Einfluss auf die Bewertung habe.

Die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) weisen darauf hin, dass die Bewertung des Indikators ***Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden Gesteinen*** größtenteils nachvollziehbar ist (Abbildung 6-9). Es ist anzunehmen, dass ausreichend große Teile der Segmente, den Mindestabstand von 150 m zur Quartärbasis erfüllen.

Abbildung 6-9: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 004



Quelle: verändert nach (BGE 2021). Schwarz: Gemarkung des Landkreises Emsland.

Da für die beiden Teilgebiete 004 – 007 in den IG-Steckbriefen identische Teufenlagen angegeben werden, kann die zu Teilgebiet 004 getroffene Feststellung hinsichtlich der erosionshemmenden Wirkung tertiärer Deckgesteine auch für die Gesteine des Teilgebiets 007 als gültig betrachtet werden. Wo die Unterkreide-Tongesteine von jüngeren Gesteinen der Oberkreide überdeckt sind, kann von einem wirksamen Erosionsschutz ausgegangen werden. Stehen, beispielsweise aufgrund tektonischer Störungen, im Hangenden der Unterkreide Gesteine des Tertiär oder jünger an, ist deren erosionshemmende Wirkung im weiteren Verfahren standortspezifisch nachzuweisen. Die Bewertung der beiden ersten Indikatoren ist, analog zum Teilgebiet 004, nachvollziehbar.

Der Indikator ***Keine Ausprägung struktureller Komplikationen (zum Beispiel Störungen, Scheitelgräben, Karststrukturen) im Deckgebirge, aus denen sich subrosive, hydraulische oder mechanische Beeinträchtigungen für den ewG ergeben könnten*** wurde, wie auch im Teilgebiet 004, als bedingt günstig bewertet. Es existieren Nachweise zu atektonischen Strukturen und Störungen, die aber aufgrund der schlechten Datenlage nicht hinsichtlich ihrer hydraulischen Wirksamkeit beurteilt werden können (BGE 2020n). Die Bewertung ist grundsätzlich nachvollziehbar.

6.5 Teilgebiet 076_03: Steinsalz in stratiformer Lagerung des Rötsalinars (oberer Bundsandstein) der Untertrias

Kriterium 2 zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper

Alle Indikatoren und das Kriterium wurden als „günstig“ eingestuft. Der Indikator ***Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischem Potenzial, die die Induzierung beziehungsweise Verstärkung der Grundwasserbewegung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich ermöglichen*** *können* wird nur für identifizierte Gebiete im Tonstein angewendet.

Der Indikator ***Barrierenmächtigkeit*** wird mit günstig bewertet, da bei der vorliegenden maximalen Mächtigkeit von 1.010 m eine Fläche von 459 km² mit einer Mächtigkeit von mehr als 300 m ausgewiesen werden kann (BGE 2020o). Als Mindestflächenbedarf werden, wie in Kapitel 2.3 ausgeführt, 3 km² angenommen. Als günstige Barrierenmächtigkeit wird abweichend von Anlage 2 zu § 24 Abs. 3 StandAG, analog zum Vorgehen in Tongesteinen, eine Mächtigkeit von 300 m angesetzt. Zur Erläuterung siehe Kapitel 6.1. Da zurzeit weder ein Standort noch ein Sicherheitskonzept für das Endlager bekannt sind, ist das Vorgehen bei der Bewertung des Indikators im Rahmen des Zwischenberichts Teilgebiete nachvollziehbar.

Auch die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) zeigen, dass in Teilen der Segmente 1 und 3 ausreichend große Flächen bestehen könnten (Abbildung 5-18). Da sich die Mächtigkeiten nicht auf die möglich auszuweisende Mächtigkeit des ewGs bezieht, ist anzunehmen, dass die Kartendarstellungen nicht im Widerspruch zur Auswertung der Schichtverzeichnisse der Tiefenbohrungen stehen (Tabelle 5-6). Da die Schichten der Untertrias im Landkreis Emsland jedoch in großen Tiefen von über 1.500 Metern auftreten und somit, bei einer maximalen Betrachtungstiefe der BGE von 1.500 Metern kein ewG ausgewiesen werden kann, ist die bloße Betrachtung der Mächtigkeiten bei der Bewertung des Indikator wenig sinnvoll. Die von uns ausgewerteten Tiefenbohrungen sind nicht für alle Flächen der Segmente repräsentativ. Deshalb lassen sich nur bedingt Aussagen über die Geologie der Gesteine innerhalb des Segments treffen. Es besteht kein Zweifel, dass das das gewünschte Wirtsgestein hier in der notwendigen Mächtigkeit vorliegt und die Bewertung des einzelnen

Indikators ist nachvollziehbar. Dennoch hat dies für die Gesamtbewertung der Segmente keine Bedeutung, da aufgrund der großen Tiefen mit einem Ausschluss der Segmente zu rechnen ist.

Der Indikator ***Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich*** wurde für alle Wirtsgesteine, wie in Kapitel 2.3 dargestellt, als günstig bewertet. Dieses Vorgehen ist im Rahmen des Zwischenberichts Teilgebiete nachvollziehbar, stellt jedoch eine sehr starke Vereinfachung dar. Siehe dazu auch Kapitel 6.1.

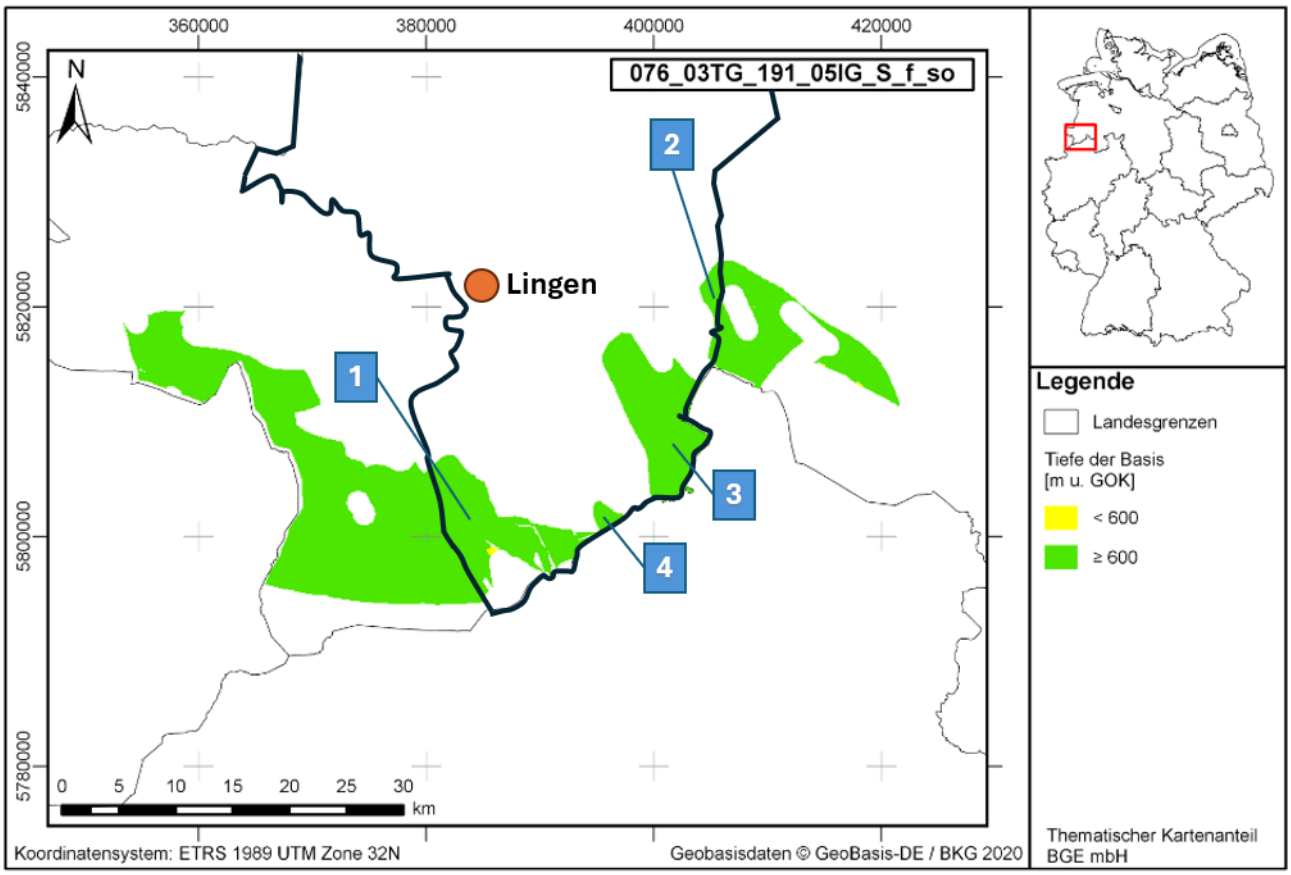
Zur Bewertung des Indikators ***Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs*** wird davon ausgegangen, dass innerhalb des identifizierten Gebietes, potenziell ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich mit einer Mächtigkeit von 100 m in einer Tiefe größer 500 m unter GOK ermittelt werden kann. Daher wird der Indikator als günstig bewertet.

Für die Segmente des Teilgebiets 076_03 im Landkreis Emsland wurde in Kapitel 5.5 an zwei Tiefenbohrungen gezeigt, dass der Abstand des Rötsalinars unterhalb von 500 m unter GOK liegt (Abbildung 5-19). Zwar muss an dieser Stelle angeführt werden, dass die von uns ausgewerteten Tiefenbohrungen nur am Rand des Segments lokalisiert sind, weshalb sich nur bedingt Aussagen über die Geologie der Gesteine im Segment treffen lassen. Doch wird die Annahme auch durch die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) bestätigt. Die Methodik und die daraus resultierende Bewertung sind nachvollziehbar.

Die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) hinsichtlich der Tiefe der Basis unterstützen ebenfalls die Bewertung des Indikators. Sie zeigen, dass für eine nicht zu vernachlässigende Fläche der Segmente des Teilgebietes 076_03 im Landkreis Emsland die Ausweisung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs in einer Tiefe von mehr als 500 m Tiefe aller Voraussicht nach möglich sein könnte (Abbildung 6-10).

Der Indikator ***Flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit*** wird ebenfalls als günstig eingestuft, da die Fläche des identifizierten Gebietes mit 459 km² deutlich oberhalb des als günstig angenommenen dreifachen Flächenbedarfs (siehe Kapitel 2.3) von 9 km^2 für einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich liegt. Dabei wurde nur die Gesamtfläche des Teilgebiets berücksichtigt. Die Anwendung ist nachvollziehbar, jedoch sollte im Fall einer erneuten Anwendung der geoWK jedes Segment eines Teilgebietes individuell bewertet werden. In diesem Zusammenhang ist zu erwarten, dass die Bewertung der Indikatoren für ein einzelnes Segment ggf. nur noch bedingt günstig oder sogar ungünstig ausfallen könnte.

Abbildung 6-10: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 076_03



Quelle: verändert nach (BGE 2021). Schwarz: Gemarkung des Landkreises Emsland.

Kriterium 3 zur Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit

Für Gebiete mit Steinsalz in stratiformer Lagerung richtet sich die Bewertung des Kriteriums, wie für Gebiete in Tongestein, nach der schlechtesten Bewertung eines Indikators. Alle Indikatoren und das Kriterium wurden für das Teilgebiet 076_03 als günstig bewertet. Wie für Teilgebiete in steil stehenden Salzformationen und in Tongestein erfolgte die Bewertung anhand von Fachliteratur.

Der Indikator ***Gesteinsausbildung*** wurde als günstig bewertet, da die „horizontale Lagerung von Steinsalz [...] eine gute Vorhersagbarkeit der räumlichen Verteilung von Gesteinstypen“ (BGE 2020o) zulasse. Diese Bewertung kann als nachvollziehbar und plausibel angesehen werden.

Zum Indikator ***Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit*** wird ausgeführt, „da es sich um stratiforme Ablagerungen“ handele, sei „ohne gegenteilige Informationen oder Untersuchungen davon auszugehen, dass das identifizierte Gebiet ungestört“ (BGE 2020o) sei. Gleichzeitig wird darauf hingewiesen, dass „die Auswirkungen der salztektonischen Überprägung des ursprünglichen Gesteinsverbandes in Salzstrukturen [...] differenziert und standortspezifisch zu beurteilen“ (BGE 2020o) seien. Die günstige Bewertung ist nachvollziehbar und sollte aber im Fall einer Ausweisung von Segmenten des Teilgebiets 076_03 im

Landkreis Emsland als Teiluntersuchungsraum bei erneuter Anwendung standortspezifisch überprüft werden.

Auch für die „genaue Verifizierung“ der ***Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich*** sind „standortspezifische Untersuchungen sowie die Festlegung der räumlichen Lage des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs notwendig“ (BGE 2020o). Aufgrund der Datenlage, die für den Zwischenbericht Teilgebiete zur Verfügung steht, wurde angenommen, dass „flächenhaft ausreichend große Bereiche innerhalb des identifizierten Gebiets vorhanden“ (BGE 2020o) seien, die dem Indikator genügen. Daher wurde er als günstig bewertet. Auch diese Bewertung erscheint plausibel und nachvollziehbar.

Das gilt auch für den Indikator ***Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften***, der ebenfalls mangels standortspezifischer Informationen und Daten anhand bekannter Informationen zu vergleichbaren Gesteinsabfolgen bewertet wird. Da alle Indikatoren zwar nachvollziehbar, aber mangels standort- oder gebietsspezifischer Informationen nur pauschal bewertet wurden, hätte auch die Bewertung des geowissenschaftlichen Abwägungskriteriums 3 für Steinsalz in stratiformer Lagerung in den Referenzdatensatz aufgenommen werden können.

Kriterium 4 zur Bewertung der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse

Analog zur Anwendung in Tongesteinen erfolgte die Bewertung des Kriteriums für Steinsalz in stratiformer Lagerung anhand von Fachliteratur. Alle Indikatoren und das Kriterium wurden als günstig bewertet. Zur detaillierten Begründung der Bewertung wird auf Anhang 5 zum Fachbericht zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (BGE 2020j) verwiesen. Darin wird im Wesentlichen die Entwicklungsgeschichte des Norddeutschen Beckens grob zusammengefasst.

Nach Anlage 4 zu § 24 Abs. 3 StandAG ist das geowissenschaftliche Abwägungskriterium als günstig zu bewerten, wenn über einen Zeitraum von 10 Millionen Jahren keine Änderung in den Merkmalen der einzelnen Indikatoren aufgetreten ist. Sowohl der Steckbrief des Teilgebiets (BGE 2020o) als auch der Fachbericht zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien setzen sich nicht detailliert mit dieser Anforderung auseinander.

