LANDKREIS LÜNEBURG
DER LANDRAT

Verwaltungsleitung		Vorlagenart	Vorlagennummer
Verantwortlich: Datum:	Krumböhmer, Jürgen 03.05.2022	**Bericht**	**2022/155**
		Öffentlichkeitsstatus: öffentlich	

Beratungsgegenstand:
Vorstellung Gutachten Endlagersuche durch die Firma DEEP.KBB

Produkt/e:
111-100 Verwaltungsführung

Beratungsfolge

Status	Datum	Gremium
Ö	19.05.2022	Begleitausschuss zur Endlagersuche

Anlage/n:

Beschlussvorschlag:
Berichtsvorlage – keine Beschlussfassung erforderlich

Sachlage:
Die Landkreise Harburg, Uelzen und Lüneburg haben die Firma DEEP.KBB aus Bad Zwischenahn am 14.12.2021 mit der Erstellung eines Gutachtens zum Zwischenbericht Endlagersuche beauftragt. Das Gutachten wird öffentlich vorgestellt. Die Veranstaltung wird beworben, um möglichst vielen Bürgerinnen und Bürgern die Gelegenheit zur Teilnahme zu geben. Ihnen soll Gelegenheit zu Fragen gegeben werden.

Für:

Landkreis Harburg
Schloßplatz 6
21423 Winsen (Luhe)
(ausschreibende Stelle)

Landkreis Lüneburg
Auf dem Michaeliskloster 4
21335 Lüneburg
(Projektpartner)

Landkreis Uelzen
Veerßer Str. 53
29525 Uelzen
(Projektpartner)

Gutachten zum Zwischenbericht Teilgebiete der BGE

In den Landkreisen Harburg, Lüneburg und Uelzen

Entwurf

Projektnr.:	0832-882265
Erstellt von:	Therese Mann
Datum:	09.05.2022
Geprüft von:	Birgit Horvath
Freigegeben von:	
Revision:	Entwurf

DEEP.KBB GmbH | Büro Hannover
Baumschulenallee 16 | 30625 Hannover
info@deep-kbb.de | www.deep-kbb.de

DEEP.KBB

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis 4
Tabellenverzeichnis 6
Anlagenverzeichnis 8
1 Glossar 9
2 Einleitung 11
3 Zusammenfassung des Standortauswahlverfahrens 12
3.1 Geschichtlicher Abriss zur Endlagersuche in Deutschland 12
3.2 Methodik der Ausweisung von Teilgebieten der BGE 14
3.3 Kriterien-Anwendung im Überblick 16
4 Darstellung und Prüfung der Teilgebiete 21
4.1 Norddeutsches Becken im Tertiär (Unteres Paläogen) - 004_00TG_053_00IG_T_f_tpg 24
4.1.1 Darstellung 24
4.1.2 Ausschlusskriterien 26
4.1.3 Mindestanforderungen 27
4.1.4 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien 29
4.2 Norddeutsches Becken im Mittlerer Jura (Dogger) - 005_00TG_055_00IG_T_f_jm 31
4.2.1 Darstellung 31
4.2.2 Ausschlusskriterien 33
4.2.3 Mindestanforderungen 34
4.2.4 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien 36
4.3 Norddeutsches Becken in der Unterkreide – 007_00TG_202_02IG_T_f_kru 38
4.3.1 Darstellung 38
4.3.2 Ausschlusskriterien 40
4.3.3 Mindestanforderungen 41
4.3.4 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien 42
4.4 Struktur Bahlburg - 035_00TG_057_00IG_S_s_z 45
4.4.1 Darstellung 45
4.4.2 Ausschlusskriterien 48
4.4.3 Mindestanforderungen 51
4.4.4 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien 54
4.5 Struktur Stemmen/ Otter-Todtshorn - 034_00TG_054_00IG_S_s_z 57
4.5.1 Darstellung 57

Entwurf

4.5.2 Ausschlusskriterien ... 60
4.5.3 Mindestanforderungen ... 61
4.5.4 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien ... 63
4.6 Struktur Egestorf-Soderstorf - 036_00TG_058_00IG_S_s_z ... 65
4.6.1 Darstellung ... 65
4.6.2 Ausschlusskriterien ... 68
4.6.3 Mindestanforderungen ... 69
4.6.4 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien ... 70
4.7 Struktur Wettenbostel/ Ebstorf - 037_00TG_061_00IG_S_s_z ... 73
4.7.1 Darstellung ... 73
4.7.2 Ausschlusskriterien ... 76
4.7.3 Mindestanforderungen ... 77
4.7.4 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien ... 79
4.8 Struktur Rosenthal - 038_00TG_063_00IG_S_s_z ... 81
4.8.1 Darstellung ... 81
4.8.2 Ausschlusskriterien ... 84
4.8.3 Mindestanforderungen ... 85
4.8.4 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien ... 87
4.9 Struktur Horndorf - 039_00TG_064_00IG_S_s_z ... 89
4.9.1 Darstellung ... 89
4.9.2 Ausschlusskriterien ... 92
4.9.3 Mindestanforderungen ... 93
4.9.4 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien ... 94
4.10 Struktur Niendorf II/ Wieren/ Bodenteich - 040_00TG_067_00IG_S_s_z ... 97
4.10.1 Darstellung ... 97
4.10.2 Ausschlusskriterien ... 100
4.10.3 Mindestanforderungen ... 102
4.10.4 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien ... 103
4.11 Struktur Rosche-Thondorf - 041_00TG_068_00IG_S_s_z ... 105
4.11.1 Darstellung ... 105
4.11.2 Ausschlusskriterien ... 108
4.11.3 Mindestanforderungen ... 109
4.11.4 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien ... 111

Entwurf

4.12 Struktur Meckelfeld - 064_00TG_151_00IG_S_s_z-ro 113
4.12.1 Darstellung 113
4.12.2 Ausschlusskriterien 116
4.12.3 Mindestanforderungen 117
4.12.4 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien 118
4.13 Struktur Nordostdeutsches Tiefland - 076_02TG_191_02IG_S_f_so 120
4.13.1 Darstellung 120
4.13.2 Ausschlusskriterien 123
4.13.3 Mindestanforderungen 124
4.13.4 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien 124
4.14 Bewertung der Referenzdatensätze zur Anwendung der Geowissenschaftlichen Abwägungskriterien 127
5 Fragestellungen und Hinweise zum Verfahren 134
5.1 Relevante Fragestellungen und Hinweise zur Unterstützung des fachlichen Informationstransports 134
5.2 Hinweise zu Beteiligungsmöglichkeiten im weiteren Standortauswahlprozessren 135
6 Fazit und Ausblick für das weitere Standortauswahlverfahren 136
Literaturverzeichnis 138

Entwurf

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Endlagerrelevante Eigenschaften potentieller Wirtsgesteine (BGR, 2007) 15

Abbildung 2: Mindestanforderung nach § 23 StandAG 17

Abbildung 3: Übersichtskarte der Verbreitung der Teilgebiete im Wirtsgestein Tongestein in den Landkreisen Harburg, Lüneburg und Uelzen. 22

Abbildung 4: Übersichtskarte der Verbreitung der Teilgebiete im Wirtsgestein Steinsalz in steiler und flacher Lagerung in den Landkreisen Harburg, Lüneburg und Uelzen 23

Abbildung 5: Übersichtskarte des Teilgebiets 004_00TG_053_00IG_T_f_tpg 24

Abbildung 6: Geologischer Profilschnitt durch das Teilgebiet 004_00TG_053_00IG_T_f_tpg (überhöhte Darstellung) 26

Abbildung 7: Übersichtskarte des Teilgebiets 005_00TG_055_00IG_T_f_jm 31

Abbildung 8: Geologischer Profilschnitt durch das Teilgebiet 005_00TG_055_00IG_T_f_jm (überhöhte Darstellung) 33

Abbildung 9: Übersichtskarte des Teilgebiets 007_00TG_202_02IG_T_f_kru 38

Abbildung 10: Geologischer Profilschnitt durch das Teilgebiet 007_00TG_202_02IG_T_f_kru (überhöhte Darstellung) 40

Abbildung 11: Übersichtskarte des Teilgebiets 035_00TG_057_00IG_S_s_z (BGE, 2020a) 45

Abbildung 12: Perspektivische Darstellung des Teilgebiets 035_00TG_057_00IG_S_s_z im Salzstock Bahlburg 46

Abbildung 13: Darstellung des Teilgebiets 035_00TG_057_00IG_S_s_z im Salzstock Bahlburg aus der Vogelperspektive 47

Abbildung 14: Schematischer Aufbau eines Salzstocks mit Deck- und Nebengebirge sowie Scheitelstörungen (Quelle DEEP.KBB) 49

Abbildung 15: Übersichtskarte des Teilgebiets 034_00TG_054_00IG_S_s_z (BGE, 2020a) 57

Abbildung 16: Perspektivische Darstellung des Teilgebiets 034_00TG_054_00IG_S_s_z im Salzstock Stemmen/ Otter-Todtshorn (Baldschuhn, et al., 2001) 59

Abbildung 17: Darstellung des Teilgebiets 034_00TG_054_00IG_S_s_z im Salzstock Stemmen/ Otter-Todtshorn aus der Vogelperspektive 60

Abbildung 18: Übersichtskarte des Teilgebiets 036_00TG_058_00IG_S_s_z 65

Abbildung 19: Perspektivische Darstellung des Teilgebiets 036_00TG_058_00IG_S_s_z im Salzstock Egestorf-Soderstorf 67

Abbildung 20: Darstellung des Teilgebiets 036_00TG_058_00IG_S_s_z im Salzstock Egestorf-Soderstorf aus der Vogelperspektive 68

Abbildung 21: Übersichtskarte des Teilgebiets 037_00TG_061_00IG_S_s_z 73

Abbildung 22: Perspektivische Darstellung des Teilgebiets 037_00TG_061_00IG_S_s_z im Salzstock Wettenbostel/ Ebstorf 75

Abbildung 23: Darstellung des Teilgebiets 037_00TG_061_00IG_S_s_z im Salzstock Wettenbostel/ Ebstorf aus der Vogelperspektive 76