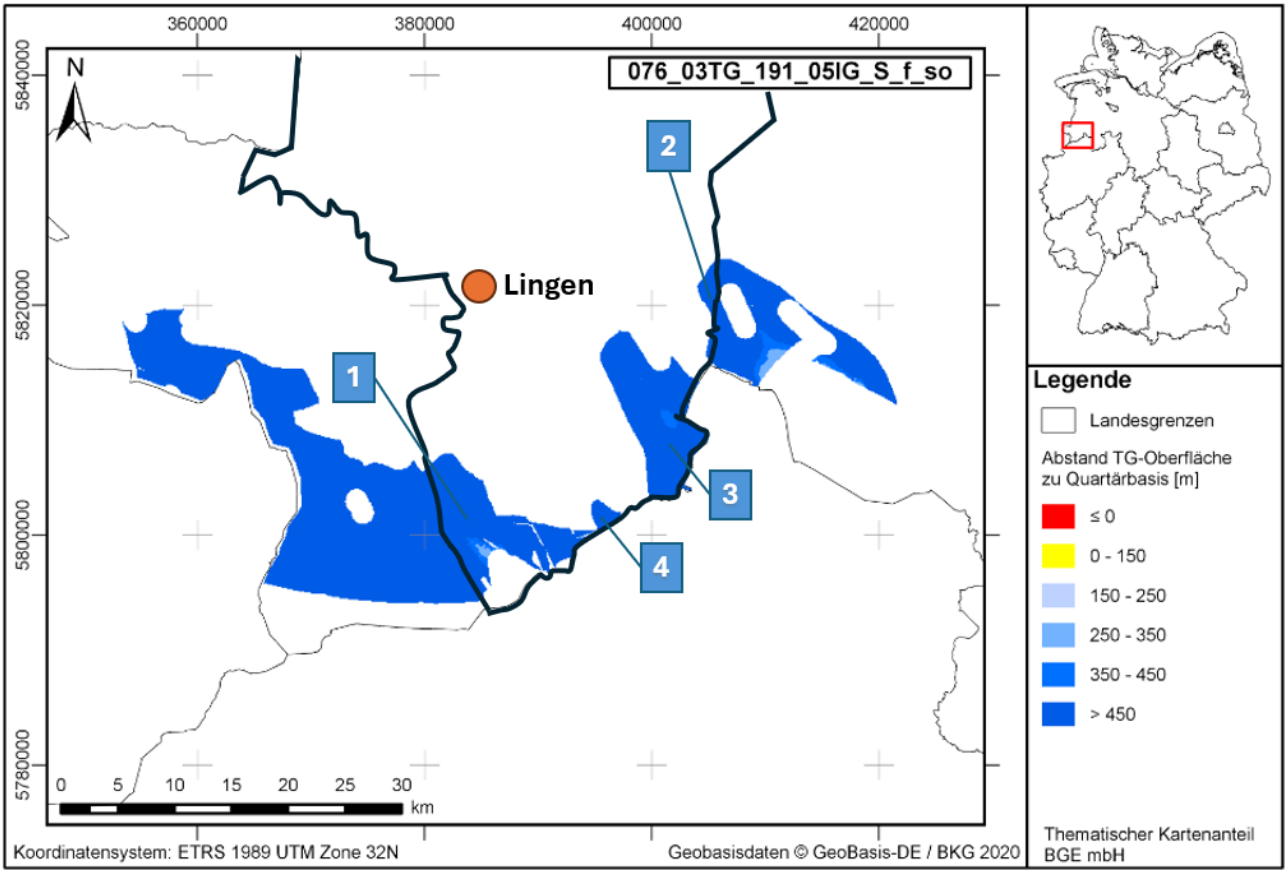
Unter der Annahme, dass die Darstellung der Entwicklungsgeschichte des Norddeutschen Beckens belegt, dass innerhalb der letzten 10 Millionen Jahre im Teilgebiet 076_03 stabile günstige Verhältnisse vorgeherrscht haben, kann die Bewertung als nachvollziehbar angesehen werden. In weiteren Verfahrensschritten muss diese Annahme jedoch durch reale Daten, bspw. durch Datierungen von Mineralneubildungen und -umbildungen in Störungszonen, belegt werden.

Kriterium 11 zur Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge

Das Kriterium wird als bedingt günstig bewertet, da der Indikator ***Keine Ausprägung struktureller Komplikationen (zum Beispiel Störungen, Scheitelgräben, Karststrukturen) im Deckgebirge, aus denen sich subrosive, hydraulische oder mechanische Beeinträchtigungen für den ewG ergeben könnten*** als bedingt günstig eingestuft wird. Zur Begründung wird angeführt, dass Nachweise zu Störungen innerhalb des Gebiets vorhanden seien, jedoch eine Bewertung der hydraulischen Wirksamkeit aufgrund der vorliegenden Informationen nicht möglich sei (BGE 2020o). Diese Bewertung ist für die Anwendung im Rahmen des Zwischenberichts Teilgebiete nachvollziehbar.

Zur Bewertung der Indikatoren ***Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden Gesteinen, Verbreitung und Mächtigkeit grundwasserhemmender Gesteine im Deckgebirge*** **und** ***Verbreitung und Mächtigkeit erosionshemmender Gesteine im Deckgebirge des*** **einschlusswirksamen Gebirgsbereichs** wird jeweils ausgeführt, dass „große Teile des identifizierten Gebiets [...] einen Abstand von größer 150 Metern zwischen der Oberfläche der endlagerrelevanten Gesteinsabfolge und der Basis des Quartär“ aufweisen. Dadurch sei „eine mächtige vollständige Überdeckung durch Gesteine des Tertiär oder älter, welche als potenziell erosionshemmend betrachtet werden, für weite Teile des identifizierten Gebiets gegeben“ (BGE 2020o). Diese Einschätzung kann angesichts der im Zwischenbericht Teilgebiete dargestellten Datenlage gefolgt werden. Gemäß den Ausführungen der ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) scheinen die Steinsalzformation des Rötsalinars den Abstand zur Quartärbasis im Landkreis Emsland von mindestens 150 m zu erfüllen (Abbildung 6-11).Die Einschätzung der Indikatoren und des Kriteriums erscheint nachvollziehbar.

Abbildung 6-11: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 076_03



Quelle: verändert nach (BGE 2021). Schwarz: Gemarkung des Landkreises Emsland.

6.6 Teilgebiet 077: Steinsalz in stratiformer Lagerung des Malms (Oberjura)

Kriterium 2 zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper

Alle Indikatoren und das Kriterium wurden als „günstig“ eingestuft. Der Indikator ***Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischem Potenzial, die die Induzierung beziehungsweise Verstärkung der Grundwasserbewegung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich ermöglichen können*** wird nur für identifizierte Gebiete im Tonstein angewendet.

Der Indikator ***Barrierenmächtigkeit*** wird mit günstig bewertet, da bei der vorliegenden maximalen Mächtigkeit von 1.200 m eine Fläche von 3.637 km² mit einer Mächtigkeit von mehr als 300 m ausgewiesen werden kann (BGE 2020p). Als Mindestflächenbedarf werden, wie in Kapitel 2.3 ausgeführt, 3 km² angenommen. Als günstige Barrierenmächtigkeit wird abweichend von Anlage 2 zu § 24 Abs. 3 StandAG, analog zum Vorgehen in Tongesteinen, eine Mächtigkeit von 300 m angesetzt. Zur Erläuterung siehe Kapitel 6.1. Da zurzeit weder ein Standort noch ein Sicherheitskonzept für das Endlager bekannt sind, ist das Vorgehen bei der Bewertung des Indikators im Rahmen des Zwischenberichts Teilgebiete nachvollziehbar.

Die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) zeigen, dass gerade in Teilen des Segments 4 ausreichend große Flächen bestehen könnten (Abbildung 5-22). Diese Annahmen werden durch die Auswertung der Schichtverzeichnissen der Tiefenbohrungen größtenteils unterstützt. Dennoch ist eine genauere standortspezifische Überprüfung des Indikators durch eine individuellere Anwendung der geoWK auf die Segmente des Teilgebietes 077 im Landkreis Emsland notwendig.

Der Indikator ***Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich*** wurde für alle Wirtsgesteine, wie in Kapitel 2.3 dargestellt, als günstig bewertet. Dieses Vorgehen ist im Rahmen des Zwischenberichts Teilgebiete nachvollziehbar, stellt jedoch eine sehr starke Vereinfachung dar. Siehe dazu auch Kapitel 6.1.

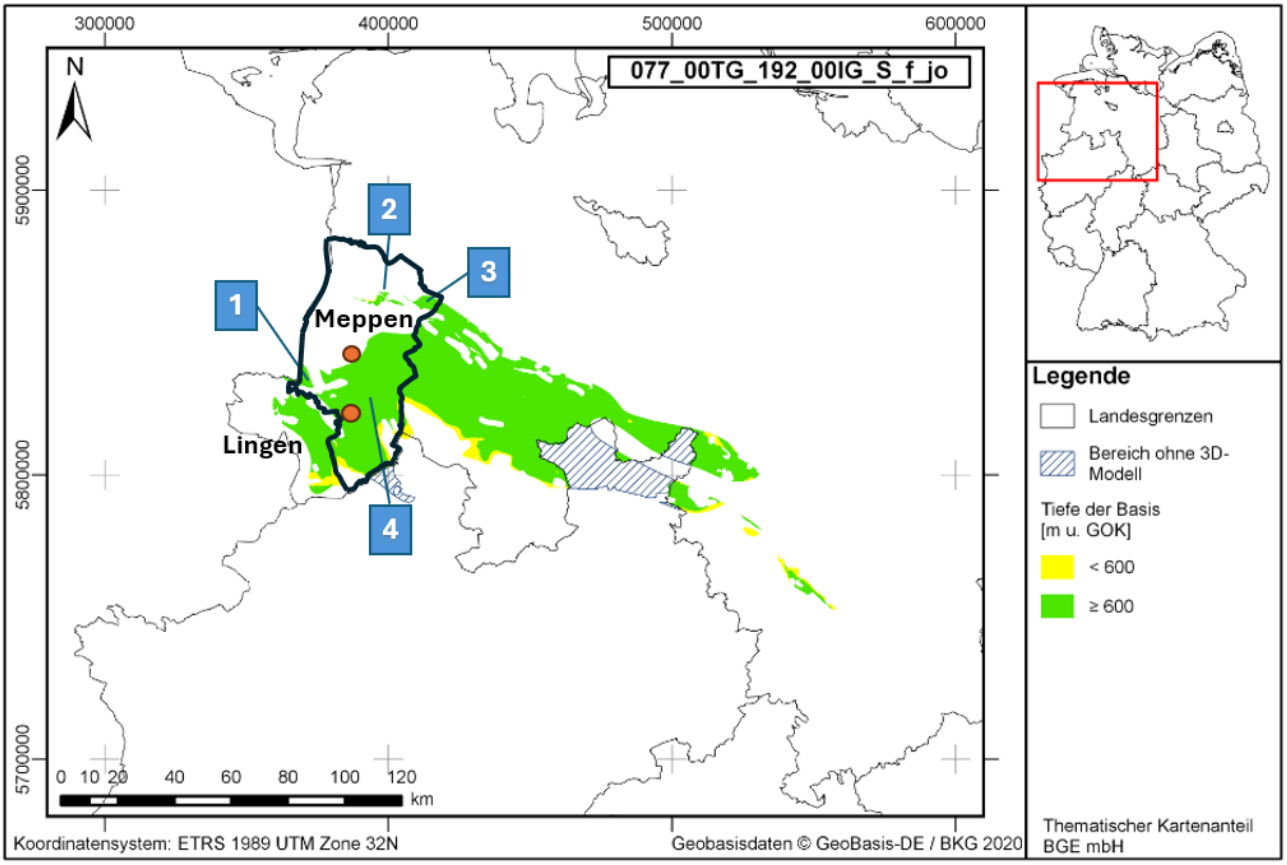
Zur Bewertung des Indikators ***Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs*** wird davon ausgegangen, dass innerhalb des identifizierten Gebietes, potenziell ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich mit einer Mächtigkeit von 100 m in einer Tiefe größer 500 m unter GOK ermittelt werden kann. Daher wird der Indikator als günstig bewertet.

Für das Segment 4 des Teilgebiets 077 im Landkreis Emsland wurde in Kapitel 5.6 an mehreren Tiefenbohrungen gezeigt, dass der Abstand der oberjurassischen Steinsalzformationen in großen Teilen des Segments 4 unterhalb von 500 m unter GOK liegen. Diese Annahme wird auch durch die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) bestätigt (Abbildung 5-23). Die Methodik und die daraus resultierende Bewertung sind nachvollziehbar. Eine genauere und standortspezifische Überprüfung der Bewertung des Indikators ist bei erneuter Anwendung der geoWK insbesondere für Segment 4 zwingend notwendig. Es ist nicht auszuschließen, dass in Segment 4 bei erneuter Anwendung des Indikators größere Flächen nur noch als bedingt günstig bzw. sogar ungünstig bewertet werden könnten.

Die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) hinsichtlich der Tiefe der Basis unterstützen die Bewertung

des Indikators, wonach eine nicht zu vernachlässigende Fläche des Segments 4 des Teilgebietes 077 im Landkreis Emsland darauf hinweisen, dass die Ausweisung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs in einer Tiefe von mehr als 500 m Tiefe aller Voraussicht nach möglich ist (Abbildung 6-12).

Abbildung 6-12: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 077



Quelle: verändert nach (BGE 2021). Schwarz: Gemarkung des Landkreises Emsland.

Der Indikator ***Flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit*** wird ebenfalls als günstig eingestuft, da die Fläche des identifizierten Gebietes mit 4.992 km² deutlich oberhalb des als günstig angenommenen dreifachen Flächenbedarfs (siehe Kapitel 2.3) von 9 km² für einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich liegt. Dabei wurde nur die Gesamtfläche des Teilgebiets berücksichtigt. Die Anwendung ist nachvollziehbar, jedoch sollte im Fall einer erneuten Anwendung der geoWK jedes Segment eines Teilgebietes individuell bewertet werden.

Kriterium 3 zur Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit

Für Gebiete mit Steinsalz in stratiformer Lagerung richtet sich die Bewertung des Kriteriums, wie für Gebiete in Tongestein, nach der schlechtesten Bewertung eines Indikators. Alle Indikatoren und das Kriterium wurden für das Teilgebiet 077 als günstig bewertet. Wie für Teilgebiete in steil stehenden Salzformationen und in Tongestein erfolgte die Bewertung anhand von Fachliteratur.

Der Indikator ***Gesteinsausbildung*** wurde als günstig bewertet, da die „horizontale Lagerung von Steinsalz [...] eine gute Vorhersagbarkeit der räumlichen Verteilung von Gesteinstypen“ (BGE 2020p) zulasse. Diese Bewertung kann als nachvollziehbar und plausibel angesehen werden.

Zum Indikator ***Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit*** wird ausgeführt, „da es sich um stratiforme Ablagerungen“ handele, sei „ohne gegenteilige Informationen oder Untersuchungen davon auszugehen, dass das identifizierte Gebiet ungestört“ (BGE 2020p) sei. Gleichzeitig wird darauf hingewiesen, dass „die Auswirkungen der salztektonischen Überprägung des ursprünglichen Gesteinsverbandes in Salzstrukturen [...] differenziert und standortspezifisch zu beurteilen“ (BGE 2020p) seien. Die günstige Bewertung ist nachvollziehbar, sollte aber im Fall einer Ausweisung des Teilgebiets 077 als Teiluntersuchungsraum bei erneuter Anwendung standortspezifisch überprüft werden.

Auch für die „genaue Verifizierung“ der ***Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich*** sind „standortspezifische Untersuchungen sowie die Festlegung der räumlichen Lage des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs notwendig“. Aufgrund der Datenlage, die für den Zwischenbericht Teilgebiete zur Verfügung steht, wurde angenommen, dass „flächenhaft ausreichend große Bereiche innerhalb des identifizierten Gebiets vorhanden“ (BGE 2020p) seien, die dem Indikator genügen. Daher wurde er als günstig bewertet. Auch diese Bewertung erscheint plausibel und nachvollziehbar.

Das gilt auch für den Indikator ***Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften***, der ebenfalls mangels standortspezifischer Informationen und Daten anhand bekannter Informationen zu vergleichbaren Gesteinsabfolgen bewertet wird. Da alle Indikatoren zwar nachvollziehbar, aber mangels standort- oder gebietsspezifischer Informationen nur pauschal, bewertet wurden, hätte auch die Bewertung des geowissenschaftlichen Abwägungskriteriums 3 für Steinsalz in stratiformer Lagerung in den Referenzdatensatz aufgenommen werden können.

Kriterium 4 zur Bewertung der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse

Analog zur Anwendung in Tongesteinen erfolgte die Bewertung des Kriteriums für Steinsalz in stratiformer Lagerung anhand von Fachliteratur. Alle Indikatoren und das Kriterium wurden als günstig bewertet. Zur detaillierten Begründung der Bewertung wird auf Anhang 5 zum Fachbericht zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (BGE 2020j) verwiesen. Darin wird im Wesentlichen die Entwicklungsgeschichte des Norddeutschen Beckens grob zusammengefasst.

Nach Anlage 4 zu § 24 Abs. 3 StandAG ist das geowissenschaftliche Abwägungskriterium als günstig zu bewerten, wenn über einen Zeitraum von 10 Millionen Jahren keine Änderung in den Merkmalen der einzelnen Indikatoren aufgetreten ist. Sowohl der Steckbrief des Teilgebiets (BGE 2020p) als auch der Fachbericht zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien setzen sich nicht detailliert mit dieser Anforderung auseinander.

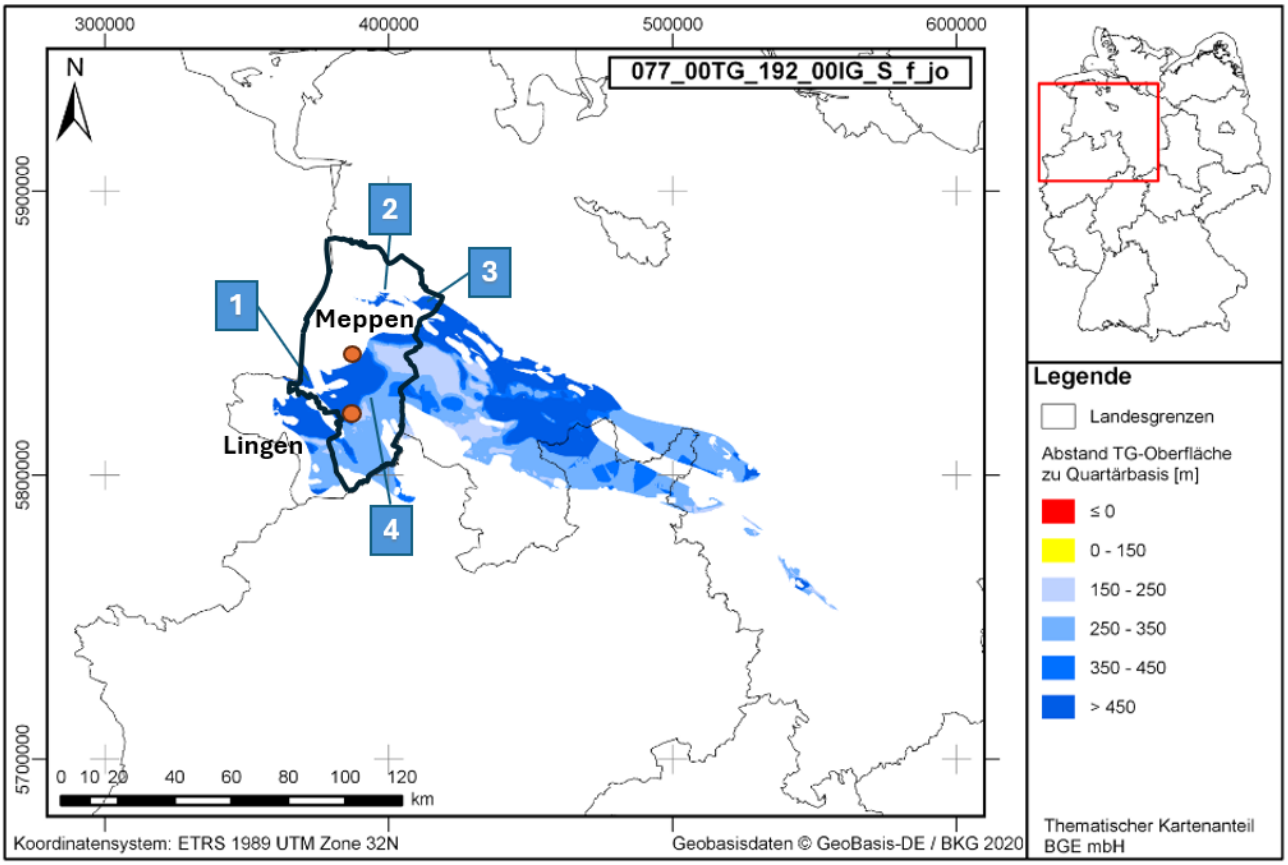
Unter der Annahme, die Darstellung der Entwicklungsgeschichte des Norddeutschen Beckens belege, dass innerhalb der der letzten 10 Millionen Jahre im Teilgebiet 077 stabile günstige Verhältnisse vorgeherrscht haben, kann die Bewertung als nachvollziehbar angesehen werden. In weiteren Verfahrensschritten muss diese Annahme jedoch durch reale Daten, bspw. durch Datierungen von Mineralneubildungen und -umbildungen in Störungszonen, belegt werden.

Kriterium 11 zur Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge

Das Kriterium wird als bedingt günstig bewertet, da der Indikator ***Keine Ausprägung struktureller Komplikationen (zum Beispiel Störungen, Scheitelgräben, Karststrukturen) im Deckgebirge, aus denen sich subrosive, hydraulische oder mechanische Beeinträchtigungen für den ewG ergeben könnten*** als bedingt günstig eingestuft wird. Zur Begründung wird angeführt, dass Nachweise zu Störungen innerhalb des Gebiets vorhanden seien, jedoch eine Bewertung der hydraulischen Wirksamkeit aufgrund der vorliegenden Informationen nicht möglich sei (BGE 2020p). Diese Bewertung ist für die Anwendung im Rahmen des Zwischenberichts Teilgebiete nachvollziehbar.

Zur Bewertung der Indikatoren ***Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden Gesteinen, Verbreitung und Mächtigkeit grundwasserhemmender Gesteine im Deckgebirge*** **und** ***Verbreitung und Mächtigkeit erosionshemmender Gesteine im Deckgebirge des*** **einschlusswirksamen Gebirgsbereichs** wird jeweils ausgeführt, dass „große Teile des identifizierten Gebiets [...] einen Abstand von größer 150 Metern zwischen der Oberfläche der endlagerrelevanten Gesteinsabfolge und der Basis des Quartär“ aufweisen. Dadurch sei „eine mächtige vollständige Überdeckung durch Gesteine des Tertiär oder älter, welche als potenziell erosionshemmend betrachtet werden, für weite Teile des identifizierten Gebiets gegeben“ (BGE 2020p). Diese Einschätzung kann angesichts der im Zwischenbericht Teilgebiete dargestellten Datenlage gefolgt werden. Gemäß den Ausführungen der ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) scheinen die Steinsalzformation des Malms den Abstand zur Quartärbasis in den Segmenten im Landkreis Emsland von mindestens 150 m zu erfüllen (Abbildung 6-13). Die Einschätzung der Indikatoren und des Kriteriums erscheint nachvollziehbar.

Abbildung 6-13: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) in den Segmenten des Landkreises Emsland im Teilgebiet 077



Quelle: verändert nach (BGE 2021). Schwarz: Gemarkung des Landkreises Emsland.

6.7 Teilgebiet 078_06: Steinsalz in stratiformer Lagerung des Zechsteins (oberes Perm)

Kriterium 2 zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper

Alle Indikatoren und das Kriterium wurden als „günstig“ eingestuft. Der Indikator ***Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischem Potenzial, die die Induzierung beziehungsweise Verstärkung der Grundwasserbewegung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich ermöglichen können*** wird nur für identifizierte Gebiete im Tonstein angewendet.

Der Indikator ***Barrierenmächtigkeit*** wird mit günstig bewertet, da bei der vorliegenden maximalen Mächtigkeit von 830 m eine Fläche von 410 km² mit einer Mächtigkeit von mehr als 300 m ausgewiesen werden kann (BGE 2020q). Als Mindestflächenbedarf werden, wie in Kapitel 2.3 ausgeführt, 3 km² angenommen. Als günstige Barrierenmächtigkeit wird abweichend von Anlage 2 zu § 24 Abs. 3 StandAG, analog zum Vorgehen in Tongesteinen, eine Mächtigkeit von 300 m angesetzt. Zur Erläuterung siehe Kapitel 6.1. Da zurzeit weder ein Standort noch ein Sicherheitskonzept für das Endlager bekannt sind, ist das Vorgehen bei der Bewertung des Indikators im Rahmen des Zwischenberichts Teilgebiete nachvollziehbar.

Die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) zeigen, dass für das gesamte Segment keine ausreichend große Flächen bestehen (Abbildung 5-26). Bei der erneuten Anwendung der geoWK im Rahmen der rvSU sollte das Segment eines Teilgebietes individuell bewertet werden. In diesem Zusammenhang ist zu erwarten, dass die Bewertung der Indikatoren für das Segment des Teilgebietes 078_06 im Landkreis Emsland ggf. nur noch bedingt günstig oder sogar ungünstig ausfallen könnte.

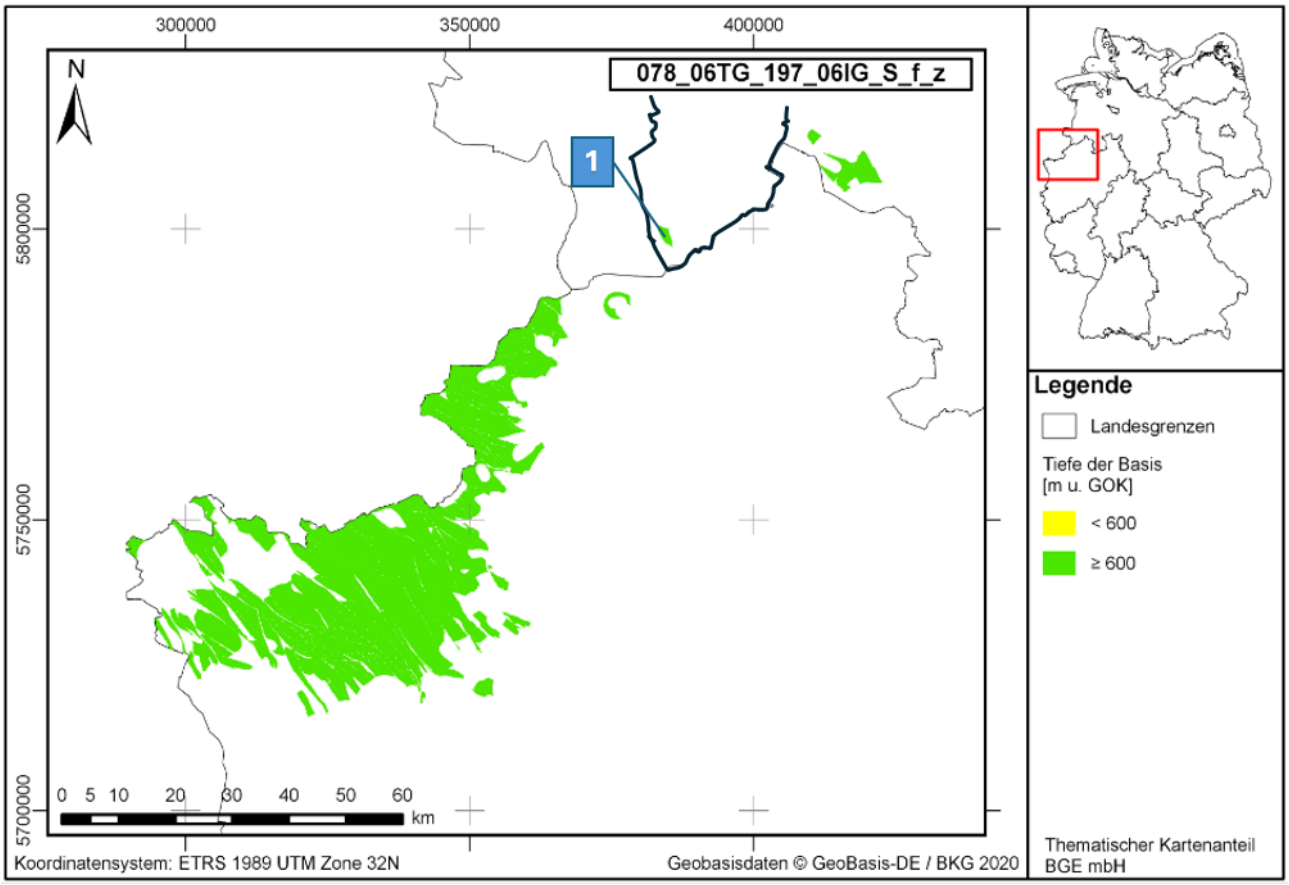
Der Indikator ***Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich*** wurde für alle Wirtsgesteine, wie in Kapitel 2.3 dargestellt, als günstig bewertet. Dieses Vorgehen ist im Rahmen des Zwischenberichts Teilgebiete nachvollziehbar, stellt jedoch eine sehr starke Vereinfachung dar. Siehe dazu auch Kapitel 6.1.

Zur Bewertung des Indikators ***Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs*** wird davon ausgegangen, dass innerhalb des identifizierten Gebietes, potenziell ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich mit einer Mächtigkeit von 100 m in einer Tiefe größer 500 m unter GOK ermittelt werden kann. Daher wird der Indikator als günstig bewertet.