Entwurf

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 24: Übersichtskarte des Teilgebiets 038_00TG_063_00IG_S_s_z 81
Abbildung 25: Perspektivische Darstellung des Teilgebiets 038_00TG_063_00IG_S_s_z im Salzstock Rosenthal 83
Abbildung 26: Darstellung des Teilgebiets 038_00TG_063_00IG_S_s_z im Salzstock Rosenthal aus der Vogelperspektive 84
Abbildung 27: Übersichtskarte des Teilgebiets 039_00TG_064_00IG_S_s_z 89
Abbildung 28: Perspektivische Darstellung des Teilgebiets 039_00TG_064_00IG_S_s_z im Salzstock Horndorf 91
Abbildung 29: Darstellung des Teilgebiets 039_00TG_064_00IG_S_s_z im Salzstock Horndorf aus der Vogelperspektive 92
Abbildung 30: Übersichtskarte des Teilgebiets 040_00TG_067_S_s_z 97
Abbildung 31: Perspektivische Darstellung des Teilgebiets 040_00TG_067_00IG_S_s_z im Salzstock Niendorf II-Wieren-Bodenteich 99
Abbildung 32: Darstellung des Teilgebiets 040_00TG_067_00IG_S_s_z im Salzstock Niendorf II-Wieren-Bodenteich aus der Vogelperspektive 100
Abbildung 33: Übersichtskarte des Teilgebiets 041_00TG_068_00IG_S_s_z 105
Abbildung 34: Perspektivische Darstellung des Teilgebiets 041_00TG_068_00IG_S_s_z im Salzstock Rosche-Thondorf 107
Abbildung 35: Darstellung des Teilgebiets 041_00TG_068_00IG_S_s_z im Salzstock Rosche-Thondorf aus der Vogelperspektive 108
Abbildung 36: Übersichtskarte des Teilgebiets 064_00TG_151_00IG_S_s_z-ro 113
Abbildung 37: Perspektivische Darstellung des Teilgebiets 064_00TG_151_00IG_S_s_z-ro im Salzstock Meckelfeld 114
Abbildung 38: Darstellung des Teilgebiets 064_00TG_151_00IG_S_s_z-ro im Salzstock Meckelfeld aus der Vogelperspektive 115
Abbildung 39: Übersichtskarte des Teilgebiets 076_02TG_191_02IG_S_f_so 120
Abbildung 40: Darstellung des Teilgebietsbereich 076_02TG_191_02IG_S_f_so in der stratigraphischen Modelleinheit Röt/Muschelkalk aus der Vogelperspektive 122
Abbildung 41: Geologischer Profilschnitt durch den Teilgebietsbereich 076_02TG_191_02IG_S_f_so 122

Entwurf

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ausschlusskriterien nach § 22 StandAG mit Kurzbeschreibung 16

Tabelle 2: Geowissenschaftliche Abwägungskriterien nach § 24 StandAG 20

Tabelle 3: Zuordnung der Teilgebiete zum jeweiligen Landkreis 21

Tabelle 4: Charakteristika des Teilgebiets 004_00TG_053_00IG_T_f_tpg 25

Tabelle 5: Tiefbohrungen im Bereich des Teilgebiets 004_00TG_053_00IG_T_f_tpg (LBEG, 2022a) 27

Tabelle 6: Prüfung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Teilgebiet Norddeutsches Becken im Tertiär (Unteres Paläogen, 004_00TG_053_00IG_T_f_tpg) 30

Tabelle 7: Charakteristika des Teilgebiets 005_00TG_055_00IG_T_f_jm 32

Tabelle 8: Tiefbohrungen im Umfeld des Teilgebiets 005_00TG_055_00IG_T_f_jm (LBEG, 2022a) 34

Tabelle 9: Prüfung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Teilgebiet Norddeutsches Becken im Mittleren Jura (Dogger, 005_00TG_055_00IG_T_f_jm). 37

Tabelle 10: Charakteristika des Teilgebiets 007_00TG_202_02IG_T_f_kru 39

Tabelle 11: Tiefbohrungen im Umfeld des Teilgebiets 007_00TG_202_02IG_T_f_kru (LBEG, 2022a) 41

Tabelle 12: Prüfung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Teilgebiet Norddeutsches Becken in der Unterkreide (007_00TG_202_02IG_T_f_kru). 44

Tabelle 13: Charakteristika des Teilgebietes 035_00TG_057_00IG_S_s_z (BGE, 2020) 46

Tabelle 14: Tiefbohrungen (Endteufe > 275m) auf dem Salzstock Bahlburg (LBEG, 2022a) 50

Tabelle 15: Prüfung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Teilgebiet Bahlburg (035_00TG_057_00IG_S_s_z). 56

Tabelle 16: Charakteristika des Teilgebiets 034_00TG_054_00IG_S_s_z 58

Tabelle 17: Tiefbohrungen (Endteufe > 275m) auf dem Salzstock Stemmen/ Otter-Totshorn (LBEG, 2022a) 61

Tabelle 18: Prüfung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im TG Stemmen/ Otter-Todtshorn (034_00TG_054_00IG_S_s_z). 64

Tabelle 19: Charakteristika des Teilgebiets 036_00TG_058_00IG_S_s_z 66

Tabelle 20: Prüfung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Teilgebiet Egestorf-Soderstorf (036_00TG_058_00IG_S_s_z) 72

Tabelle 21: Charakteristika des Teilgebiets 037_00TG_061_00IG_S_s_z 74

Tabelle 22: Tiefbohrungen (Endteufe > 275m) auf dem Salzstock Wettenbostel-Ebstorf (LBEG, 2022a) 77

Tabelle 23: Prüfung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Teilgebiet Wettenbostel/ Ebstorf (037_00TG_061_00IG_S_s_z). 80

Tabelle 24: Charakteristika des Teilgebiets 038_00TG_063_00IG_S_s_z 82

Tabelle 25: Tiefbohrungen (Endteufe > 275m) auf dem Salzstock Rosenthal (LBEG, 2022a) 85

Entwurf

Tabellenverzeichnis

Tabelle 26: Prüfung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Teilgebiet Rosenthal (038_00TG_063_00IG_S_s_z). 88

Tabelle 27: Charakteristika des Teilgebiets 039_00TG_064_00IG_S_s_z 90

Tabelle 28: Tiefbohrungen (Endteufe > 275m) auf dem Salzstock Horndorf (LBEG, 2022a)..... 93

Tabelle 29: Prüfung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Teilgebiet Horndorf (039_00TG_064_00IG_S_s_z). 96

Tabelle 30: Charakteristika des Teilgebiets 040_00TG_067_S_s_z 98

Tabelle 31: Tiefbohrungen (Endteufe > 275m) auf dem Salzstock Niendorf II-Wieren-Bodenteich (LBEG, 2022a)..... 102

Tabelle 32: Prüfung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Teilgebiet Niendorf II-Wieren-Bodenteich (040_00TG_067_00IG_S_s_z). 104

Tabelle 33: Charakteristika des Teilgebiets 041_00TG_068_00IG_S_s_z 106

Tabelle 34: Tiefbohrungen (Endteufe > 275m) auf dem Salzstock Rosche-Thondorf (LBEG, 2022a).. 109

Tabelle 35: Prüfung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Teilgebiet Rosche-Thondorf (041_00TG_068_00IG_S_s_z). 112

Tabelle 36: Charakteristika des Teilgebiets 064_00TG_151_00IG_S_s_z-ro..... 114

Tabelle 37: Ausgewählte Tiefbohrungen (Endteufe > 275m) auf dem Salzstock Meckelfeld (LBEG, 2022a)..... 116

Tabelle 38: Prüfung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Teilgebiet Meckelfeld (064_00TG_151_00IG_S_s_z-ro)..... 119

Tabelle 39: Charakteristika des Teilgebiets 076_02TG_191_02IG_S_f_so 121

Tabelle 40: Tiefbohrung im Teilgebietsbereich (076_02TG_191_02IG_S_f_so) im Raum Lüneburg (LBEG, 2022a)..... 123

Tabelle 41: Prüfung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Teilgebiet Nordostdeutsches Tiefland (076_02TG_191_02IG_S_f_so)..... 126

Tabelle 42: Übersicht zur Bewertung der Kriterien zur Anwendung von Referenzdatensätzen für Tongestein (Grüntöne), Salzgestein (Blautöne) und gebietsspezifischer Daten (Grau)..... 127

Tabelle 43: Prüfung und Bewertung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Wirtsgestein Steinsalz, für welche die BGE ein Referenzdatensatz verwendet hat. 131

Tabelle 44: Prüfung und Bewertung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Wirtsgestein Tongestein, für welche die BGE ein Referenzdatensatz verwendet hat. 133

Entwurf

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Zusammenfassung der Ergebnisse und des Gutachtens für den Landkreis Harburg

Anlage 2: Zusammenfassung der Ergebnisse und des Gutachtens für den Landkreis Lüneburg

Anlage 3: Zusammenfassung der Ergebnisse und des Gutachtens für den Landkreis Uelzen

Entwurf

1 Glossar

AkEnd	Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte
Ausschlussgebiet	Gebiete, die sobald ein festgelegtes Ausschlusskriterium greift, nicht mehr als Endlagerstandort geeignet sind
BASE	Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Endlagersuche
BGE	Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
Caprock	auch Hutgestein. Der Caprock entsteht infolge unterirdischer chemischer Lösung durch Grundwässer (Subrosion) in den obersten Teilen von Salzstöcken nach Auflösung der leichtlöslichen Salze (Steinsalz, Kali- und Magnesiumsalz). Das Gestein setzt sich aus den übrigbleibenden, schwer löslichen Anteilen wie Anyhydrit, Gips und auch Kalk zusammen.
Deckgebirge	Gesteinsschichten oberhalb von Salzstrukturen, die durch den Salzaufstieg tektonisch überprägt sein können.
ewG	einschlusswirksamer Gebirgsbereich
Exploration	Erkundung; Aufsuchen und Bewerten bergbaulicher Abbaufelder oder Gesteinsschichten.
GeoIDG	Geologiedatengesetz: Gesetz zur staatlichen geologischen Landesaufnahme sowie zur Übermittlung, Sicherung und öffentliche Bereitstellung geologischer Daten und zur Zurverfügungstellung geologischer Daten zur Erfüllung öffentlicher Aufgaben.
geowAK	Geowissenschaftliche Abwägungskriterien
GOK	Geländeoberkante
Grundwasser	Wasser, dass infolge Versickerung von atmosphärischen Niederschlägen und Versinkung oberirdischer Gewässer in die Gesteine eindringt und dort Hohlräume zusammenhängend füllt
InSpEE/DS	Informationssystem Salzstrukturen: Planungsgrundlagen, Auswahlkriterien und Potentialabschätzung für die Errichtung von Salzkavernen zur Speicherung von Erneuerbaren Energien (Wasserstoff und Druckluft) https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Nutzung_tieferer_Untergrund_CO2Speicherung/Projekte/Nutzungspotenziale/Abgeschlossen/InSpEEDS.html
Konvergenz	Verformung des Gebirges bedingt durch den vorherrschenden Gebirgsdruck und Spannungszustand; Im Salzgestein: Verkleinerung des Hohlraumes durch kriechendes Salzgestein.
LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie
Nebengebirge	Gesteinsschichten neben Salzstrukturen, die durch den Salzaufstieg tektonisch überprägt wurden.
NBG	Nationales Begleitgremium
NIBIS-Kartenserver	öffentliches Portal für die Geodaten des Niedersächsischen Bodeninformationssystem