Für das Segment des Teilgebiets 078_06 im Landkreis Emsland zeigen die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021), dass der Abstand der Steinsalzformationen des Zechsteins in Teilen des nördlichen Segments unterhalb von 500 m unter GOK liegen (Abbildung 5-27). Die Methodik und die daraus resultierende Bewertung sind nachvollziehbar.

Die ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) hinsichtlich der Tiefe der Basis unterstützen die Bewertung des Indikators, wonach die gesamte Fläche des Segments des Teilgebietes 078_06 im Landkreis Emsland darauf hinweisen, dass die Ausweisung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs in einer Tiefe von mehr als 500 m Tiefe aller Voraussicht nach möglich ist (Abbildung 6-14).

Abbildung 6-14: Darstellung der Tiefe der Basis (Bewertung der Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG) im Segment des Landkreises Emsland im Teilgebiet 078_06



Quelle: verändert nach (BGE 2021). Schwarz: Gemarkung des Landkreises Emsland.

Der Indikator ***Flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit*** wird ebenfalls als günstig eingestuft, da die Fläche des identifizierten Gebietes mit 1.541 km² deutlich oberhalb des als günstig angenommenen dreifachen Flächenbedarfs (siehe Kapitel 2.3) von 9 km² für einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich liegt. Dabei wurde nur die Gesamtfläche des Teilgebiets berücksichtigt. Die Anwendung ist nachvollziehbar, jedoch sollte bei der erneuten Anwendung der geoWK im Rahmen der rvSU jedes Segment eines Teilgebietes individuell bewertet werden. In diesem Zusammenhang ist zu erwarten, dass die Bewertung der Indikatoren für ein einzelnes Segmente ggf. nur noch bedingt günstig oder sogar ungünstig ausfallen könnte.

Kriterium 3 zur Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit

Für Gebiete mit Steinsalz in stratiformer Lagerung richtet sich die Bewertung des Kriteriums, wie für Gebiete in Tongestein, nach der schlechtesten Bewertung eines Indikators. Alle Indikatoren und das Kriterium wurden für das Teilgebiet 078_06 als günstig bewertet. Wie für Teilgebiete in steil stehenden Salzformationen und in Tongestein erfolgte die Bewertung anhand von Fachliteratur.

Der Indikator ***Gesteinsausbildung*** wurde als günstig bewertet, da die „horizontale Lagerung von Steinsalz [...] eine gute Vorhersagbarkeit der räumlichen Verteilung von Gesteinstypen“ (BGE 2020q) zulasse. Diese Bewertung kann als nachvollziehbar und plausibel angesehen werden.

Zum Indikator ***Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit*** wird ausgeführt, „da es sich um stratiforme Ablagerungen“ handele, sei „ohne gegenteilige Informationen oder Untersuchungen davon auszugehen, dass das identifizierte Gebiet ungestört“ (BGE 2020q) sei. Gleichzeitig wird darauf hingewiesen, dass „die Auswirkungen der salztektonischen Überprägung des ursprünglichen Gesteinsverbandes in Salzstrukturen [...] differenziert und standortspezifisch zu beurteilen“ (BGE 2020q) seien. Die günstige Bewertung ist nachvollziehbar und sollte aber im Fall einer Ausweisung des Teilgebiets 078_06 als Teiluntersuchungsraum bei erneuter Anwendung standortspezifisch überprüft werden.

Auch für die „genaue Verifizierung“ der ***Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich*** sind „standortspezifische Untersuchungen sowie die Festlegung der räumlichen Lage des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs notwendig“ (BGE 2020q). Aufgrund der Datenlage, die für den Zwischenbericht Teilgebiete zur Verfügung steht, wurde angenommen, dass „flächenhaft ausreichend große Bereiche innerhalb des identifizierten Gebiets vorhanden“ (BGE 2020q) seien, die dem Indikator genügen. Daher wurde er als günstig bewertet. Auch diese Bewertung erscheint plausibel und nachvollziehbar.

Das gilt auch für den Indikator ***Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften***, der ebenfalls mangels standortspezifischer Informationen und Daten anhand bekannter Informationen zu vergleichbaren Gesteinsabfolgen bewertet wird. Da alle Indikatoren zwar nachvollziehbar, aber mangels standort- oder gebietsspezifischer Informationen nur pauschal, bewertet wurden, hätte auch die Bewertung des geowissenschaftlichen Abwägungskriteriums 3 für Steinsalz in stratiformer Lagerung in den Referenzdatensatz aufgenommen werden können.

Kriterium 4 zur Bewertung der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse

Analog zur Anwendung in Tongesteinen erfolgte die Bewertung des Kriteriums für Steinsalz in stratiformer Lagerung anhand von Fachliteratur. Alle Indikatoren und das Kriterium wurden als günstig bewertet. Zur detaillierten Begründung der Bewertung wird auf Anhang 5 zum Fachbericht zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (BGE 2020j) verwiesen. Darin wird im Wesentlichen die Entwicklungsgeschichte des Norddeutschen Beckens grob zusammengefasst.

Nach Anlage 4 zu § 24 Abs. 3 StandAG ist das geowissenschaftliche Abwägungskriterium als günstig zu bewerten, wenn über einen Zeitraum von 10 Millionen Jahren keine Änderung in den Merkmalen der einzelnen Indikatoren aufgetreten ist. Sowohl der Steckbrief des Teilgebiets (BGE 2020q) als auch der Fachbericht zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien setzen sich nicht detailliert mit dieser Anforderung auseinander.

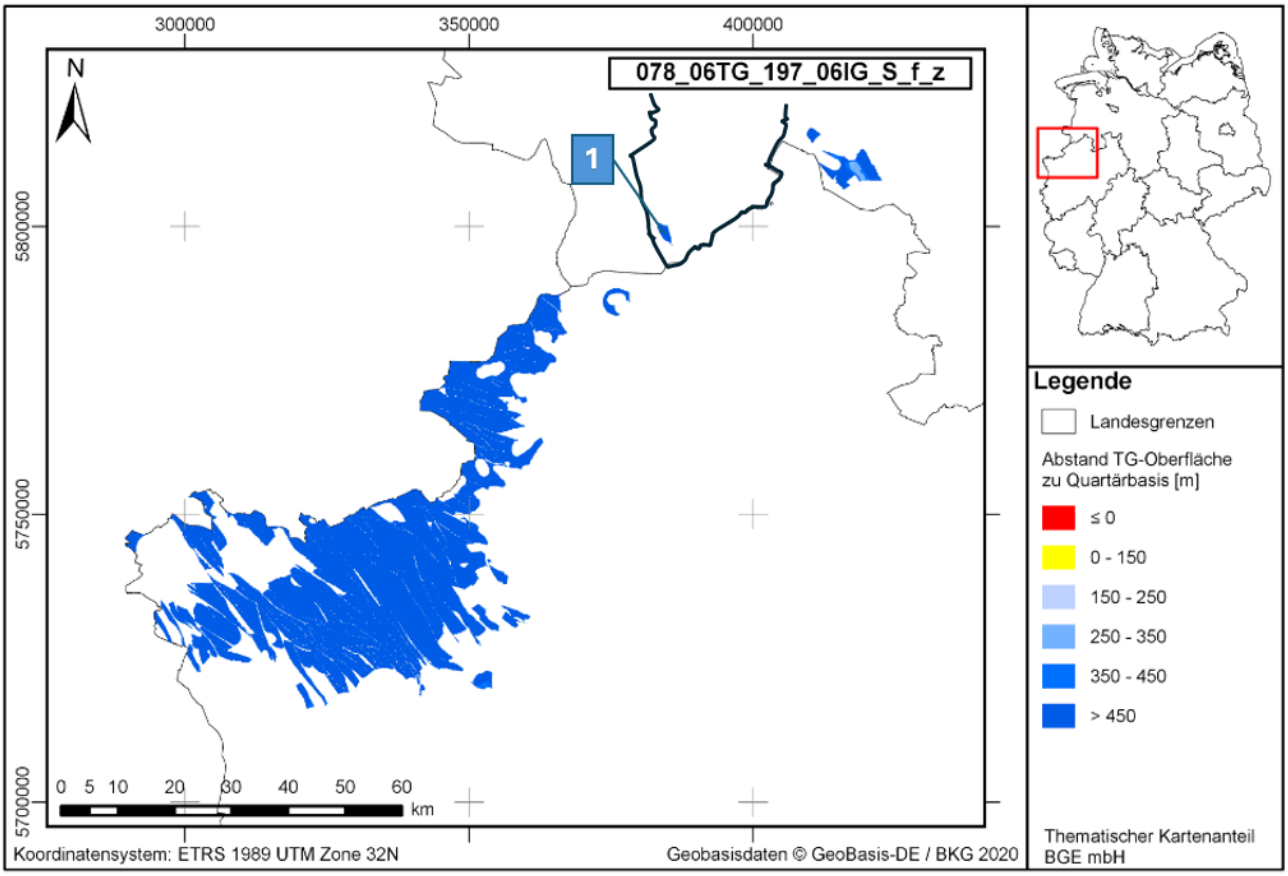
Unter der Annahme, die Darstellung der Entwicklungsgeschichte des Norddeutschen Beckens belege, dass innerhalb der der letzten 10 Millionen Jahre im Teilgebiet 078_06 stabile günstige Verhältnisse vorgeherrscht haben, kann die Bewertung als nachvollziehbar angesehen werden. In weiteren Verfahrensschritten muss diese Annahme jedoch durch reale Daten, bspw. durch Datierungen von Mineralneubildungen und -umbildungen in Störungszonen, belegt werden.

Kriterium 11 zur Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge

Das Kriterium wird als bedingt günstig bewertet, da der Indikator ***Keine Ausprägung struktureller Komplikationen (zum Beispiel Störungen, Scheitelgräben, Karststrukturen) im Deckgebirge,***

aus denen sich subrosive, hydraulische oder mechanische Beeinträchtigungen für den ewG ergeben könnten als bedingt günstig eingestuft wird. Zur Begründung wird angeführt, dass Nachweise zu Störungen innerhalb des Gebiets vorhanden seien, jedoch eine Bewertung der hydraulischen Wirksamkeit aufgrund der vorliegenden Informationen nicht möglich sei (BGE 2020q). Diese Bewertung ist für die Anwendung im Rahmen des Zwischenberichts Teilgebiete nachvollziehbar.

Abbildung 6-15: Darstellung des Abstands zur Quartärbasis (Bewertung der Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) im Segment des Landkreises Emsland im Teilgebiet 078_06



Quelle: verändert nach (BGE 2021). Schwarz: Gemarkung des Landkreises Emsland.

Zur Bewertung der Indikatoren ***Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden Gesteinen, Verbreitung und Mächtigkeit grundwasserhemmender Gesteine im Deckgebirge*** **und** ***Verbreitung und Mächtigkeit erosionshemmender Gesteine im Deckgebirge des*** **einschlusswirksamen Gebirgsbereichs** wird jeweils ausgeführt, dass „große Teile des identifizierten Gebiets [...] einen Abstand von größer 150 Metern zwischen der Oberfläche der endlagerrelevanten Gesteinsabfolge und der Basis des Quartär“ aufweisen. Dadurch sei „eine mächtige vollständige Überdeckung durch Gesteine des Tertiär oder älter, welche als potenziell erosionshemmend betrachtet werden, für weite Teile des identifizierten Gebiets gegeben“ (BGE 2020q). Diese Einschätzung kann angesichts der im Zwischenbericht Teilgebiete dargestellten Datenlage gefolgt werden. Gemäß den Ausführungen der ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) scheinen die Steinsalzformation des Malms den Abstand zur Quartärbasis im Segment von mindestens 150 m

zu erfüllen (Abbildung 6-15). Die Einschätzung der Indikatoren und des Kriteriums erscheint nachvollziehbar.

7 Aktueller Stand des Standortauswahlverfahrens und der Weg zur Ermittlung von Standortregionen

Aktuell – zur Fertigstellung dieses Berichtes Ende des Jahres 2025 – befindet sich das Standortauswahlverfahren in Schritt 2 der Phase I. In diesem Schritt sollen aus den 90 Teilgebieten geeignete Standortregionen ausgewiesen werden, die dann in Phase II übertägig erkundet werden. Dies wird die Vorhabenträgerin zunächst anhand von repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchung (rvSU) und anschließend durch die erneute Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (geoWK) und möglicherweise zusätzlich durch die Anwendung von planwissenschaftlichen Abwägungskriterien (planWK) tun.

Zur Eingrenzung der Teilgebiete und sicherheitstechnischen Bewertung ist die rvSU das maßgebliche Werkzeug. Dafür veröffentlichte die BGE im Herbst 2023 ein Dokument zum Vorgehen bei der Ermittlung von Standortregionen aus den Teilgebieten (BGE 2023a), welches die Rolle der rvSU und die Anwendung der Werkzeuge innerhalb der Phase I Schritt 2 und das Vorgehen bis zum Vorschlag der übertägig zu erkundenden Standortregionen erklärt (siehe hierzu Kapitel 7.1). Darüber hinaus veröffentlicht die BGE bis zum Standortregionenvorschlag im Jahr 2027 jährlich Arbeitsstände. Erstmalig hat sie dies im November 2024 getan. Der dort behandelte Arbeitsstand betraf die Teilgebiete TG 001, TG 002, TG 003, TG 008_01, TG 009, TG 010, TG 011, TG 013, TG 075_01, TG 075_02, TG 078_02, TG 078_04 und TG 078_08 und war für den Landkreis Emsland ohne Belang.

Im Folgenden ist das weitere Vorgehen der BGE zur Ermittlung der Standortregionen (Kapitel 7.1) sowie der Arbeitsstand der BGE vom 03. November 2025 im Einzelnen (Kapitel 7.2) zum Verständnis näher erläutert.

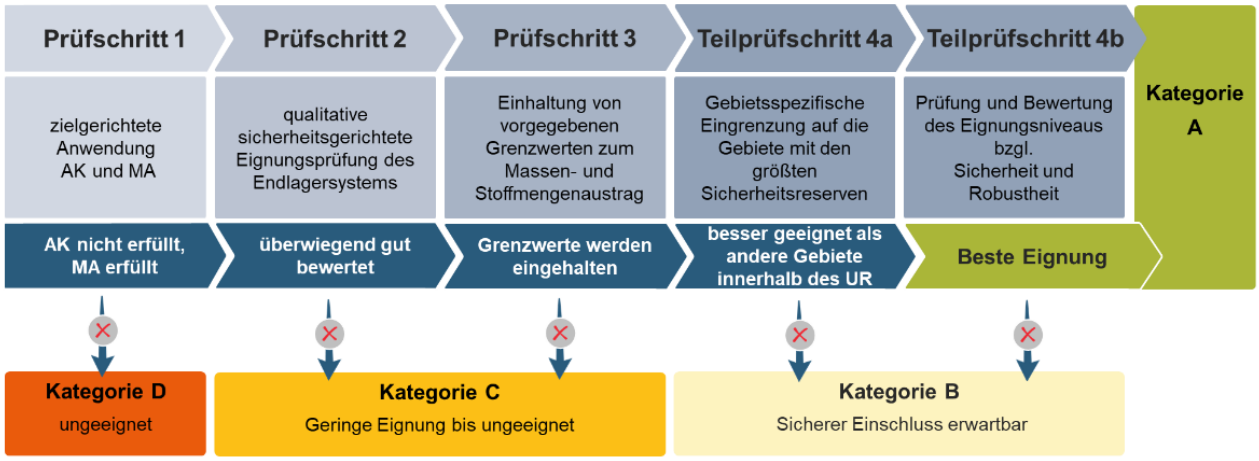
7.1 Repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (rvSU) und Ermittlung von Standortregionen

Mit dem Vorgehens zur Ermittlung der Standortregionen (BGE 2023b) veröffentliche die BGE ihren Vorschlag, wie die Einengung der 90 Teilgebiete zu den am Ende rund 10 Standortregionen innerhalb des Schritte 2 der Phase I von statten gehen soll.