Entwurf

1 Glossar

Projekt-TUNB	Potenziale des unterirdischen Speicher- und Wirtschaftsraumes im Norddeutschen Becken. Unter Federführung der BGR wurde gemeinsam mit den Staatlichen Geologischen Diensten der norddeutschen Bundesländer ein digitales, grenzüberschreitend abgestimmtes strukturgeologisches 3D-Modell des Norddeutschen Beckens erstellt. https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Nutzung_tieferer_Untergrund_CO2Speicherung/Projekte/Nutzungspotenziale/Laufend/TUNB.html
Salinar	vorwiegend aus Salzgesteinen aufgebauter Gesteinskomplex
Salzspiegel	Der Salzspiegel ist eine durch Ablaugungstätigkeit des Grundwassers an Salzlagern, vor allem Salzstöcken, erzeugte Fläche. Der Salzspiegel trennt das Salzgestein vom Deck- und Nebengebirge. Siehe auch Caprock.
Sattelstruktur	eine durch Faltung (Tektonische Vorgänge) erzeugte Aufwölbung der Gesteinsschichten.
Scheitelstörung	Viele norddeutsche Salzstrukturen zeigen in den Schichten über der Salzstruktur, dem Deckgebirge bzw. den Deckgebirgsschichten, sogenannte Scheitelstörungen. Scheitelstörungen sind im Zuge der Aufwölbung und damit einhergehenden Dehnung des Deckgebirges während der Bildung eines Salzstocks entstanden.
SGD	Staatliche Geologische Dienste: Die Staatlichen Geologischen Dienste sammeln und erarbeiten Fachinformationen über die Beschaffenheit des Untergrunds. https://www.infogeo.de/Infogeo/DE/Startseite/startseite_node.html
Sohle	Höhenlage eines Streckensystems in einer Grube/ Bergwerk.
StandAG	Standortauswahlgesetz: Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle
Subrosion	Eine unter der Erdoberfläche stattfindende Ablaugung an leichtlöslichen Gesteinen, insbesondere Salzen, durch Grundwässer. Solche unterirdische Ablaugung kann ein Nachsinken des darüber liegenden Gebirges zu Folge haben, so dass sich an der Erdoberfläche eine Senke bildet.
Teilgebiet-Kennung	eindeutige Nomenklatur zum einfach Nachvollziehen der Verfahrensschritte. Eine Erläuterung wird auf der Internetseite der BGE gegeben.
Teufe	bergmännische Bezeichnung für Tiefe. Die Teufe gibt an, wie tief ein Punkt unter Tage unter der Erdoberfläche liegt.
Tragender Ausbau	Bergbaulicher Ausbau (z.B. Gebirgsanker, Matten, Betonausbau) von Gesteinsschichten zur Erhaltung der Standfestigkeit des Gebirges.

Ein weiterführendes Glossar ist der zum Zwischenbericht Teilgebiete zugehörigen Unterlage „Glossar der BGE zum Standortauswahlverfahren“ (BGE, 2020af) zu entnehmen.

Entwurf

2 Einleitung

Mit der Verabschiedung des Standortauswahlgesetzes – StandAG (Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle) im Jahr 2017 (Neufassung der ersten Fassung aus dem Jahr 2013) begannen auch die Arbeiten im Standortauswahlverfahren, die von der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) als Vorhabenträgerin durchgeführt werden. Die Standortsuche erfolgt dabei in drei Phasen mit zunehmender Einengung des Betrachtungszeitraums bei gleichzeitiger Erhöhung des Detaillierungsgrades: Von der anfänglichen Betrachtung des gesamten Bundesgebiets wird in Phase I anhand von existierenden geologischen Daten eine Anzahl von günstigen Standortregionen ermittelt, in denen die geologische Erkundung von Übertage aus in Phase II durchgeführt wird. Auf dieser Basis werden Standorte für die untertägige Erkundung vorgeschlagen, mit dem Ziel einen Standort mit der größtmöglichen Sicherheit für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle zu finden.

Am 28.09.2020 veröffentlichte die BGE den „Zwischenbericht Teilgebiete“ (BGE, 2020). Nach § 13 StandAG sind Teilgebiete jene Gebiete in Deutschland, die günstige geologische Voraussetzungen für die sichere Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in einem der drei Wirtsgesteine (Steinsalz, Tongestein und Kristallingestein) erwarten lassen. Die Teilgebiete resultieren aus der Anwendung von Ausschlusskriterien (§ 22 StandAG), Mindestanforderungen (§ 23 StandAG) und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (§ 24 StandAG). Mit der Veröffentlichung des Zwischenberichts Teilgebiete soll die öffentliche Teilnahme im Standortauswahlverfahren angeregt werden, so dass eine Begleitung der Arbeit und die Einordnung der Ergebnisse möglich ist.

Das Gebiet der Landkreise Harburg, Lüneburg und Uelzen überschneidet sich mit insgesamt 13 Teilgebieten von denen sich zehn im Wirtsgestein Steinsalz befinden. Die anderen drei Teilgebiete befinden sich im Tongestein, welcher im Gebiet mitunter großflächig verbreitet ist.

Die DEEP.KBB GmbH (DEEP.KBB) wurde vom Landkreis Harburg beauftragt, aus geologischer Sicht die Methodik bei der Ausweisung der Teilgebiete sowie die Ergebnisse zu prüfen. Die Prüfung erfolgt anhand der verfügbaren Unterlagen und im Abgleich mit den Vorgaben des StandAG.

Auf dieser Grundlage wird eine zusammenfassende Bewertung der Teilgebiete in Berichtsform für die Zielgruppen Politik und Öffentlichkeit erstellt und im Fachausschuss der Landkreise vorgestellt.

Zum Verständnis und zur Einordnung des Standortauswahlverfahrens gibt Kapitel 3 dieses Berichts einen kurzen Überblick zum bisherigen Ablauf der Endlagersuche für radioaktive Abfälle in Deutschland. Weiterhin wird in diesem Kapitel die Methodik zur Ausweisung von Teilgebieten durch die BGE erläutert und die angewandten Kriterien vorgestellt.

Im Kapitel 4 werden die 13 Teilgebiete dargestellt und deren Charakteristika beschrieben. Die Herleitung der Teilgebiete wird aus fachlicher Sicht auf Plausibilität geprüft. Hierbei werden die Erkenntnisse zur Verwendung von Referenzdaten und verfügbaren gebietsspezifischen Daten näher erläutert und geprüft.

Im Kapitel 5 erfolgt die Erarbeitung von Fragestellungen zur Unterstützung des fachlichen Informationstransports und von Hinweisen zum Verfahren bezüglich der weiterführenden Datenlage und neuer Erkenntnisse.

Der Bericht schließt mit einem Fazit und einem Ausblick auf den weiteren Verlauf des Standortauswahlverfahrens. Eine Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse des Gutachtens für die einzelnen Landkreise wird als Anlage beigefügt.

Entwurf

3 Zusammenfassung des Standortauswahlverfahrens

Zum Verständnis und zur Einordnung des Standortauswahlverfahrens gibt dieses Kapitel einen kurzen Überblick zum bisherigen Ablauf der Endlagersuche für radioaktive Abfälle in Deutschland. Weiterhin wird die Methodik zur Ausweisung von Teilgebieten durch die BGE erläutert und die angewandten Kriterien vorgestellt.

3.1 Geschichtlicher Abriss zur Endlagersuche in Deutschland

Ein geschichtlicher Abriss zur Endlagersuche von radioaktivem Abfall in Deutschland soll zum besseren Verständnis der seit 2017 neu geregelten Suche und Auswahl eines zukünftigen Endlagers für hochradioaktive Abfälle (HAW) beitragen. Als wesentliche Quellen dienten hierzu Dornsiepen (2015) sowie Informationen die auf der Website der BGE bereitgestellt werden.

Radioaktive Abfälle, die hauptsächlich aus der Nutzung der Atomenergie sowie zu einem kleineren Teil aus der Medizin und Forschung stammen, emittieren in unterschiedlicher Stärke energiereiche Strahlung, die nachweislich die Gesundheit von Lebewesen schädigen. Es besteht daher in vielen Ländern Konsens darüber, dass zum Schutz der Biosphäre radioaktive Abfälle für sehr lange Zeiträume (bis zu 1 Million Jahren) in ein Endlager im tiefen geologischen Untergrund eingelagert werden sollen.

Das Thema der Endlagerung radioaktiver Abfälle wird in der Bundesrepublik Deutschland seit vielen Jahrzehnten kontrovers und auch emotional diskutiert. Ein Grund dafür sind die vielen politisch motivierten Entscheidungen zur Errichtung von Endlagern für radioaktive Abfälle, ohne dass eine geologische Rechtfertigung gegeben war.

Den Anfang machte in den 1960er Jahren die in der Nähe der niedersächsischen Stadt Wolfenbüttel befindliche Schachtanlage Asse in einer aus Zechsteinsalz aufgebauten Sattelstruktur. Dieses ehemalige Kali- und Steinsalzbergwerk wurde in ein Versuchsbergwerk für die Endlagerforschung umgewandelt. Bis 1978 wurden mehr als 125.000 Gebinde (ca. 47.000 m³) mit schwach- (LAW) und mittelradioaktivem (MAW) Abfall eingelagert. Seit vielen Jahren dringt Grundwasser aus dem Nebengebirge ins Bergwerk ein. Im Jahr 2013 wurde gesetzlich die Rückholung des radioaktiven Abfalls und die Schließung des Bergwerks beschlossen.

Die ehemalige DDR entschied sich 1971 ihre radioaktiven Abfälle ebenfalls in ein ehemaliges Salzbergwerk einzulagern. Hierzu wurde die Schachtanlage Bartensleben bei Morsleben in der Nähe zur damaligen innerdeutschen Grenze im heutigen Sachsen-Anhalt ausgewählt. Das Bergwerk befindet sich in der langgestreckten Allertalstruktur, einer der Asse ähnlichen, gleichfalls aus dem Zechsteinsalinar aufgebauten Sattelstruktur. Bis zum Jahr 1998 wurden ca. 37.000 m³ schwach- und mittelradioaktive Abfälle eingelagert. Derzeit laufen Arbeiten zur Stabilisierung des Bergwerks und zur Verringerung der seit den 1980er Jahren kontinuierlichen Zuflüsse von Grundwasser aus dem Nebengebirge. Die Verfahren zur Stilllegung des Bergwerks sind noch nicht abgeschlossen. Der radioaktive Abfall soll nach der Stilllegung im Bergwerk verbleiben.