Die Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (rvSU) bilden dabei eines der drei Werkzeuge, mit der die BGE die Teilgebiete bewerten, einengen und vergleichen will. Die beiden weiteren Werkzeuge stellen die geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (geoWK) und ggf. die planungswissenschaftlichen Abwägungskriterien (planWK) dar. Teilweise erfolgte die Veröffentlichung der Methodenbeschreibungen, wie zum Beispiel zur Durchführung der rvSU (BGE 2022b) oder den planWK (BGE 2022a) bereits im Vorfeld.

Die rvSU dienen maßgeblich dazu, Gebiete schrittweise und nach der zu erwartenden Qualität des erreichbaren Einschlusses der radioaktiven Abfälle sowie der Sicherheit und Robustheit des Endlagersystems zu bewerten und in die Kategorien D bis A einzustufen (Abbildung 7-1).

Abbildung 7-1: Die vier Prüfschritte innerhalb der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (rvSU)



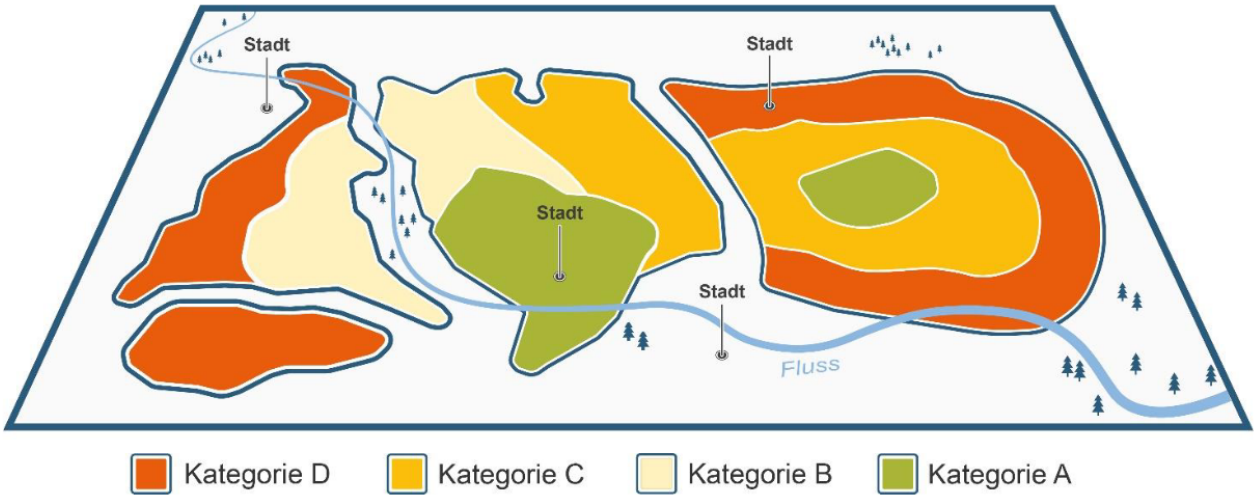
Quelle: (BGE 2023b)

Hierfür werden die Teilgebiete zunächst in Teiluntersuchungsräume (TUR) unterteilt. Die Einengung erfolgt anschließend durch vier Prüfschritte, in denen „der Detaillierungsgrad der Untersuchungen und Bewertungen sukzessive erhöht wird“ (BGE 2023b). Dies erlaubt der BGE ein möglichst ausgeglichenes, gerechtes und systematisches Vorgehen, um die TUR schrittweise in die Kategorien D bis A einzustufen. Dadurch erhofft sich die BGE einen kriterienbasierten Ansatz zur Bewertung der Gebiete, welche eine Vergleichbarkeit der Gebiete herstellt, da wirtsgesteinspezifische Kriterienkataloge genutzt werden, um für jedes Wirtsgestein die jeweiligen Eigenschaften und Herausforderungen zu berücksichtigen (BGE 2023b).

Die verschiedenen Kategorien verdeutlichen somit „Abstufungen der Eignung der Gebiete für die Endlagerung“ (BGE 2023b). In Prüfschritt 1 und 2 werden Gebiete aussortiert, welche entweder ungeeignet (Kategorie D (und C)) für die Endlagerung sind oder nur eine geringe Eignung (Kategorie C) aufweisen. Die Teiluntersuchungsräume beider Kategorien scheiden in der Betrachtung für eine Standortregion aus dem StandAV aus und werden im weiteren Verlauf nicht mehr als mögliche Gebiete betrachtet. Obwohl die Abläufe für die Prüfschritte zum jetzigen Zeitpunkt relativ klar definiert sind, befindet sich das Vorgehen für die genaue Durchführung der Prüfschritte 3 und 4 noch in Bearbeitung (NBG 2023). Allerdings steht bereits fest, dass es in diesen Prüfschritten nicht mehr um eine Aussortierung nicht oder schlecht geeigneter Gebiete geht, sondern sich bei den Untersuchungen auf die günstigsten Gebiete fokussiert werden soll (Seidel 2023). Gebiete, die in Kategorie B (sicherer Einschluss erwartbar) eingestuft werden, scheiden nicht aus dem StandAV aus, werden aber in der Betrachtung zurückgestuft und sozusagen als Absicherung in der Hinterhand behalten, falls in Zukunft doch auf sie zurückgegriffen werden müsste (BGE 2023b).

Durch diese gezielte Fokussierung auf die „unter Sicherheitsaspekten günstigsten Gebiete“ der Kategorie A mit der besten Eignung als Standortregion für ein Endlager, können diese im weiteren Verlauf detaillierter untersucht werden und wertvolle Ressourcen eingespart werden (Seidel 2023). Schrittweise werden die jetzigen Teilgebiete dadurch bewertet und eingegrenzt (Abbildung 7-2).

Abbildung 7-2: Beispielhafte zusammenfassende kartografische Darstellung der Einstufung und Eingrenzung der Teiluntersuchungsräume eines fiktiven Teilgebietes



Quelle: (BGE 2023b)

Anschließend werden auf die Teiluntersuchungsräume der Kategorie A zur Bewertung der geologischen Gesamtsituation erneut die geoWK angewendet, „bevor sie – auf Grundlage der Ergebnisse von rvSU und geoWK – miteinander verglichen werden, um potenzielle Standortregionen zu ermitteln“ (BGE 2023b). Ist danach eine weitere Eingrenzung notwendig, kommen ggf. die planWK zum Einsatz (BGE 2022a).

Dieses gesamtheitliche Vorgehen ermöglicht laut BGE, die potenziellen Standortregionen systematisch miteinander zu vergleichen. Der Standortregionenvorschlag der BGE wird anschließend vom Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) geprüft und dem Gesetzgeber vorgelegt. Die gewählten Volksvertreter*innen des Bundestags entscheiden zum Abschluss von Schritt 2 in Phase I schließlich per Gesetz über die Standortregionen für die übertägige Erkundung.

Insgesamt wurde das Vorgehen der BGE zur Ermittlung der Standortregionen von allen Beteiligten begrüßt (NBG 2023). Insbesondere die zielgerichtete Fokussierung auf, die am besten geeigneten Standortregionen und die Abkehr vom konservativen Aussortieren der nicht für die Endlagerung geeigneten Gebiete wurde in der Fachdiskussion gelobt. Zum Beispiel betont (NBG 2023), dass das Vorgehen insgesamt übersichtlich dargestellt ist und einzelne Schritte nachvollziehbar sind. Trotzdem handele sich noch um einen teils lückenhaften Arbeitsstand mit in weiten Teilen unklaren Anwendungen, dessen Methodik noch nicht vollständig und abgeschlossen ist (NBG 2023). Dies stellt allerdings zum jetzigen Zeitpunkt keine größeren Probleme dar, da die BGE ihr Vorgehen generell als iterativ, anpassbar und ständig bearbeitbare Arbeit versteht (BGE 2022a).

Um den Arbeitsfortschritt bei der Einengung der Teilgebiete zu dokumentieren und zur Diskussion zu stellen, beabsichtigt die BGE, „ab dem Jahr 2024 einmal jährlich, jeweils im IV. Quartal, Arbeitsstände der Kategorisierung von Gebieten in den rvSU zu veröffentlichen“ (BGE 2023b), wie die nachfolgenden Meilensteine verdeutlichen.

Abbildung 7-3: Meilensteine der BGE im Standortauswahlverfahren



Quelle: (Dehmer 2023)

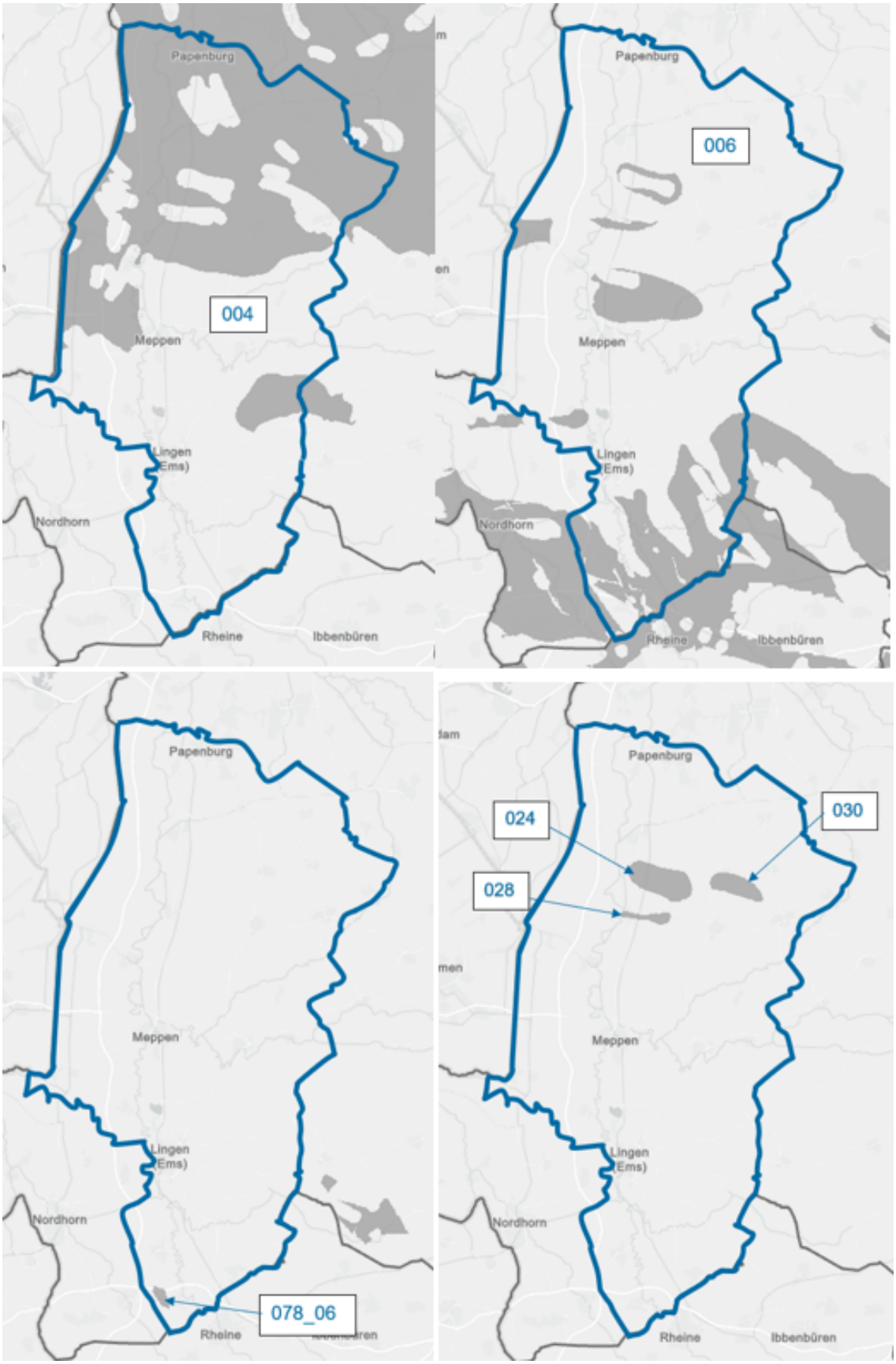
Aus der Veröffentlichung des ersten Arbeitsstands im November 2024 ergaben sich keine neuen Erkenntnisse im Hinblick auf die Teilgebiete im Landkreis Emsland. Der aktuelle Sachstand, der im November 2025 von der BGE veröffentlicht wurde, ist in Kapitel 7.2 erläutert. Entgegen dem in Abbildung 7-3 geplanten Veröffentlichungsstand Ende 2025 wurden ausschließlich weitere Gebiete in die Kategorien C und D eingeordnet. Eine Einordnung in Kategorie B/A-Gebiete erfolgte bislang nicht.

7.2 Arbeitsfortschritt der BGE bei der Einengung der Teilgebiete – Stand Nov 2025

Im November 2025 sind gemäß Planung der BGE „Arbeitsstände der Arbeiten in den Wirtsgesteinen Kategorien D bis B/A“ (siehe Abbildung 7-3) veröffentlicht worden. Diese Arbeitsstände machen ungeeignete Gebiete sowie solche mit geringer Eignung nach Abschluss des Prüfschritts 3 sichtbar und zeigen erste Gebiete auf, bei denen ein sicherer Einschluss voraussichtlich erwartbar ist.

Der am 03. November 2025 veröffentlichte Arbeitsstand kann dem sogenannten „Endlagersuche Navigator“ (BGE 2025), einer weiteren interaktiven Karte der BGE, entnommen werden. Diese zeigt, dass noch nicht alle für den Landkreis Emsland relevanten Teilgebiete die Prüfschritte 1 und 2 durchlaufen haben (Abbildung 7-4). Diese noch nicht bewerteten Gebiete sind in der Karte grau markiert. Andere Teilgebiete wiederum sind bereits in Untersuchungsräume eingeteilt, die als „ungeeignet“ (Kategorie D) oder „gering geeignet“ (Kategorie C) eingestuft worden sind. Die in die Kategorien D (orangefarben) oder C (gelb) einsortierten Untersuchungsräume sind damit aus dem weiteren Verfahren ausgeschlossen. Untersuchungsräume, die die Prüfschritte 1 und 2 weitgehend bestanden haben (türkis dargestellt) werden in den Prüfschritten 3 und 4 der rvSU, wie in Kapitel 7.1 beschrieben, näher untersucht.