In den 1970er Jahren suchte die Bundesregierung nach geeigneten Standorten für ein Endlager für radioaktive Abfälle. Der Standort sollte auch die Möglichkeit für Wiederaufbereitung, Abfallaufbereitung und Zwischenlagerung einschließen. Nach dem die Bundesregierung dem Land Niedersachsen die eigenverantwortliche Suche nach einem Endlagerstandort übertrug, schlug der niedersächsische Ministerpräsident im Jahr 1977 hierzu den Salzstock Gorleben vor. Nach anfänglichen Bedenken der Bundesregierung aufgrund der Tatsache, dass sich der Salzstock auf das Gebiet der damaligen DDR fortsetzt, begannen 1979 die Untersuchungen zur Eignung als Endlager, zunächst mit Explorationen von der Erdoberfläche, später auch untertägig in einem Erkundungsbergwerk. Die Untersuchungen wurden bis zu einem zehnjährigen Moratorium im Jahr 2000 fortgesetzt.

ENTWURF

Mit dem Inkrafttreten des StandAG in seiner ersten Fassung im Jahr 2013 wurde die Erkundung in Gorleben endgültig beendet. Der Salzstock Gorleben ist nach Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 des StandAG kein Teilgebiet geworden. Damit wird der Salzstock Gorleben für jede weitere Betrachtung im Rahmen der zukünftigen Suche nach einem Endlager ausgeschlossen. Die Stilllegung des Bergwerks ist in Vorbereitung.

Zwischen 1975 und 1982 wurde das ehemalige Eisenerzbergwerk Schacht Konrad in der Nähe der niedersächsischen Stadt Salzgitter auf die Eignung zur Endlagerung von radioaktivem Abfall untersucht. Tonsteine der Unterkreide befinden sich über dem Bergwerk und wirken als mächtige Barriere, so dass die tonigen Schichten den Einlagerungshorizont nach oben großflächig abdichten.

Nach einem 20 Jahre andauernden Planfeststellungsverfahren mit Bürgerbeteiligung erteilte das Land Niedersachsen 2002 den Planfeststellungsbeschluss zur Einlagerung von ca. 300.000 m³ schwach- und mittelradioaktivem Abfall. Letzte Klagen hierzu wurden durch Beschluss des Bundesverwaltungsgerichts beendet. Damit ist der Schacht Konrad das erste nach Atomrecht genehmigte Endlager Deutschlands und wird zu diesem Zweck derzeit umgebaut.

Die Bundestagswahl 1998 und der damit verbundene Regierungswechsel brachte einige grundlegende Änderungen in der deutschen Atompolitik. Im Jahr 2000 wurde im sogenannten Atomkonsens mit den Energieerzeugern der Ausstieg aus der Nutzung der Atomenergie beschlossen, die Erkundungen in Gorleben zur Klärung von konzeptionellen und sicherheitstechnischen Fragen vorerst ausgesetzt und der Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd) ins Leben gerufen.

Der AkEnd, ein fachlich-wissenschaftliches Gremium, hatte das Ziel, erstmals in der Geschichte der Bundesrepublik Deutschland neue wissenschaftliche und gesellschaftliche Wege zur Lösung des Endlagerproblems für alle Arten radioaktiver Abfälle zu finden. Seitens der Politik waren die Vorgaben, dass die radioaktiven Abfälle in tiefen geologischen Formationen in Deutschland in ein einziges Endlager eingelagert werden sollten, welches bis 2030 betriebsbereit sein sollte. Die Empfehlungen des AkEnd sahen u.a. einen politisch und rechtlich festgelegten gesellschaftlichen Diskurs, die Beteiligung der Bevölkerung in allen Verfahrensschritten sowie die Transparenz des Auswahlverfahrens mittels einer Informationsplattform vor.

Es wurden verschiedene geo- und sozialwissenschaftliche Kriterien zur Auswahl von Endlagerstandorten erarbeitet. Das im späteren Verfahren angewendete Prinzip der „weißen Landkarte“ sowie der Vergleich mehrerer Standorte mit unterschiedlichen Wirtsgesteinen wurde bereits vom AkEnd vorgeschlagen. Eine praktische Umsetzung der Ergebnisse und Empfehlungen des AkEnd fand jedoch zunächst nicht statt.

Während im Jahr 2010 für kurze Zeit der „Ausstieg vom Ausstieg“ aus der Atomenergie festgelegt wurde, kam es infolge der Reaktorkatastrophe in Fukushima (Japan) zur Rücknahme der beschlossenen Laufzeitverlängerung für deutsche Kernkraftwerke. Ferner wurde der Weg zur Verabschiedung des StandAG und damit die Entwicklung eines neuen, an geologischen Kriterien orientierten Verfahrens zur Endlagersuche geebnet. Das 2013 verabschiedete Gesetz sah hierzu zunächst die Einrichtung der sogenannten Kommission „Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe“ vor. Diese Kommission, die sich aus Vertretern der Wissenschaft, von gesellschaftlichen Gruppen, der Industrie und aus der Politik zusammensetzte, arbeitete von 2014 bis 2016 an einem Bericht, der auf sämtliche entscheidungserhebliche Fragestellungen zur Entsorgung hochradioaktiver Abfälle eingeht. Es wurden ferner wirtsgesteinsspezifische Auswahl- und Abwägungskriterien erarbeitet und sich auf eine umfassende Bürgerbeteiligung verständigt.

Auf Grundlage der Ergebnisse der Endlagerkommission novelliert der Bundestag und Bundesrat das StandAG aus dem Jahr 2013. Das überarbeitete Gesetz erscheint im Jahr 2017 (StandAG 2017) und schreibt nun eine mehrphasige Suche nach einem Standort mit bestmöglicher Sicherheit und eine umfassende Beteiligung der Öffentlichkeit insbesondere in den betroffenen Standortregionen fest. Ferner werden wissenschaftliche Ausschluss-, Mindest- und Abwägungskriterien definiert und ein lernendes Verfahren angelegt, das eine Revision von Entscheidungen ermöglicht und eine Rückholbarkeit der eingelagerten Abfälle für einen längeren Zeitraum festlegt. Die Festlegung des Standortes wird für das Jahr 2031 angestrebt.

Entwurf

Die im Jahr 2016 gegründete Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) wird mit der Durchführung des Standortauswahlverfahrens beauftragt. Zusätzlich ist die BGE verantwortlicher Betreiber der deutschen Endlagerprojekte Konrad und Morsleben, sowie der Schachtanlage Asse.

Am 28.09.2020 veröffentlichte die BGE den Zwischenbericht Teilgebiete, den ersten wichtigen Schritt auf dem Weg zu einem Endlager für hochradioaktive Abfälle in Deutschland.

Das StandAG hat das Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung (BASE) als Kontroll- und Aufsichtsbehörde bei der Suche nach einem Endlager bestimmt. Das BASE bewertet die Vorschläge und Erkundungsergebnisse der BGE und schlägt nach Prüfung der Bundesregierung den Endlagerstandort vor.

Es begleitet den Suchprozess aus wissenschaftlicher Sicht und überwacht, dass die Suche so abläuft, wie sie im Gesetz festgelegt ist. Als weitere Aufgaben soll das BASE umfassend über das Verfahren informieren und die für die Standortauswahl wesentlichen Inhalte für alle Verfahrensbeteiligten frühzeitig und dauerhaft zur Verfügung stellen. Es organisiert die gesetzlich festgelegten Konferenzen und Gremien. Es bietet darüber hinaus Beteiligungs- und Dialogangebote und evaluiert die Instrumente und Verfahren der Öffentlichkeitsbeteiligung.

Das Nationale Begleitgremium ist eine unabhängige, gesellschaftliche Kontrollinstanz mit der zentralen Aufgabe, das Standortauswahlverfahren vermittelnd zu begleiten. Das Gremium achtet insbesondere auf eine adäquate Öffentlichkeitsbeteiliung und hat die Möglichkeit dem Deutschen Bundestag Empfehlungen, zum Beispiel zum Änderungs- und Innovationsbedarf bei der Durchführung des Verfahrens zu unterbreiten.

Der Deutsche Bundestag legt per Gesetz die Standortregionen, die von Übertage aus erkundet werden sollen (§ 15 StandAG), die Standorte, die untertägig erkundet werden sollen (§ 17 StandAG), und den Standortvorschlag (§ 20 StandAG) fest. Der endgültige Standort wird per Bundesgesetz entschieden.

3.2 Methodik der Ausweisung von Teilgebieten der BGE

Mit der Verabschiedung des StandAG wird in Deutschland die zukünftige Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle in einem mehrstufigen Verfahren geregelt. Die Suche beginnt praktisch von neuem, ohne Berücksichtigung dessen, dass in der Vergangenheit bereits umfassende Kenntnisse zu einem bestimmten Wirtsgestein oder zu bestimmten Standorten erarbeitet worden sind. Es gilt daher das Prinzip der „weißen Landkarte“, die sich auf ganz Deutschland bezieht.

In einem ersten Schritt sollte zunächst die Verbreitung der potentiellen Wirtsgesteine Steinsalz, Tongestein und Kristallingestein in Deutschland ermittelt werden. Hierzu dient nach StandAG § 2 Abs. 18 und § 13 Abs. 1 die Ausweisung von Teilgebieten, die günstige geologische Voraussetzungen für die sichere Endlagerung hochradioaktiver Abfälle erwarten lassen (Phase I). Die BGE ist hier verantwortlich für die Ermittlung von Teilgebieten.

Die BGE stützt sich in erster Linie auf die von den zuständigen Behörden des Bundes und der Länder zur Verfügung gestellten geologischen Daten des gesamten Bundesgebietes. Hier handelt es sich sowohl um analoge als auch um digitale Daten wie beispielsweise geologische Karten, Daten, die mit Tiefbohrungen gewonnen wurden, sowie geologische 3D-Modelle des Untergrundes. In dieser Phase der Standortermittlung werden somit schon existierende Daten ausgewertet. Neue Daten werden mit entsprechenden Erkundungsmaßnahmen erst in den späteren Verfahrensschritten gewonnen. Bisher veröffentlichte die BGE nur Schichtenverzeichnisse von Bohrungen, die als entscheidungserheblich, und damit Einfluss auf den Zwischenbericht Teilgebiete genommen haben, eingestuft wurden. Die Vorgehensweise zur Einstufung entscheidungserheblicher Bohrungen bzw. Daten ist nicht nachvollziehbar.

Tiefbohrungen, die im Bereich der Teilgebiete auftreten, werden im Kapitel „Ausschlusskriterien“ für jedes Teilgebiet tabellarisch aufgelistet. In diesen Tabellen sind Teufen- und/ oder Mächtigkeitsangaben zur Schichtenfolge des Teilgebiets aufgelistet. Die BGE hat um jeden Bohrpfad und Bohrendpunkt einen Sicherheitsabstand im Radius von 25 m angelegt, um mögliche Lageungenauigkeiten der Bohrungen zu

Entwurf

berücksichtigen sowie auch potentielle Schädigungen des angrenzenden Gesteins zu erfassen. Das LBEG (LBEG, 2021) und die BGR (BGR, 2021) können diese Methodik in ihren Stellungnahmen prinzipiell mittragen.

Die Teilgebiete resultieren aus der Anwendung von Ausschlusskriterien (§ 22 StandAG), Mindestanforderungen (§ 23 StandAG) und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (§ 24 StandAG), welche im Kapitel 3.3 vorgestellt werden. Zum Verständnis einzelner Kriterien ist teilweise eine detaillierte Beschreibung notwendig, die im Rahmen dieses Gutachtens an entsprechender Stelle erfolgt. Außerdem wird, wann immer es als sinnvoll erachtet wird, auf weiterführende Literatur verwiesen.

Steinsalz, Tongestein und Kristallingestein sind im Untergrund Deutschlands weit verbreitet und werden in internationalen Endlagerkonzepten teils seit Jahrzehnten untersucht, weshalb diese auch als Wirtsgestein für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle in Frage kommen. Die genannten Gesteine weisen jedoch unterschiedliche Eigenschaften im Hinblick auf ihre Eignung als Wirtsgesteine auf (Abbildung 1).

Eigenschaft	*Steinsalz*	*Ton/Tonstein*	*Kristallingestein (z. B. Granit)*
Temperaturleitfähigkeit	hoch	gering	mittel
Durchlässigkeit	praktisch undurchlässig	sehr gering bis gering	sehr gering (ungeklüftet) bis durchlässig (geklüftet)
Festigkeit	mittel	gering bis mittel	hoch
Verformungsverhalten	viskos (Kriechen)	plastisch bis spröde	spröde
Hohlraumstabilität	Eigenstabilität	Ausbau notwendig	hoch (ungeklüftet) bis gering (stark geklüftet)
In-situ Spannungen	lithostatisch isotrop	anisotrop	anisotrop
Lösungsverhalten	hoch	sehr gering	sehr gering
Sorptionsverhalten	sehr gering	sehr hoch	mittel bis hoch
Temperaturbelastbarkeit	hoch	gering	hoch

günstige Eigenschaft | ungünstige Eigenschaft | mittel

Abbildung 1: Endlagerrelevante Eigenschaften potentieller Wirtsgesteine (BGR, 2007)

Im Fall von Steinsalz bestehen in Deutschland aufgrund der weit über hundertjährigen Salzbergbaugeschichte umfangreiche Kenntnisse zu Eigenschaften, die eine Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen ermöglichen oder begünstigen. Es sollten hierzu auch die zahlreichen Erfahrungen aus den Bergwerken an den Standorten Asse, Morsleben und Gorleben nicht unerwähnt bleiben. Steinsalz entsteht durch die Verdunstung von Meerwasser. Wird Meerwasser eingedampft, entstehen auch andere chemische Sedimente und Salzgesteine, wie zum Beispiel Karbonate, Anhydrit oder Kalium- und Magnesiumsalze, welche den inneren Aufbau eines Salinars maßgeblich mitbestimmen. Grundsätzlich wird bei dem Wirtsgestein Steinsalz aufgrund seiner strukturellen Entwicklung zwischen flacher Lagerung (Schichtensalz, Salzkissen) und, bedingt durch den Salzaufstieg, steiler Lagerung (Salzstöcke, Salzmauern) unterschieden. Eine gute

Erkundung der Salzvorkommen ist notwendig, um herauszufinden, wo genau und in welcher Ausprägung sich bevorzugte Steinsalzschichten befinden.

Im Vergleich zum Kenntnisstand von Steinsalz sind die endlagerspezifischen Erfahrungen über in Deutschland vorkommende Tongesteine oder Kristallingesteine (z.B. Granit, Gneis), u.a. auch wegen der mäßigen Bergbauerfahrung, gering. Hier bestehen daher seit vielen Jahren enge Forschungskoorperationen z.B. seitens der BGR mit der Schweiz und Schweden, die ihre Endlager voraussichtlich in Tongestein bzw. Kristallingestein errichten werden.

3.3 Kriterien-Anwendung im Überblick

Im Standortauswahlverfahren wurden für die Ermittlung von Teilgebieten gemäß § 13 StandAG auf das gesamte Bundesgebiet zunächst die Ausschlusskriterien nach § 22 StandAG, anschließend die Mindestanforderungen nach § 23 StandAG angewendet. Die Anwendung der Kriterien bedingt das Vorhandensein von geeigneten Wirtsgesteinsformationen im Untergrund. Aus den daraus resultierenden „identifizierten Gebieten“ sind durch die Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien nach § 24 StandAG Teilgebiete ermittelt worden, in denen von einer günstigen geologischen Gesamtsituation ausgegangen werden kann.

Die Grundlage für die Anwendung der Ausschlusskriterien ist die Untersetzende Unterlage „Anwendung Ausschlusskriterien gemäß § 22 StandAG“ (BGE, 2020h). In Tabelle 1 sind die Ausschlusskriterien zusammengefasst.

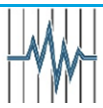
Ausschlusskriterien	Kurzbeschreibung
 Großräumige Vertikalbewegungen	Es ist eine großräumige geogene Hebung von im Mittel mehr als 1 mm pro Jahr über den Nachweiszeitraum von einer Million Jahre zu erwarten.
 Aktive Störungszonen	Brüche oder Verwerfungen mit deutlichem Gesteinsversatz an denen nachweislich oder mit hoher Wahrscheinlichkeit innerhalb der letzten 34 Millionen Jahre Bewegungen stattgefunden haben. Es findet eine Unterteilung in tektonische Störungen und atektonische bzw. aseismische Vorgänge statt.
 Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit	Ausgeschlossen werden alle Gebiete die früher oder gegenwärtig bergbaulich beeinflusst sind. Um Bohrungen wird ein Sicherheitspuffer im Radius von 25 m gelegt.
 Seismische Aktivität	Die örtliche seismische Gefährdung ist größer als in Erdbebenzone 1 nach DIN EN 1998-1/NA 2011-01.
 Vulkanische Aktivität	Es liegt quartärer Vulkanismus vor oder es ist zukünftig vulkanische Aktivität zu erwarten.
 Grundwasseralter	Ausgeschlossen werden Gebiete, in denen Grundwässer am bestehenden hydrogeologischen Kreislauf teilnehmen.

Tabelle 1: Ausschlusskriterien nach § 22 StandAG mit Kurzbeschreibung

In den Landkreisen wurden „Aktive Störungszonen“ sowie „Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit“ ermittelt, welche in Kapitel 4 ausführlich diskutiert werden. Die anderen Ausschlusskriterien treten in den drei Landkreisen nicht auf und werden daher nicht weiter betrachtet.

Auf alle Gebiete, die nicht ausgeschlossen wurden, wurden die Mindestanforderung gemäß § 23 StandAG (BGE, 2020c) angewendet und geprüft, ob die übrigen Gebiete diese erfüllen. In Abbildung 2 sind die Mindestanforderungen, die das jeweilige Wirtsgestein aufweisen muss, zusammengefasst. Um die Anforderungen für ein Teilgebiet zu erfüllen, müssen alle Kriterien eingehalten werden.

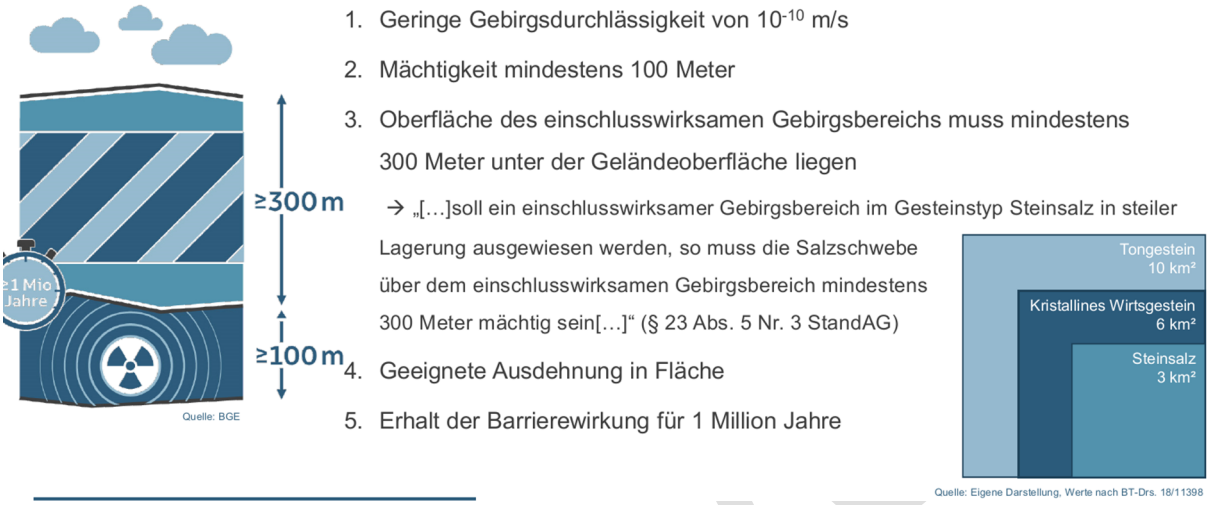
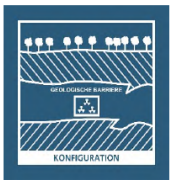


Abbildung 2: Mindestanforderung nach § 23 StandAG

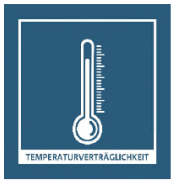
Mit Hilfe der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien ist es schließlich möglich, ein nach Anwendung der Ausschlusskriterien (§ 22 StandAG) und Mindestanforderungen (§ 23 StandAG) eingegrenztes Gebiet umfassend auf seine Eignung für die Anlage eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle zu bewerten. Im StandAG werden insgesamt elf geowissenschaftliche Abwägungskriterien benannt. Die Kriterien werden einzeln in den jeweiligen Teilgebieten betrachtet und sind in Tabelle 2 aufgelistet. Eine ausführliche Erläuterung der Kriterien erfolgt seitens der BGE. In der Tabelle 2 werden die Parameter der Kriterien genannt und auf die Quelle inkl. Angabe der Seitenzahl zur Erläuterung verwiesen.

Die meisten Kriterien sind weiterhin unterteilt in „Bewertungsrelevante Eigenschaften“, „Bewertungsgröße beziehungsweise Indikator des Kriteriums“ und eine zugehörige Wertungsgruppe. Die elf Kriterien werden durch insgesamt 40 Indikatoren (zwischen 1 und maximal 6 Indikator(en) je Kriterium) beschrieben, welche in die Wertungsgruppen „günstig“, „bedingt günstig“, „weniger günstig“ oder „ungünstig“ eingeteilt sind. Die elf geowissenschaftlichen Kriterien sind in den Anlagen 1 bis 11 des StandAG detailliert beschrieben. Für die Anwendung der elf geowissenschaftlichen Abwägungskriterien standen der BGE zum einen gebietsspezifische Daten zur Verfügung, mit denen eine individuelle Bewertung möglich war, zum anderen mussten Annahmen getroffen werden, die auf wirtsgesteinsspezifischen Referenzdatensätzen beruhten.