Abbildung 7-4: Teilgebiete noch in Prüfschritten 1 und 2



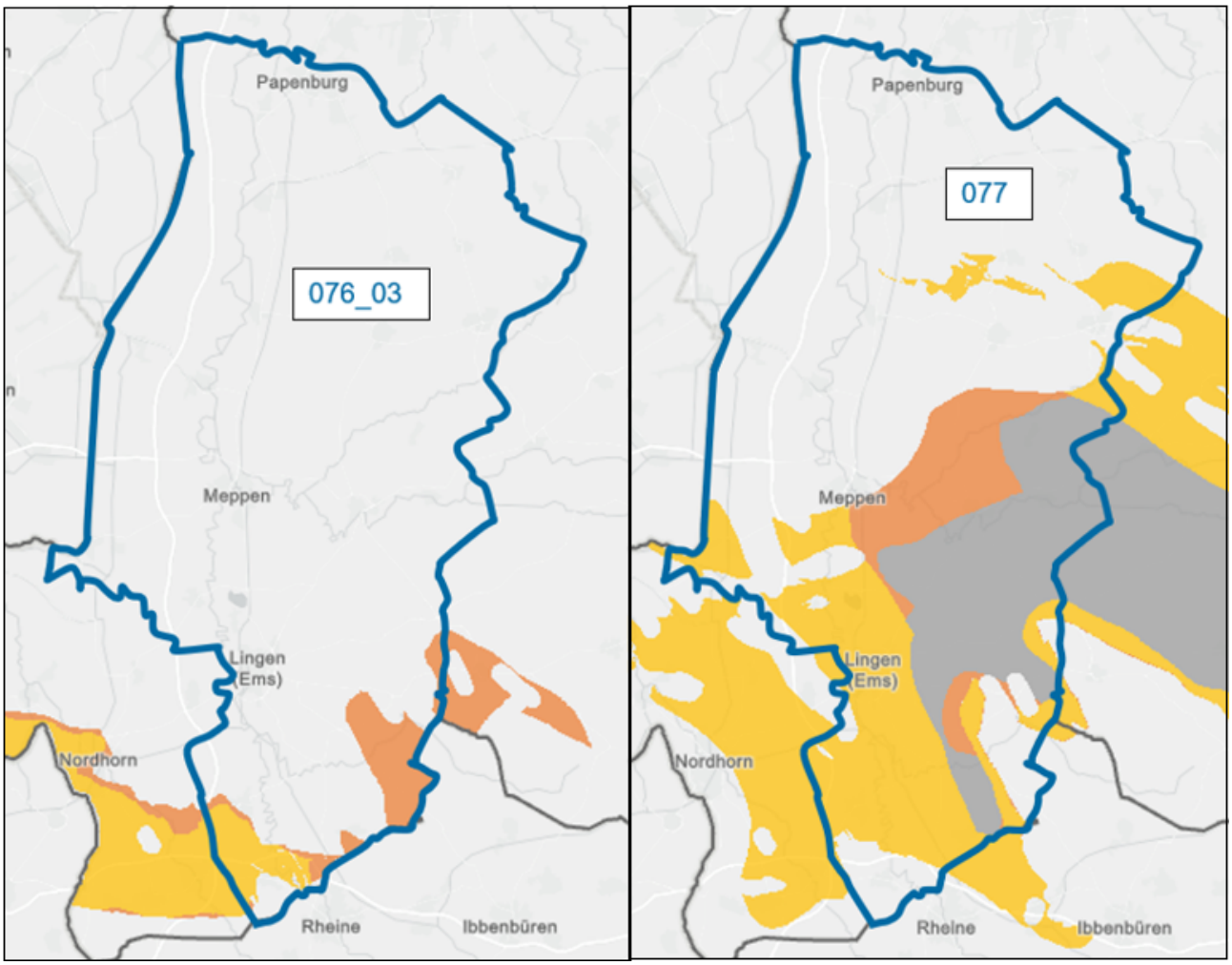
Quelle: Ausschnitte aus (BGE 2025), ergänzt um Landkreisgrenze

Bisher haben folgende Teilgebiete mit Relevanz für den Landkreis Emsland die Prüfschritte 1 und 2 noch nicht durchlaufen: die Teilgebiete in Tongestein 004, 006, für die Salzstöcke 024, 028 und 030 sowie für das Teilgebiet im flach lagernden Steinsalz 078_06 (siehe grau markierte Flächen in Abbildung 7-4) und für Teile des Teilgebiets 077 (siehe grau markierte Fläche in Abbildung 7-5 rechts).

Für diese Teilgebiete bzw. das Teilgebietssegment von 077 bleibt die Einordnung in die Kategorien D bis B/A bis zur Veröffentlichung des nächsten Arbeitsstands der BGE im November 2026 weiter offen.

Als ungeeignet (Kategorie D, orange gekennzeichnet) oder gering geeignet (Kategorie C; gelb gekennzeichnet) scheiden die im Landkreis Emsland verorteten Untersuchungsräume des Teilgebiets 076_03 in flach lagerndem Steinsalz sowie die entsprechend gelb oder orange markierten Untersuchungsräume des ebenfalls in flach lagerndem Steinsalz verorteten Teilgebiets 077 aus.

Abbildung 7-5: Ungeeignete (orange) oder gering geeignete Untersuchungsräume (gelb)

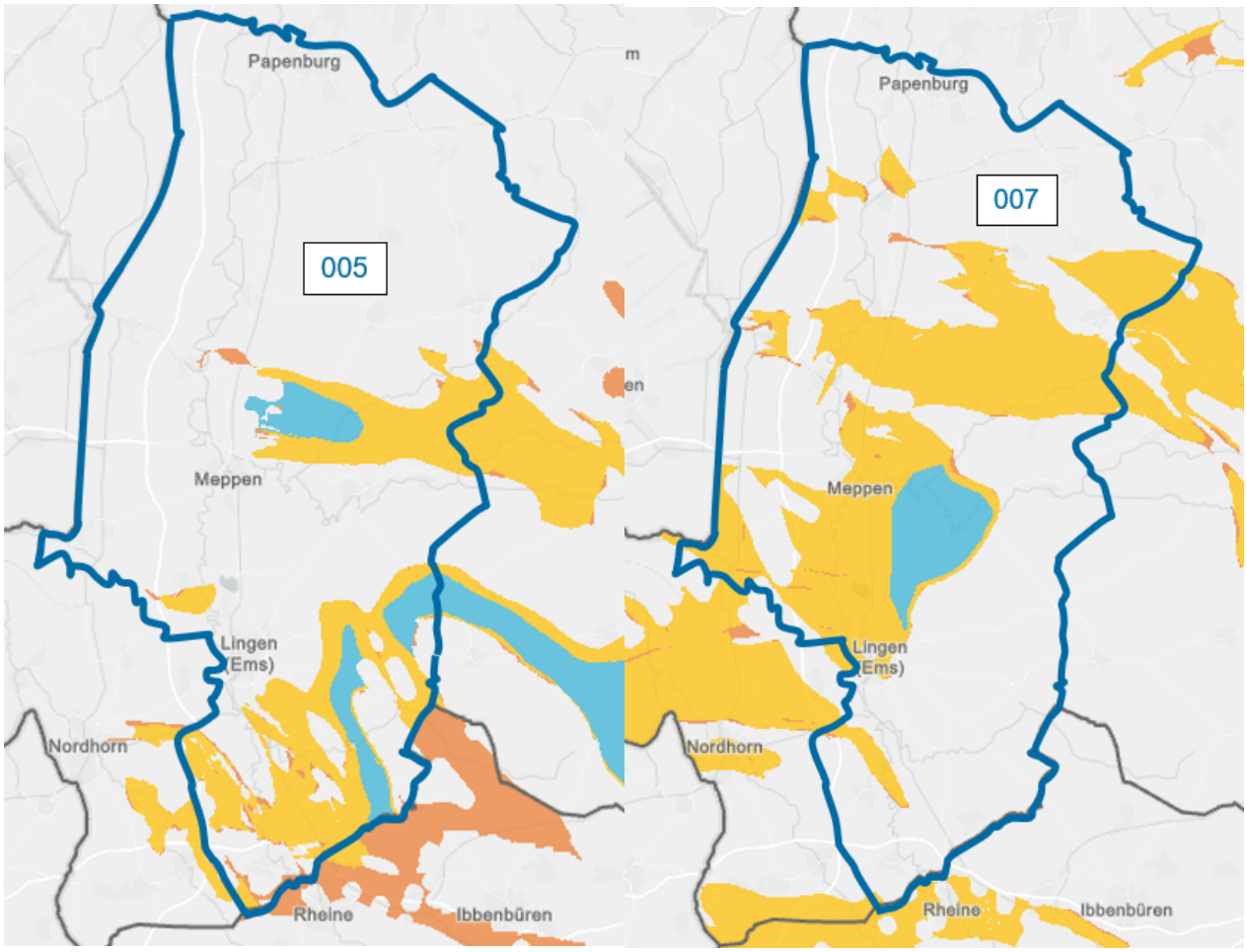


Quelle: Ausschnitte aus (BGE 2025), ergänzt um Landkreisgrenze

Auch aus den Teilgebieten 005 und 007 im Tongestein scheiden viele Untersuchungsräume als ungeeignet oder gering geeignet aus (siehe Abbildung 7-6). Die Prüfschritte 1 und 2 weitestgehend

bestanden haben bisher im Landkreis Emsland ausschließlich Untersuchungsräume in Tongestein: drei Untersuchungsräume des Teilgebiets 005 und ein Untersuchungsraum des Teilgebiets 007 (siehe Abbildung 7-6).

Abbildung 7-6: Teilgebiete mit Untersuchungsräumen in Prüfschritten 3 und 4



Quelle: Ausschnitte aus (BGE 2025), ergänzt um Landkreisgrenze

8 Schlussfolgerungen für den Landkreis Emsland

Im Zwischenbericht Teilgebiete (BGE 2020e) sind insgesamt sieben Teilgebiete genannt, die jeweils mit einem oder mehreren Segmenten im Landkreis Emsland liegen. Die Teilgebiete selbst erstrecken sich dabei flächenhaft in allen sieben Teilgebieten deutlich über die Grenzen des Landkreises Emsland hinaus. Für den Landkreis Emsland wurden für diesen Bericht die vier Teilgebiete im Wirtsgestein Tongestein (Kapitel 3.1) sowie weitere drei im Wirtsgestein Steinsalz in stratiformer Lagerung (Kapitel 3.2) betrachtet.

Anhand von Ausschlusskriterien hat die BGE auf dem Gebiet des Landkreises Emsland etwa 127 Bereiche aufgrund von *aktiven Störungszonen* sowie eine große Zahl an *Bohrungen aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit* ausgeschlossen. Während der Ausschluss der *aktiven Störungszonen* aus den Teilgebietssegmenten im Landkreis auf der interaktiven Karte zum Zwischenbericht Teilgebiete (BGE 2020h) als Lücke in den Teilgebietssegmenten nachvollzogen werden kann, ist der Einfluss der *Bohrungen aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit*

auf die Teilgebiete nicht in dieser zu erkennen. Die Methodik ist dennoch plausibel. Die Bearbeitung der Ausschlusskriterien *Seismische Aktivität* und *Grundwasseralter* dahingegen sollte, wie in Kapitel 4 dargelegt, im weiteren Verfahren angepasst werden.

Die Anwendung der Mindestanforderungen auf alle im Landkreis Emsland relevanten Teilgebiete erfolgte aufgrund sehr pauschaler Annahmen zu Tongesteinen bzw. Steinsalz in stratiformer Lagerung und jeweils für sehr große stratigraphische Einheiten über ganz Norddeutschland hinweg. Aussagen zur Gültigkeit der Bewertung für die Segmente dieser Teilgebiete, die sich innerhalb des Landkreises Emsland befinden, haben wir anhand der ergänzenden Kartendarstellungen zur Anwendung der geoWK gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG (BGE 2021) und der zusätzlich stichprobenartigen Auswertung von Schichtverzeichnissen von Tiefenbohrungen innerhalb oder in der Nähe der Segmente der Teilgebiete überprüft. Obwohl nicht immer Tiefenbohrungen innerhalb der Segmente ausgewertet werden konnten und solche, die außerhalb des Segments – wenn auch in unmittelbarer Nähe – liegen, nur bedingt Aussagen bezüglich der Geologie der Segmente innerhalb des Segmentes zulassen, konnten anhand dieser stichprobenartigen Überprüfungen einige Erkenntnisse gewonnen werden.

So zeigt sich, dass Gesteine der jeweils gesuchten Alter zwar grundsätzlich in der Großzahl der Teilgebietssegmente angenommen werden können, es aber aufgrund der Detailtiefe und Beschreibungen der Schichtverzeichnisse der untersuchten Tiefbohrungen bei einigen Segmenten unklar ist, ob diese immer die notwendigen geologischen Voraussetzungen aufweisen, um die Mindestanforderung zur *minimalen Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* oder *Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* über eine ausreichend große Fläche erfüllen können. Fraglich ist die Erfüllung der Teufenlage beispielsweise für das Segment 2 des Teilgebiets 004 (siehe Kapitel 5.1), Segment 1 des Teilgebiets 005 (siehe Kapitel 5.2), insgesamt vier Segmente (1, 2, 3, 5) des Teilgebiets 006 (siehe Kapitel 5.3), sechs Segmente (1, 2, 3, 5, 7) des Teilgebiets 007 (siehe Kapitel 5.4), die Segmente 2 und 4 des Teilgebiet 076_03 (siehe Kapitel 5.5), die Segmente 1, 2 und 3 des Teilgebiets 077 (siehe Kapitel 5.6) sowie das Segment des Teilgebiet 078_06 (siehe Kapitel 5.7).

Zusätzlich ist es bei vielen Teilgebietssegmenten fraglich, ob bzw. in welcher Verbreitung das Tongestein in diesem Segment den Definitionen der Wirtsgesteine der BGE tatsächlich entspricht. Ob die Mindestanforderungen *Gebirgsdurchlässigkeit* und *Erhalt der Barrierewirkung* im Segment demnach erfüllt werden können, lässt sich mit der untersuchten Datenlage nicht beurteilen. In allen Schichtverzeichnissen werden keine Angaben zu den Lithologien der Gesteine des jeweiligen Alters gemacht.

Am aussichtsreichsten für die zukünftige Ausweisung geeigneter Gebiete bei erneuter Anwendung der Mindestanforderungen sind das Segment 1 des Teilgebiets 004 (siehe Kapitel 5.1), die Segment 2 und 3 des Teilgebiets 005 (siehe Kapitel 5.2), die Segmente 4 und 6 des Teilgebiets 006 (siehe Kapitel 5.3), die Segmente 4 und 6 des Teilgebiets 007 (siehe Kapitel 5.4), die Segmente 1 und 3 des Teilgebiet 076_03 (siehe Kapitel 5.5) sowie das Segment 4 des Teilgebiets 077 (siehe Kapitel 5.6).

Die Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (geoWK) haben wir ebenfalls für alle Teilgebietssegmente im Landkreis Emsland auf Plausibilität hin geprüft. Da ein Großteil der geoWK sowohl für Tongestein als auch für Steinsalz in stratiformer Lagerung mittels Referenzdatensätzen und damit für alle Teilgebiete eines Wirtsgesteinstyps identisch erfolgte, konzentriert sich unsere Bewertung auf die individuell bewerteten geoWK

- Bewertung der *Konfiguration der Gesteinskörper* (Kriterium 2),
- Bewertung der *räumlichen Charakterisierbarkeit* (Kriterium 3),
- Bewertung der *langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse* (Kriterium 4) sowie
- Bewertung des *Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge* (Kriterium 11).

Bei der Anwendung der Indikatoren zur Bewertung der *räumlichen Charakterisierbarkeit* (Kriterium 3) von Tongestein sowie von Steinsalz in stratiformer Lagerung ist nahezu keine „individuelle Bewertung“, wie angegeben, erkennbar. Für die Indikatoren dieses Abwägungskriteriums ist es zwar aufgrund der Datenlage nachvollziehbar, dass die Bewertung generisch stattgefunden hat. Sie hätte aber ebenso gut in den Referenzdatensatz aufgenommen werden können.

Auch die Bewertung der Indikatoren zur *langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse* (Kriterium 4) erfolgte für alle hier betrachteten Teilgebiete identisch und damit sehr pauschal. Für die Teilgebiete im Steinsalz in stratiformer Lagerung kann die Bewertung unter der Annahme nachvollzogen werden, dass die Darstellung der Entwicklungsgeschichte des Norddeutschen Beckens belegt, dass innerhalb der letzten 10 Millionen Jahre stabile günstige Verhältnisse vorgeherrscht haben. In weiteren Verfahrensschritten muss diese Annahme jedoch durch reale Daten, bspw. durch Datierungen von Mineralneubildungen und -umbildungen in Störungszonen, belegt werden. In den Steckbriefen der Teilgebiete in Tongestein wird dargestellt, dass „seit mehr als 10 Millionen Jahren keine wesentliche Änderung“ der jeweils relevanten Betrachtungsmerkmale stattgefunden habe. Diese Einschätzung wird nicht weiter begründet und ist aus unserer Sicht nicht nachvollziehbar.

Wie bereits die Mindestanforderungen werden auch die geoWK sowie ihre Indikatoren auf die gesamte Fläche des Teilgebiets angewandt. Für einzelne Segmente der Teilgebiete im Landkreis Emsland liegt die Vermutung nahe, dass im Falle einer erneuten Anwendung der geoWK das Kriterium 2 möglicherweise anders bewertet werden könnte. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn aus unseren Untersuchungen Erkenntnisse vorliegen, dass möglicherweise die notwendige Tiefe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs für das Segment nicht oder nur unzureichend erfüllt wird oder die flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit im Segment fraglich ist. Dies betrifft bspw. die im Landkreis Emsland liegenden Segmenten 1 und 3 des Teilgebiets 076_03. In diesem Fall sowie anderen kann es bei einer erneuten Anwendung des Kriteriums 2 zu einer von „günstig“ abweichenden Bewertung kommen (siehe Kapitel 6.1 bis 6.7, jeweils Unterkapitel „Kriterium 2“).

Die Bewertung der Indikatoren zum *Schutz des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge* (Kriterium 11) wurde für alle hier betrachteten Teilgebiete in Tongestein identisch als bedingt günstig gekennzeichnet. Auch die Bewertung der Indikatoren wird wortgleich in den Steckbriefen dieser Teilgebiete wiedergegeben. Die Bewertung des Kriteriums richtet sich hier nach der Bewertung des am schlechtesten eingestuften Indikators „*Keine Ausprägung struktureller Komplikationen (zum Beispiel Störungen, Scheitelgräben, Karststrukturen) im Deckgebirge, aus denen sich subrosive, hydraulische oder mechanische Beeinträchtigungen für den ewG ergeben könnte“*. Das Vorgehen sowie die Bewertung auf Basis der vorliegenden Datenlage ist größtenteils nachvollziehbar. Allerdings sollte in weiteren Verfahrensschritt die genaue lithologische Zusammensetzung der Deckgesteine für alle Standortregionen in tertiären Tongesteinen geprüft

werden. Die tertiären Sedimente können auch verstärkt sandig oder siltig ausgebildet sein, wodurch sie unter Umständen nicht grundwasserhemmend wirksam sind. Wenn für das im Landkreis Emsland liegende Segmente die erforderliche Teufenlage nicht erreicht werden, wird die günstige Bewertung unwahrscheinlicher (siehe Kapitel 6.1 bis 6.4, jeweils Unterkapitel „Kriterium 11“).

Die günstige Bewertung des Indikators *Verbreitung und Mächtigkeit erosionshemmender Gesteine im Deckgebirge des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs* für Kriterium 11 ist aus unserer Sicht nicht nachvollziehbar (siehe Kapitel 6.1 bis 6.4, jeweils Unterkapitel „Kriterium 11“). Begründet wird diese Bewertung mit dem Abstand großer Teile des Gebiets von mehr als 150 m zur Quartärbasis und der Annahme, dass die tertiären Deckgesteine potenziell erosionshemmend sind. Letztere Annahme ist nicht überzeugend. Die Gesteine des Tertiärs in Norddeutschland sind häufig nur schwach verfestigt. Sie werden vielfach von glazialen Rinnen durchzogen. Diese Rinnen erreichen Tiefen von mehreren hundert Metern. Die Einstufung der tertiären Sedimente Norddeutschlands als „erosionshemmend“ sollte überdacht und die Bewertung mindestens zu bedingt günstig angepasst werden.

Die Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper (Kriterium 2) für die Teilgebiete in Steinsalz in stratiformer Lagerung ist grundsätzlich nachvollziehbar, da zurzeit weder ein Standort noch ein Sicherheitskonzept für das Endlager bekannt sind. Die Bewertung des Indikators *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich* wurde jedoch sehr vereinfacht vorgenommen. Für das für den Landkreis Emsland relevante Segmente aus Teilgebiet 076_03 ist kann zwar davon ausgegangen werden, dass Steinsalz in stratiformer Lagerung des Rötsalinars vorliegt. Dieses liegt aber teils deutlich tiefer als in der maximalen Teufe von 1.500 m (siehe Kapitel 6.5). Deswegen kann für diese beiden Segmente davon ausgegangen werden, dass sie im Fall einer erneuten Anwendung des Kriteriums eher keine günstige Bewertung mehr erhalten. Im Segment des Teilgebiets 078_06 ist davon auszugehen, dass aufgrund der nicht gesichert vorliegenden Mächtigkeit im Falle der erneuten Anwendung der geoWK eine genauere Überprüfung der Indikatoren notwendig ist (siehe Kapitel 6.7). Für die Segmente 1, 2, und 3 sowie weite Teile von Segment 4 des Teilgebiets 077 ebenso damit zu rechnen, dass sie im Fall einer erneuten Anwendung des Kriteriums eher keine günstige Bewertung mehr erhalten (siehe Kapitel 6.6).

Die bedingt günstige Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge (Kriterium 11) ist für alle hier betrachteten Teilgebiete in Steinsalz in stratiformer Lagerung nachvollziehbar.

Zum Ende des Jahres 2023 hat die BGE begonnen ihre repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen (rvSU) nach und nach in allen 90 Teilgebieten durchzuführen. In diesem Zusammenhang werden die Teilgebietssegmente im Landkreis Emsland als ein oder mehrere Teiluntersuchungsräume (TUR) ausgewiesen und unterteilt. Innerhalb der rvSU werden u.a. sowohl Ausschlusskriterien als auch Mindestanforderungen erneut und zielgerichtet angewendet, um die TUR in Prüfschritten zu bewerten und schrittweise einzuengen (siehe Kapitel 7).

Teilgebietssegmente bzw. Teiluntersuchungsräume, die im Verlauf der rvSU als „ungeeignet“ oder „gering geeignet“ (Kategorie D oder C) zugeordnet werden, werden nicht näher untersucht und scheiden somit aus dem Standortauswahlverfahren aus. Eine erneute Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (geoWK) ist demnach nur für Teilgebietssegmente möglich, für die als Teiluntersuchungsräume ein „sicherer Einschluss erwartbar“ ist (Kategorie B

oder A). Definitiv sicher ist die Anwendung der geoWK auf Teiluntersuchungsräume, die zu den „unter Sicherheitsaspekten günstigsten Gebieten“ (Kategorie A) gehören.

Die BGE wird durch eine jährliche Veröffentlichung über den Arbeitsstand der rvSU berichten und ihre vorläufigen Ergebnisse allen Akteuren bereitstellen. Der Landkreis Emsland kann also damit rechnen, bis zum Standortregionenvorschlag, welchen die BGE für das Ende des Jahres 2027 anpeilt, jährlich neue Informationen über die sie betreffende Teilgebietssegmente bzw. Teiluntersuchungsräume zu erhalten, mit denen gearbeitet werden kann.

Insofern gilt es festzuhalten, dass bis zum Jahr 2027 davon ausgegangen werden kann, dass durch die drastische Einengung der Teilgebiete für die Kommunen viel Klarheit geschaffen wird, auch wenn gesichert ist, dass weiterhin mit einigen Ungewissheiten umgegangen werden muss.

Abschließend bedeutet dies für den Landkreis Emsland, dass sich im Fall eines Ausschlusses von Segmenten einige offene Fragen sehr schnell auflösen könnten. Andererseits ist damit zu rechnen, dass mit der Ausweisung von B- und vor allem A-Gebieten neue Aufgaben entstehen werden.

Der am 03. November 2025 veröffentlichte Arbeitsstand lässt für den Landkreis Emsland nur in Teilen erkennen, welche Gebiete in Phase I zunächst weiter betrachtet werden (siehe Kapitel 7.2). Nur die Teilgebiete 005 und 007 in Tongestein sowie das in flachlagerndem Steinsalz liegende Teilgebiet 076_03 und Teile des Teilgebiets 077 wurden bereits in Kategorien eingeordnet. Große Segmente dieser Teilgebiete sind den Kategorien D und C zugeordnet und werden infolgedessen nicht weiter betrachtet. Vier kleinere Segmente aus den Teilgebieten 005 und 007 (siehe Abbildung 8-1) haben die Prüfschritte 1 und 2 der rvSU weitgehend bestanden und werden nun den Prüfschritten 3 und 4 zugeführt. Die Untersuchungsräume (UR) der Teilgebiete (TG) 005 und 007, die die Prüfschritte 1 und 2 der rvSU weitgehend bestanden haben, betreffen die folgenden Gemeinden:

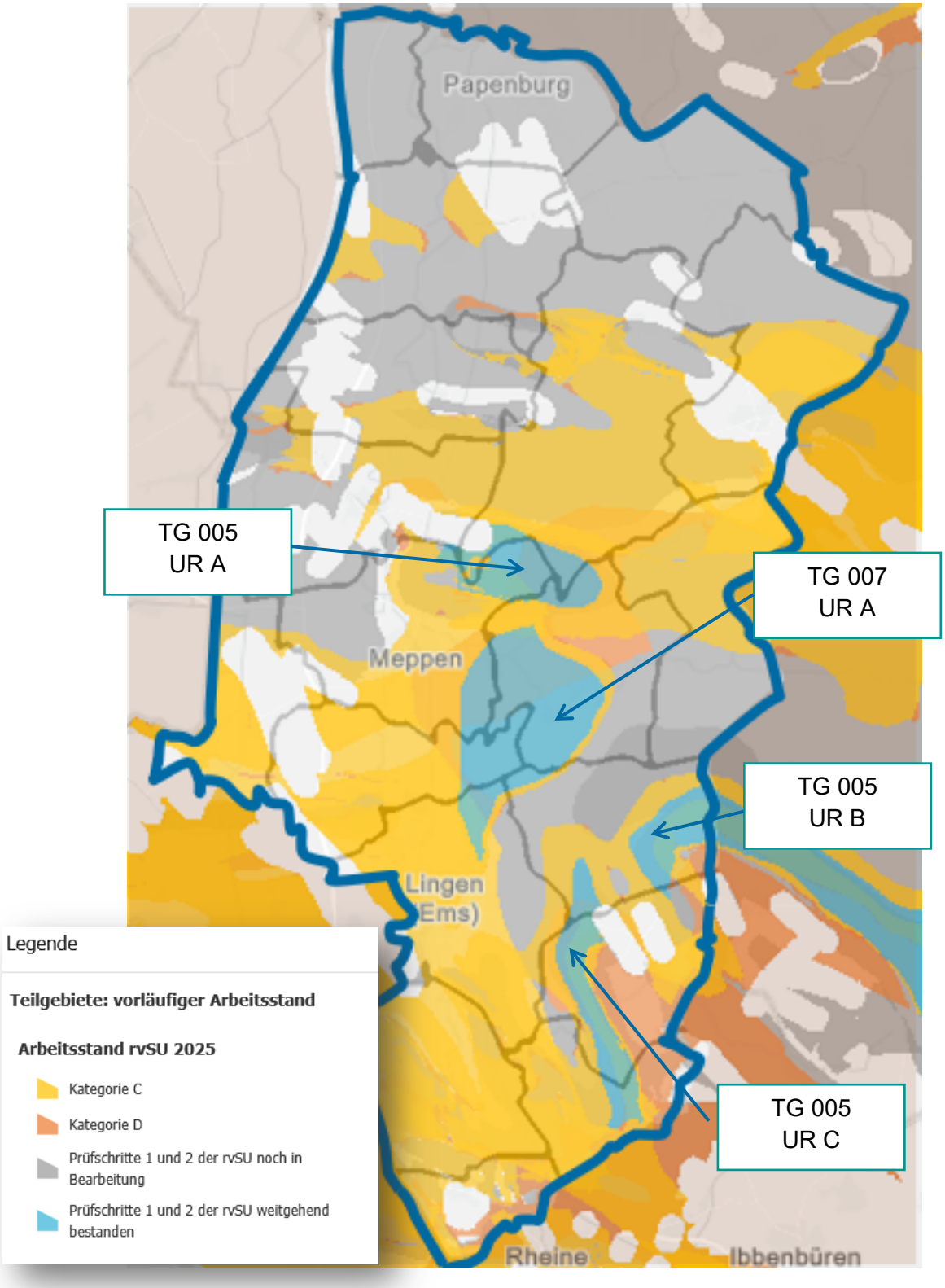
- TG 005 UR A[61]: Sögel, Meppen und Hagelünne
- TG 005 UR B: Lengerich und Freren
- TG 005 UR C: Lengerich, Freren und Spelle
- TG 007 UR A: Meppen, Haselünne, Geeste, Lingen (Ems) und Lengerich

Ob diese im Endlagersuche Navigator türkis dargestellten Untersuchungsräume zu den geeignetsten Gebieten in Deutschland gehören könnten (Kategorie A-Gebiete) und das Potenzial haben, in Phase II als Standortregion übertägig erkundet zu werden, lässt sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht beurteilen. Zunächst müssen diese Untersuchungsräume die Prüfschritte 3 und 4 der rvSU noch durchlaufen und einem Vergleich mit den anderen günstig bewerteten Gebieten standhalten. Nur die günstigsten Gebiete sollen in den Standortregionenvorschlag der BGE eingehen. In Vorbereitung auf diesen Standortregionenvorschlag kann aber bereits der bis dahin bekannte Bewertungsstand der BGE für diese Gebiete auf Plausibilität hin überprüft werden.