In den späteren Phasen des Standortauswahlverfahrens wird im Zuge von über- und untertägigen Erkundungen in den festgelegten Standortregionen ein deutlich erweiterter Datensatz gebietsspezifischer Daten zur Verfügung stehen.

Geowissenschaftliche Abwägungskriterien	
	**Kriterium zur Bewertung des Transportes radioaktiver Stoffe durch Grundwasserbewegungen im einschlusswirksamen Gebirgsbereich** • Abstandsgeschwindigkeit des Grundwassers [mm/a] • Charakteristische Gebirgsdurchlässigkeit des Gesteinstyps [m/s] • Charakteristischer effektiver Diffusionskoeffizient des Gesteinstyps für tritiiertes Wasser (HTO) bei 25 °C [m²/s] • Absolute Porosität • Verfestigungsgrad Quelle (BGE, 2020b) Tongestein Seite 21-34, Steinsalz Seite 101-107
	**Kriterium zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper** • Barrierenmächtigkeit [m] • Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich • Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs [m unter Geländeoberfläche] • Flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit (Vielfaches des Mindestflächenbedarfs) • Für Tongestein: Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischem Potenzialgradienten, die Grundwasserbewegung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich ermöglichen Quelle (BGE, 2020k) Seite 41 bis 46
	**Kriterium zur Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit** • Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich • Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften • Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit • Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies) Quelle (BGE, 2020k) Seite 47, 48
	**Kriterium zur Bewertung der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse** • Zeitspanne, über die sich die Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs nicht wesentlich verändert hat • Zeitspanne, über die sich die Ausdehnung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs nicht wesentlich verändert hat • Zeitspanne, über die sich die Gebirgsdurchlässigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs nicht wesentlich verändert hat Tongestein Quelle (BGE, 2020k) Seite 49, 57; Salzgestein Quelle (BGE, 2020b) Seite 108

Entwurf

Geowissenschaftliche Abwägungskriterien	
	**Kriterium zur Bewertung der günstigen gebirgsmechanischen Eigenschaften** • Das Gebirge kann als geomechanisches Haupttragelement die Beanspruchung aus Auffahrung und Betrieb ohne planmäßigen tragenden Ausbau, abgesehen von einer Konturversicherung, bei verträglichen Deformationen aufnehmen • Um Endlagerhohlräume sind keine mechanisch bedingten Sekundärpermeabilitäten außerhalb einer unvermeidbaren konturnah entfestigten Auflockerungszone zu erwarten Quelle (BGE, 2020b) Tongestein: Seite 35; Salzgestein: Seite 110
	**Kriterium zur Bewertung der Neigung zur Bildung von Fluidwegsamkeiten** • Verhältnis repräsentative Gebirgsdurchlässigkeit zu repräsentative Gesteinsdurchlässigkeit • Erfahrungen über die Barrierewirksamkeit der Gebirgsformationen Duktilität des Gesteins (da es keine festgelegten Grenzen gibt, ab welche Bruchverformung ein Gestein duktil oder spröde ist, soll dieses Kriterium nur bei einem Vergleich von Standorten angewandt werden) • Rückbildung der Sekundärpermeabilität durch Rissschließung • Rückbildung der mechanischen Eigenschaften durch Rissverheilung • Zusammenfassende Beurteilung der Neigung zur Bildung von Fluidwegsamkeiten aufgrund der Bewertung der einzelnen Indikatoren Quelle (BGE, 2020b) Tongestein Seite 39-42; Salzgestein Seite 113-116
	**Kriterium zur Bewertung der Gasbildung** • Wasserangebot im Einlagerungsbereich Quelle: (BGE, 2020b) Tongestein Seite 44; Salzgestein Seite 118
	**Kriterium zur Bewertung der Temperaturverträglichkeit** • Neigung zur Bildung wärmeinduzierter Sekundärpermeabilitäten und ihre Ausdehnung • Temperaturstabilität des Wirtsgesteins hinsichtlich Mineralumwandlungen Quelle (BGE, 2020b) Tongestein Seite 47-49; Salzgestein Seite 119-121

Entwurf

Geowissenschaftliche Abwägungskriterien	
	**Kriterium zur Bewertung des Rückhaltevermögens im einschlusswirksamen Gebirgsbereich** • Kd-Wert für definierte langzeitrelevante Radionuklide, deren Gleichgewichts-Sorptionskoeffizient nach der Henry-Isotherme einen Schwellenwert von 10-3 m³/kg überschreitet • Gehalt der Gesteine des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs an Mineralphasen mit großer reaktiver Oberfläche wie Tonminerale sowie Eisen- und Mangan-Hydroxide und -Oxihydrate • Ionenstärke des Grundwassers in der geologischen Barriere • Öffnungsweiten der Gesteinsporen Quelle (BGE, 2020b) Tongestein Seite 51-55; Salzgestein Seite 122-124
	**Kriterium zur Bewertung der hydrochemischen Verhältnisse** • 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 • Geringe Karbonatkonzentration im Tiefenwasser Quelle (BGE, 2020b) Tongestein Seite 57-62; Salzgestein Seite 125-127
	**Kriterium zur Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge** • Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden Gesteinen, Verbreitung und Mächtigkeit grundwasserhemmender Gesteine im Deckgebirge • Verbreitung und Mächtigkeit erosionshemmender Gesteine im Deckgebirge des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs • Keine Ausprägung struktureller Komplikationen (zum Beispiel Störungen, Scheitelgräben, Karststrukturen) im Deckgebirge, aus denen sich subrosive, hydraulische oder mechanische Beeinträchtigungen für den einschlusswirksamen Gebirgsbereich ergeben könnten Quelle (BGE, 2020k) Seite 49, 58

Tabelle 2: Geowissenschaftliche Abwägungskriterien nach § 24 StandAG

Entwurf

4 Darstellung und Prüfung der Teilgebiete

In Kapitel 4 werden alle den Landkreisen zugeordneten Teilgebiete dargestellt, und die von der BGE angewandten Mindestanforderungen, Ausschlusskriterien und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien geprüft. In Tabelle 3 wird eine Übersicht gegeben, welche Teilgebiete in dem jeweiligen Landkreis auftreten und auf das Kapitel im Dokument verwiesen, in dem das Teilgebiet erläutert wird.

Teilgebiet	Wirtsgestein	Harburg	Lüneburg	Uelzen
004_00TG_053_00IG_T_f_tpg Tertiär (Unteres Paläogen)	Tongestein	Kapitel 4.1	Kapitel 4.1	Kapitel 4.1
005_00TG_055_00IG_T_f_jm Mittlerer Jura (Dogger)	Tongestein	-	-	Kapitel 4.2
007_00TG_202_02IG_T_f_kru Unterkreide	Tongestein	-	-	Kapitel 4.3
034_00TG_054_00IG_S_s_z Stemmen/ Otter-Todtshorn	Steinsalz, steile Lagerung	Kapitel 4.5	-	-
035_00TG_057_00IG_S_s_z Bahlburg	Steinsalz, steile Lagerung	Kapitel 4.4	-	-
036_00TG_058_00IG_S_s_z Egestorf-Soderstorf	Steinsalz, steile Lagerung	Kapitel 4.6	Kapitel 4.6	-
037_00TG_061_00IG_S_s_z Wettenbostel/ Ebstorf	Steinsalz, steile Lagerung	-	Kapitel 4.7	Kapitel 4.7
038_00TG_063_00IG_S_s_z Rosenthal	Steinsalz, steile Lagerung	-	Kapitel 4.8	-
039_00TG_064_00IG_S_s_z Horndorf	Steinsalz, steile Lagerung	-	Kapitel 4.9	Kapitel 4.9
040_00TG_067_00IG_S_s_z Niendorf II/ Wieren/ Bodenteich	Steinsalz, steile Lagerung	-	-	Kapitel 4.10
041_00TG_068_00IG_S_s_z Rosche-Thondorf	Steinsalz, steile Lagerung	-	Kapitel 4.11	Kapitel 4.11
064_00TG_151_00IG_S_s_z-ro Meckelfeld	Steinsalz, steile Lagerung	Kapitel 4.12	-	-
076_02TG_191_02IG_S_f_so Nordostdeutsches Tiefland	Steinsalz, flache Lagerung	-	Kapitel 4.13	-

Tabelle 3: Zuordnung der Teilgebiete zum jeweiligen Landkreis

Entwurf

Im Wirtsgestein Tongestein wurden drei Teilgebiete ausgewiesen. Die Verbreitung der Teilgebiete in den Landkreisen ist in Abbildung 3A dargestellt. Das Teilgebiet im Tertiär erstreckt sich über alle drei Landkreise, die Teilgebiete im Mittleren Jura und der Unterkreide liegen ausschließlich im Landkreis Uelzen und sind in Abbildung 3B vergrößert dargestellt.