Welche weiteren der bisher noch grau dargestellten Gebiete darüber hinaus entweder in die Kategorie D oder C eingeordnet wurden oder ebenfalls die Prüfschritte 1 und 2 weitgehend bestanden haben, wird die BGE voraussichtlich im November 2026 bekannt geben.

[61] Die Bezeichnung der UR erfolgte willkürlich vom Projektteam. Eine offizielle BGE-Bezeichnung ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht bekannt.

Abbildung 8-1: Darstellung des Arbeitsstandes der BGE vom 03. November 2025



Quelle: (BGE 2025), ergänzt um Landkreis- und Gemeindegrenzen des Landkreis Emsland und eigene Bezeichnung der Untersuchungsräume (UR), die die Prüfschritte 1 und 2 weitgehend bestanden haben.

Literaturverzeichnis

Appel, D.; Baltes, B.; Bräuer, V.; Brewitz, W.; Duphorn, K.; Gömmel, R.; Haury, H.-J.; Ipsen, D.; Jentzsch, G.; Kreusch, J.; Kühn, K.; Lux, K.-H.; Sailer, M. et al. (2002): Auswahlverfahren für Endlagerstandorte, Empfehlungen des AkEnd – Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte.

BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (2018): Arbeitshilfen zur Datenabfrage Mindestanforderungen. Peine.

BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (2020a): Anlage 1A (zum Fachbericht Teilgebiete und Anwendung Geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG), Ergebnisse der Bewertung: Teil A (Teilgebiete). Peine.

BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (2020b): Anwendung Ausschlusskriterien gemäß § 22 StandAG. Peine.

BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (2020c): Anwendung Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG. Peine.

BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (2020d): Arbeitshilfe zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Rahmen von § 13 StandAG. Peine. Online verfügbar unter https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Methodensteckbriefe_fuer_Forum/20200506_3_Endfassung_Arbeitshilfe_zur_Anwendung_der_geowissenschaftlichen_Abwaegungskriterien_im_AStV.pdf.

BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (2020e): BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH. Zwischenbericht Teilgebiete gemäß § 13 StandAG. Peine.

BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (2020f): Datenbericht Teil 1 von 4, Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG und geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG. Peine.

BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (2020g): IG-Steckbriefe, Anlage zu „Anwendung Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG“. Peine.

BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (2020h): Interaktive Karte zum Zwischenbericht Teilgebiete. Online verfügbar unter https://www.bge.de/de/endlagersuche/zwischenbericht-teilgebiete/.

BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (2020i): Referenzdatensätze zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Rahmen von § 13 StandAG, Grundlagen. Peine.

BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (2020j): Teilgebiete und Anwendung Geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG. Peine.

BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (2025): Endlagersuche Navigator, Arbeitsstände 2025 Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (Hg.). Online verfügbar unter https://navigator.bge.de/phase-i-schritt-2/der-weg-zu-den-standortregionen, zuletzt aktualisiert am 03.11.2025, zuletzt geprüft am 12.11.2025.

BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (Hg.) (2020k). Steckbrief 004_00TG_053_00IG_T_f_tpg, Wirtsgestein: Tongestein. Geschäftszeichen: SG02102/5-5/2-2020#12 - Objekt-ID: 829573 - Revision: 000. Peine.

BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (Hg.) (2020l). Steckbrief 005_00TG_055_02IG_T_f_jm, Wirtsgestein: Tongestein. Geschäftszeichen: SG02102/5-5/2-2020#12 - Objekt-ID: 829573 - Revision: 000. Peine.

BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (Hg.) (2020m). Steckbrief 006_00TG_188_00IG_T_f_ju, Wirtsgestein: Tongestein. Geschäftszeichen: SG02102/5-5/2-2020#12 - Objekt-ID: 829573 - Revision: 000. Peine.

BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (Hg.) (2020n). Steckbrief 007_00TG_202_02IG_T_f_kru, Wirtsgestein: Tongestein. Geschäftszeichen: SG02102/5-5/2-2020#12 - Objekt-ID: 829573 - Revision: 000. Peine.

BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (Hg.) (2020o). Steckbrief 076_03TG_191_05IG_S_f_so, Wirtsgestein: Stratiformes Steinsalz. Geschäftszeichen: SG02102/5-5/2-2020#12 - Objekt-ID: 829573 - Revision: 000. Peine.

BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (Hg.) (2020p). Steckbrief 077_00TG_192_00IG_S_f_jo, Wirtsgestein: Stratiformes Steinsalz. Geschäftszeichen: SG02102/5-5/2-2020#12 - Objekt-ID: 829573 - Revision: 000. Peine.

BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (Hg.) (2020q). Steckbrief 078_06TG_197_06IG_S_f_z, Wirtsgestein: Stratiformes Steinsalz. Geschäftszeichen: SG02102/5-5/2-2020#12 - Objekt-ID: 829573 - Revision: 000. Peine.

BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (Hg.) (2021). Ergänzende Kartendarstellungen zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG, Bewertung der Teilgebiete in Bezug auf: Anlage 2 – Kriterium zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper Anlage 11 – Kriterium zur Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge.

BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (Hg.) (2022a). Arbeitsstand der Methodenentwicklung zur Anwendung der planungswissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß Anlage 12 (zu § 25) StandAG, Vorgaben, Grundverständnis, Daten zur Darstellbarkeit der Einzelkriterien (8256745). Peine. Online verfügbar unter https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Methodik/Phase_I_Schritt_2/planWK/20220926_Arbeitsstand_Methodenentwicklung_planWK_bf.pdf.

BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (Hg.) (2022b). Methodenbeschreibung zur Durchführung der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung (919256).

BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (Hg.) (2023a). Auf dem Weg zu den Standortregionen: Veröffentlichung von Arbeitsständen, Diskussionspapier (9449876).

BGE - Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (Hg.) (2023b). Vorgehen zur Ermittlung von Standortregionen aus den Teilgebieten (9059916).

BGR - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2014a): Klaus, R.; Hammer, J.; Pusch, M. Verbreitung, Zusammensetzung und geologische Lagerungsverhältnisse flach lagernder Steinsalzfolgen in Deutschland. Hannover.

BGR - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2019a): Jähne-Klingberg, F.; Stück, H.; Bebiolka, A.; Bense, F.; Stark, L. Prognosemöglichkeiten von großräumigen Vertikalbewegungen in Deutschland (9S2018100000). Hannover. Online verfügbar unter https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Endlagerung/Downloads/Standortauswahl/Geowissenschaftlich_%20Kriterien/2019_10_28_prognosemoeglichkeiten_vertikalbewegungen_abschlussbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=5, zuletzt geprüft am 15.09.2020.

BGR - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2019b): May, F. Möglichkeiten der Prognose zukünftiger vulkanischer Aktivität in Deutschland (9S2018090000). Hannover.

BGR - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2023): Bohrpunktkarte Deutschland. Online verfügbar unter https://boreholemap.bgr.de/mapapps/resources/apps/boreholemap/index.html?lang=de, zuletzt geprüft am 11.11.2025.

BGR - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hg.) (1977): Kockel, F.; Roland, N. W. Langzeitlagerung radioaktiver Abfälle, Katalog geeigneter geologischer Formationen in der Bundesrepublik Deutschland. Hannover.

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

BGR - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hg.) (2014b): Reinhold, K.; Hammer, J.; Pusch, M. Verbreitung, Zusammensetzung und geologische Lagerungsverhältnisse flach lagernder Salzfolgen in Deutschland (BASAL), F+E Endlagerung (9Y2013030000). Hannover.

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2020): Stück, H.; Bense, F.; Frenzel, B.; Henneberg, M.; Kneuker, T.; Lang, J.; Mertineit, M.; Noack, V.; Pollok, L. Ausschlusskriterium "Aktive Störungszonen". Hannover/Berlin.

Dehmer, D. (2023): AG 8 - Einblick in die Eingrenzung –, Was ist 2024 von der BGE zu erwarten? im Rahmen des 2. Forums Endlagersuche. 2. Forums Endlagersuche. Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH. Halle (Saale), 18.11.2023. Online verfügbar unter https://www.endlagersuche-infoplattform.de/SharedDocs/Downloads/Endlagersuche/DE/2023/forum/praesentationen/1124_Arbeitsgruppe-Einblick-Eingrenzung.pdf?__blob=publicationFile&v=2.

Deutscher Bundestag: Verordnung über Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle (Endlagersicherheitsanforderungsverordnung - EndlSiAnfV), EndlSiAnfV. In: BGBl. I S. 2094, 2103.

DSK - Deutsche Stratigraphisch Kommission (Hg.) (2008). Regionale geochronologische Gliederung, ausgewählte lithostratigraphische liederungen und Typusprofile für über Tage und untertage des Röt (Folge s7).

Fraktionen CDU/CSU, SPD und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN (2017): Entwurf eines Gesetzes zur Fortentwicklung des Gesetzes zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle und anderer Gesetze.

Frisch, U.; Kockel, F. (2004): Der Bremen-Knoten im Strukturnetz Nordwest-Deutschlands. Stratigraphie, Paläogeographie, Strukturgeologie. In: *Berichte, Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen*.

Füchtbauer, H. (1988): Sedimente und Sedimentgesteine 4., gänzl. neubearb. Aufl. (Sediment-Petrologie, T. II). Stuttgart: Schweizerbart.

IfG - Institut für Gebirgsmechanik GmbH Leipzig (Hg.) (2022): Popp, T. Eigenschaften und Potential stratiformer Salz-Formationen für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle. Leipzig.

Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe (2016): Verantwortung für die Zukunft, Ein faires und transparentes Verfahren für die Auswahl eines nationalen Endlagerstandortes (K-Drs., 268).

LBEG - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen (Hg.) (2017): Heunisch, C.; Caspers, G.; Elbracht, J.; Langer, A.; Röhling, H.-G.; Schwarz, C.; Streif, H. Erdgeschichte von Niedersachsen, Geologie und Landschaftsentwicklung. Geoberichte 6.

Lux, K.-H.; Eberth, S. (2002a): Entwicklung und Fundierung der Anforderung „Geringe Neigung zur Bildung von Wegsamkeiten". Clausthal-Zellerfeld.

Lux, K.-H.; Eberth, S. (2002b): Entwicklung und Fundierung der Anforderung „Günstige gebirgsmechanische Voraussetzungen“, Teil B: Weiterführende laborative und rechnerische Untersuchungen. Clausthal-Zellerfeld.

May, F. (2021): Prognosen und Ausschlussgebiete für zukünftig zu erwartende vulkanische Aktivität. Fachkonferenz Teilgebiete, 1. Beratungstermin. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Veranstalter: Fachkonferenz Teilgebiete, 05.02.2021.

Meschede, M. (2015): Geologie Deutschlands, Ein prozessorientierter Ansatz. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. Online verfügbar unter http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-epflicht-1521567.

NBG - Nationales Begleitgremium (Hg.) (2023): Kühn, M.; Behrmann, J.; Grötsch, J.; Weber, M. Gutachten zur Weiterentwicklung der MEthodik für die räprenstativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen. Berlin.

Öko-Institut e. V. (2020): Chaudry, S.; Neles, J. Kurzgutachten zur Umsetzung der Kriterien nach den §§ 22-24 StandAG in Methoden zur Kriterienanwendung durch die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH. Darmstadt.

Öko-Institut e. V. (2024): Krohn, J.; Krob, F. Osnabrück: Fachliche Beratung der Stadt und des Landkreises zu den Ergebnissen des Zwischenberichts Teilgebiete im Standortauswahlverfahren für ein Endlager. Darmstadt. Online verfügbar unter https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Beratung_Standortauswahlverfahren_Osnabrueck.pdf.

Öko-Institut e.V. (2021a): Chaudry, S.; Krohn, J.; Neles, J. Kurz-Beratung zum Zwischenbericht Teilgebiete für den Landkreis Lüchow-Dannenberg, Teilgebiete: 004_00TG_053_00IG_T_f_tpg, 005_00TG_055_00IG_T_f_jm, 006_00TG_188_00IG_T_f_ju, 007_00TG_202_02IG_T_f_kru. Darmstadt. Online verfügbar unter https://www.oeko.de/publikationen/p-details/kurz-beratung-zum-zwischenbericht-teilgebiete-fuer-den-landkreis-luechow-dannenberg.

Öko-Institut e.V. (Hg.) (2021b): Saleem Chaudry, J. N. Fachliche Beratung des Landkreises Emsland zu den Ergebnissen des Zwischenberichts Teilgebiete im Standortauswahlverfahren für ein Endlager. Online verfügbar unter https://www.oeko.de/publikation/fachliche-beratung-des-landkreises-emsland-zu-den-ergebnissen-des-zwischenberichts-teilgebiete-im-standortauswahlverfahren-fuer-ein-endlager/.

Seidel, L. (2023): 2. Forum Endlagersuche, Von den Teilgebieten zu den Standortregionen. 2. Forums Endlagersuche. Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH. Halle (Saale), 17.11.2023. Online verfügbar unter https://www.endlagersuche-infoplattform.de/SharedDocs/Downloads/Endlagersuche/DE/2023/forum/praesentationen/1212_teilgebiete_standortregionen.pdf?__blob=publicationFile&v=3.

StandAG (2017): Deutscher Bundestag. Standortauswahlgesetz vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 16 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808) geändert worden ist, StandAG.

StandAG (2017): Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz - StandAG), StandAG, Fassung vom Zuletzt geändert durch Art. 8 G v. 22.03.2023 I Nr. 88 Ersetzt V 751-17 v. 23.07.2013 I 2553

(StandAG). Online verfügbar unter https://www.gesetze-im-internet.de/standag_2017/index.html#BJNR107410017BJNE004100000.

Wilde, V.; Schultka, S. (1996): Die sandige Wealden-Fazies (Bückeberg-Formation, Berrias, Unterkreide) am Westrand eines Schüttungskörpers bei Osnabrück (NW-Deutschland). In: *njgpa* 199 (2), S. 249–268. DOI: 10.1127/njgpa/199/1996/249.