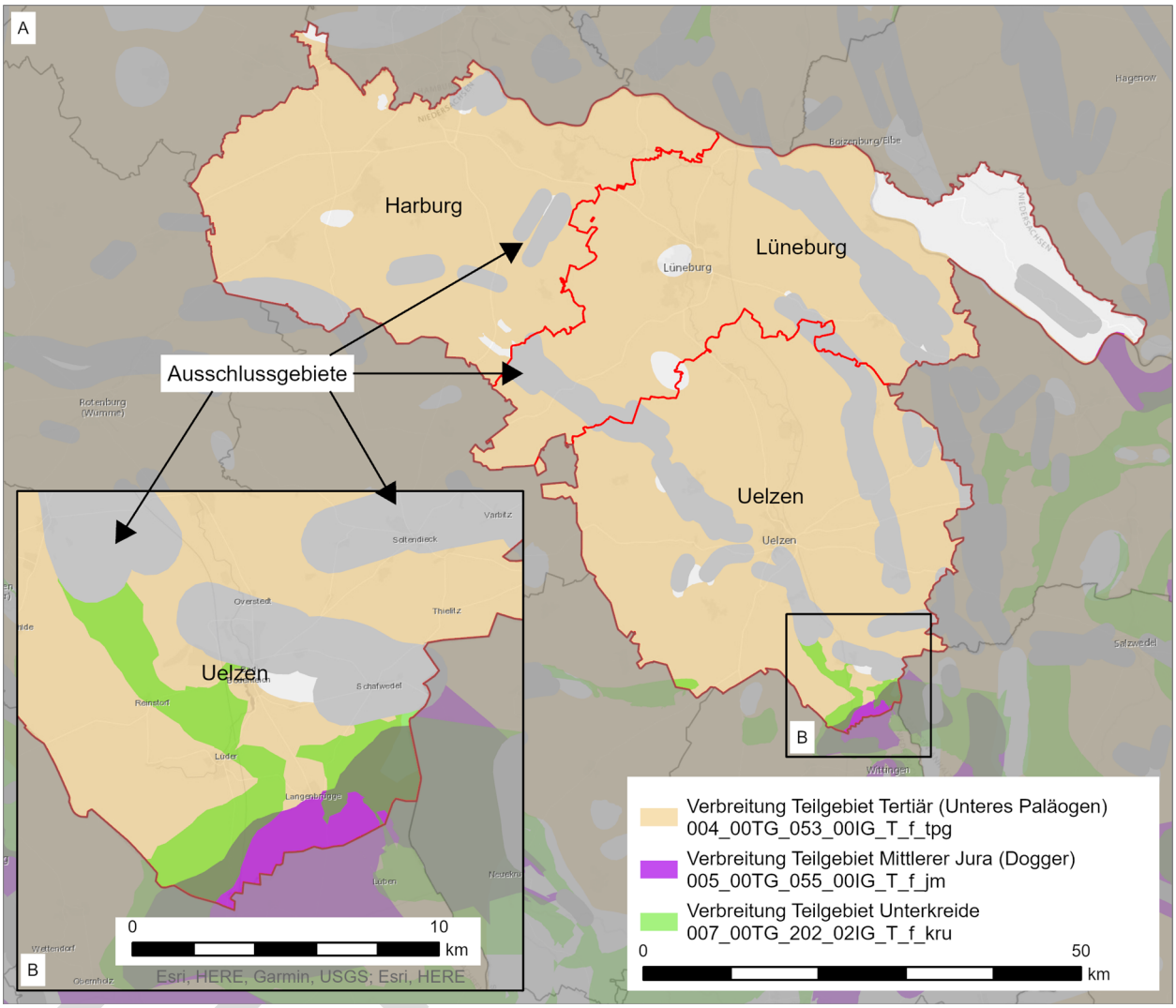


Abbildung 3: Übersichtskarte der Verbreitung der Teilgebiete im Wirtsgestein Tongestein in den Landkreisen Harburg, Lüneburg und Uelzen.

Im Wirtsgestein Steinsalz wurden 10 Teilgebiete ausgewiesen, davon befinden sich neun Teilgebiete im Steinsalz in steiler Lagerung und ein Teilgebiet im Steinsalz in flacher Lagerung. Die Verbreitung der Teilgebiete in den Landkreisen ist in Abbildung 4 dargestellt.

Die Bewertungen zu den Mindestanforderungen und Ausschlusskriterien erfolgt für jedes Teilgebiet innerhalb der entsprechenden Unterkapitel. Es werden diejenigen Ausschlusskriterien ausgeführt und diskutiert, die für das Teilgebiet von Belang sind. Die Ausschlusskriterien großräumige Vertikalbewegungen, seismische sowie vulkanische Aktivität und Grundwasseralter gehören nicht dazu (siehe Kapitel 3.3). Bei dem Kriterium Aktive Störungszonen wird zwischen Tektonischen Störungen und Atektonischen bzw. aseismischen Vorgängen unterschieden.

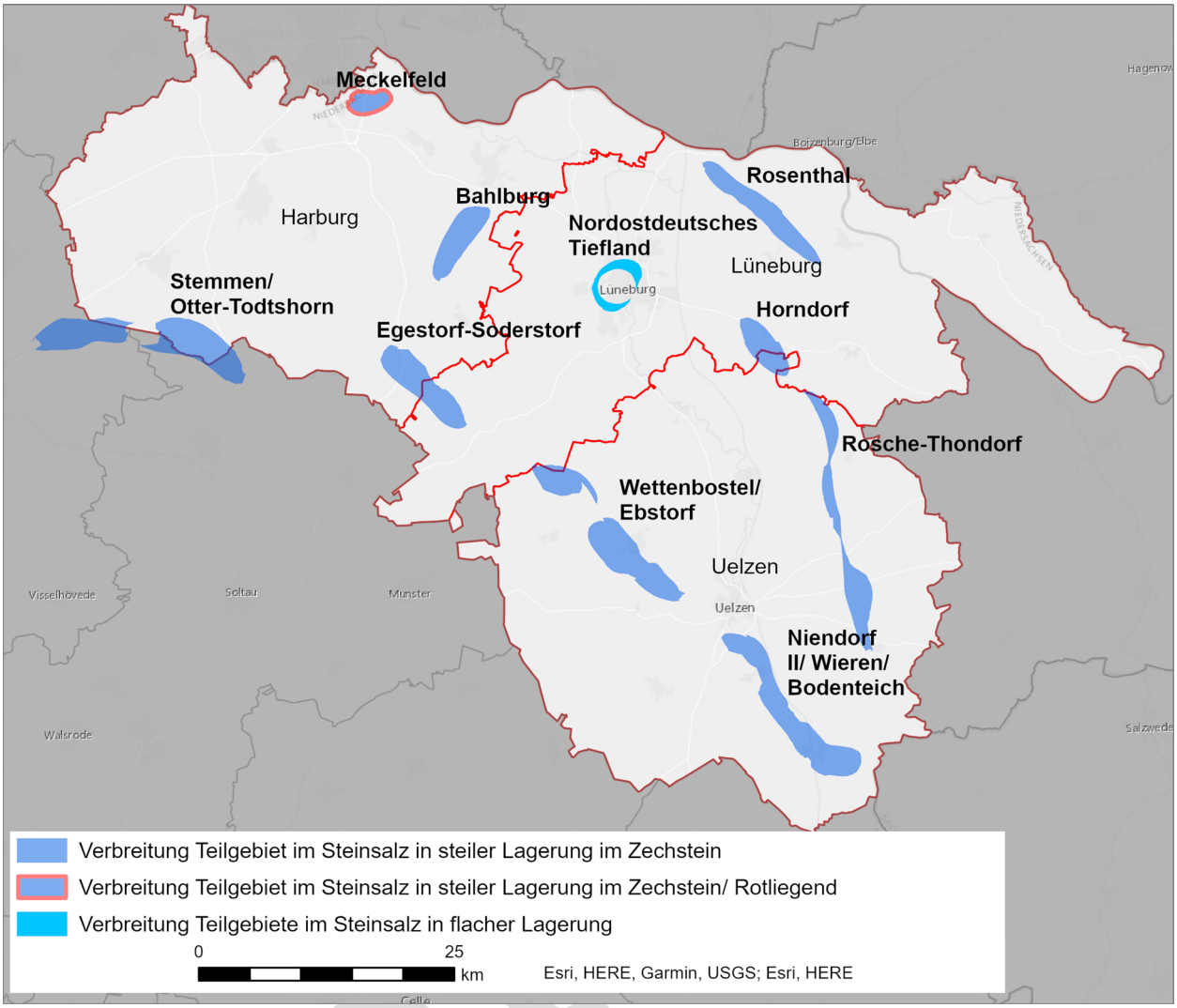


Abbildung 4: Übersichtskarte der Verbreitung der Teilgebiete im Wirtsgestein Steinsalz in steiler und flacher Lagerung in den Landkreisen Harburg, Lüneburg und Uelzen

Es ist zu beachten, dass die Mindestanforderungen und Ausschlusskriterien für bestimmte Teilgebiete (z.B. Salzstöcke) ähnlich sind. Um den Umfang des Gutachtens in einem vernünftigen Rahmen zu halten und textliche Wiederholungen zu vermeiden, werden Bewertungen die ähnlich oder identisch für bestimmte Teilgebiete ausfallen, beim erstmaligen Auftreten ausführlich diskutiert. Im weiteren Verlauf der Unterkapitel wird ggf. auf eine vorhergehende, ausführliche Erläuterung verwiesen.

Die geowissenschaftlichen Abwägungskriterien beruhen zum gegenwärtigen Zeitpunkt des Auswahlverfahrens zu einem Großteil auf der Grundlage von Referenzdatensätzen, d.h. Daten, die generelle Eigenschaft des jeweiligen Wirtsgesteins widerspiegeln und die nicht ortsspezifisch erhoben worden sind. Entsprechend fanden diese Referenzdatensätze flächendeckend für alle Teilgebiete Anwendung für die keine standortspezifischen Datensätze vorhanden waren. Um eine sich vielfach wiederholende Ausformulierung identischer Bewertungen der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien bezogen auf die zugrunde gelegten Referenzdatensätze für die Teilgebiete innerhalb der Landkreise zu vermeiden, werden diese für alle Teilgebiete zusammenfassend in Kapitel 4.14 bewertet. Für das Wirtsgestein Tongestein betrifft das die Kriterien 1 und 5 – 10, für das Wirtsgestein Steinsalz die Kriterien 1 und 4 – 10.

4.1 Norddeutsches Becken im Tertiär (Unteres Paläogen) - 004_00TG_053_00IG_T_f_tpg

4.1.1 Darstellung

Das von der BGE ausgewiesene Teilgebiet 004_00TG_053_00IG_T_f_tpg in der stratigraphischen Einheit Tertiär ist annähernd 63.000 km² groß und erstreckt sich über die Fläche von acht Bundesländern. Die Landkreise Harburg, Lüneburg und Uelzen werden bis auf einige Bereiche flächendeckend vom Teilgebiet eingenommen. Die freien Flächen im Teilgebiet befinden sich vorwiegend in Bereichen über Salzstrukturen und stellen ausgeschlossene Gebiete dar, wie z.B. aktive Störungszonen. In Abbildung 5 ist die Verbreitung des Teilgebiets und der Ausschlussgebiete, zusammen mit der Verbreitung der Basisfläche Tertiär im Bereich der drei Landkreise dargestellt. Tabelle 4 enthält die wesentlichen Kenndaten des Teilgebiets.

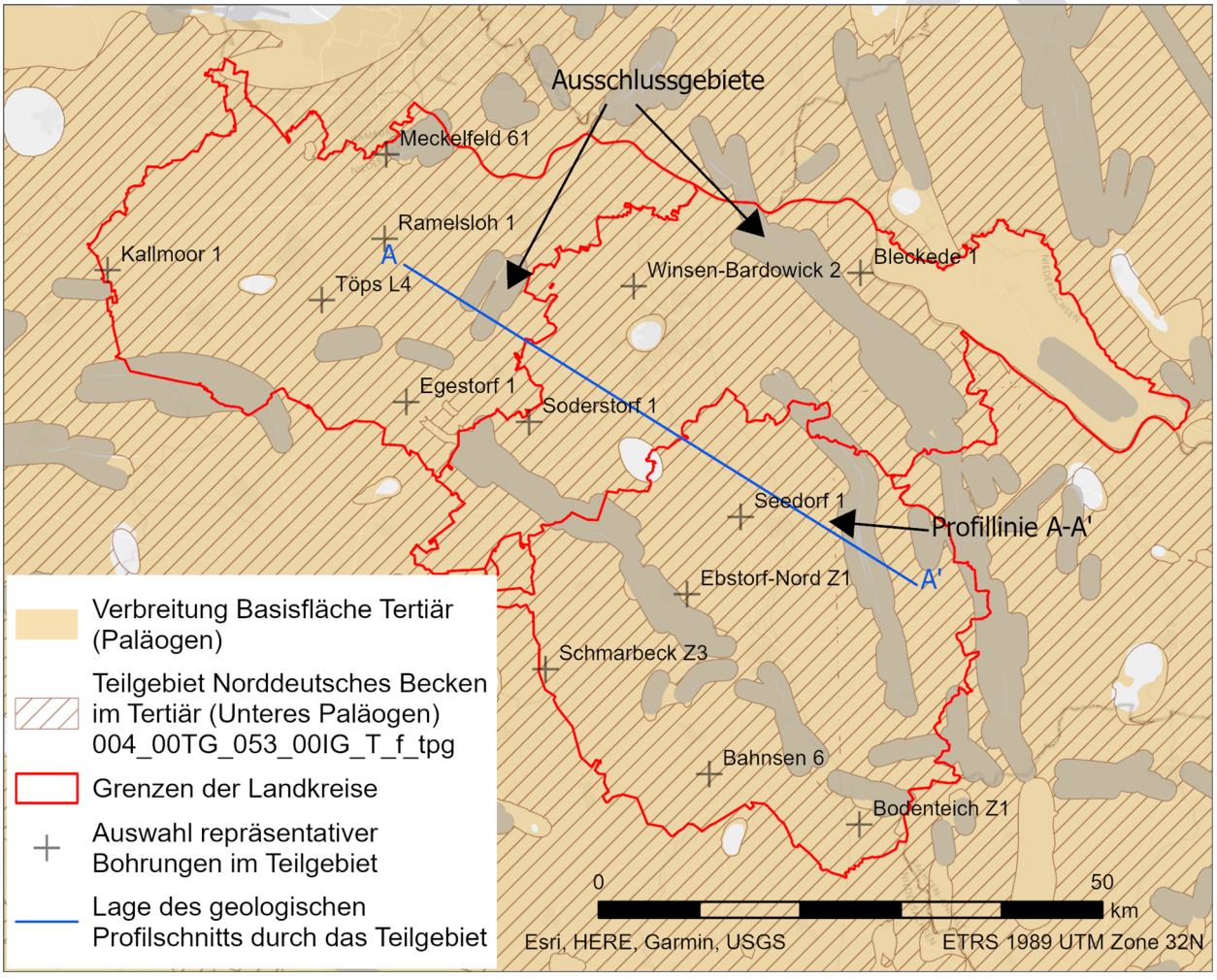


Abbildung 5: Übersichtskarte des Teilgebiets 004_00TG_053_00IG_T_f_tpg

Charakteristika des Teilgebiets 004_00TG_053_00IG_T_f_tpg	
IG 2-Kennung	053_00IG_T_f_tpg
Wirtsgesteinstyp und Konfiguration	Tongestein
Geographische Verortung	Das Teilgebiet umfasst Gebiete der Bundesländer Niedersachsen, Bremen, Hamburg, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Berlin und Sachsen-Anhalt.
Gesamtfläche	62.885 km² / 3.090 km² in den drei Landkreisen
Geologische Charakteristika	Das Teilgebiet bezieht sich auf die stratigraphische Einheit Tertiär (Paläogen), welche das Wirtsgestein Tongestein enthält. Es hat eine maximale Mächtigkeit von 1.055 m. Die Basisfläche des Teilgebietes befindet sich in einer Teufenlage von 400 m – 1.500 m unterhalb GOK.

Tabelle 4: Charakteristika des Teilgebiets 004_00TG_053_00IG_T_f_tpg

Das Teilgebiet im Wirtsgestein Tongestein umfasst die stratigraphische Einheit des Unteren Paläogen (Unteres Tertiär). In den Ablagerungen des Unteren Tertiärs dominieren Tonsteine, die je nach Tiefenlage teilweise verfestigt bis fest sind und bereichsweise auch sandige Partien führen können.

Das Teilgebiet wurde von der BGE im Wesentlichen auf Basis der Auswertungen des geologischen 3D-Modells GTA3D (Baldschuhn, et al., 2001) im Abgleich mit Bohrungsdaten erstellt. Die Nachteile des geologischen Untergrundmodells sind teils vorhandene Ungenauigkeiten und die fehlende Information zu dem lithologischen Aufbau der dargestellten stratigraphischen Einheiten. Bei der Arbeit mit dem Modell ergibt sich daher oft die Situation, dass die Mächtigkeit und die Ausdehnung der endlagerrelevanten Gesteinsschichten überschätzt wird. Andererseits liefert das Modell für fast ganz Niedersachsen eine gute Übersicht zum Aufbau des Untergrundes bis in mehrere Tausend Meter Tiefe. Ergänzend zu den Auswertungen des geologischen 3D Modells hat die BGE Bohrakten und Schichtenverzeichnisse stichprobenhaft auf die Verbreitung der lithologischen Abfolgen des Paläogens geprüft.

Die Teufenlage und Mächtigkeit des Teilgebiets im Bereich der Landkreise Harburg, Lüneburg und Uelzen wurden anhand der Basisfläche Tertiär und der Topfläche Eozän aus dem GTA3D ermittelt. In Tiefenlagen zwischen etwa 200 m und 500 m unter GOK befindet sich die Basisfläche des Tertiärs fast ausnahmslos oberhalb von Salzstrukturen, wie z.B. den Salzstöcken Horndorf, Ebstorf oder Bahlburg, oder zumindest im nahen Umfeld von Salzstrukturen. Die Basisfläche Tertiär befindet sich über weite Teile in den Landkreise Uelzen und Harburg im Bereich zwischen 600 m bis 800 m unter GOK. Im Nordwesten des Landkreis Harburg und über weite Bereiche des Landkreises Lüneburg liegt die Basisfläche Tertiär in größeren Tiefenlagen zwischen 1.000 m bis 2.000 m unter GOK.

Die Mächtigkeit der Schichten des Unteren Paläogens im Teilgebiet liegt meist zwischen 400 m und 800 m. Mächtigkeiten unter 200 m können nicht nachgewiesen werden. Die höchste Mächtigkeit mit nahezu 1.000 m, bedingt durch die tiefe Lage der Tertiärbasis wird im Nordwesten des Landkreises Harburg erreicht. In den übrigen Bereichen des Landkreises Harburg und in den Landkreisen Uelzen und Lüneburg treten durchschnittliche Mächtigkeiten zwischen 400 m bis 800 m auf.

Das Teilgebiet im Unteren Paläogen wird von den Schichten des oberen Tertiärs (Oberes Paläogen und Neogen) und dem Quartär überlagert, und von den Schichten der Oberkreide unterlagert.

Die Abbildung 5 zeigt die Lage eines ca. 60 km langen NW-SE orientierten Profilschnitts durch die drei Landkreise, beginnend südlich der Ortschaft Ramelsoh (Harburg) über den Landkreis Lüneburg bis zur Ortschaft Rosche (Uelzen).

Entwurf

Im Profilschnitt in Abbildung 6 sind die verschiedenen Schichten im Untergrund dargestellt und auch zusätzlich die Lage der Salzstöcke Bahlburg und Rosche-Thondorf.

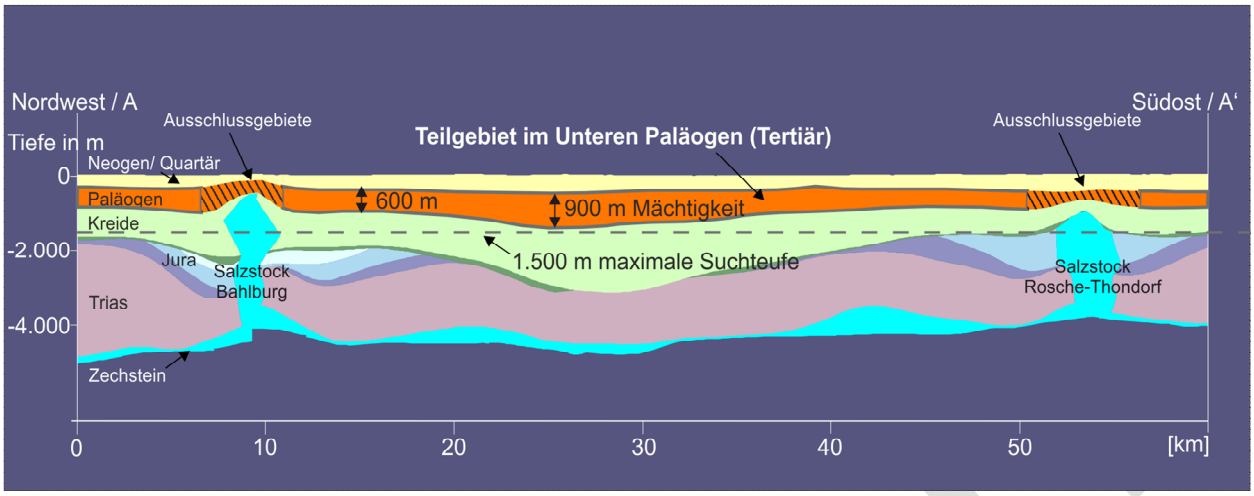


Abbildung 6: Geologischer Profilschnitt durch das Teilgebiet 004_00TG_053_00IG_T_f_tpg (überhöhte Darstellung)

Die Verbreitung des Teilgebiets im Profilschnitt ist farblich markiert. Die Mächtigkeit des Teilgebiets in den Bereichen neben den Salzstöcken liegt durchschnittlich zwischen 400 m bis 600 m. Zwischen den beiden Salzstöcken werden die höchsten Mächtigkeiten mit bis zu 900 m erreicht. Im Bereich des Profilschnitts befindet sich die Basis des Teilgebiets meist zwischen 800 m bis 900 m Tiefe.

Die Tongesteine in den Schichtenfolgen des Unteren Paläogen im Untergrund der Landkreise Harburg, Lüneburg und Uelzen sind als ein Teilgebiet ausgewiesen worden, da keines der in § 22 StandAG genannten Ausschlusskriterien erfüllt ist, alle in § 23 StandAG genannten Mindestanforderungen zutreffen und nach Anwendung der in § 24 und den Anlagen 1 bis 11 im StandAG aufgeführten geowissenschaftlichen Abwägungskriterien eine günstige geologische Gesamtsituation für die sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle erwarten lassen.

Die Vorgehensweise der BGE bei der Ausweisung des Teilgebiets 004_00TG_053_00IG_T_f_tpg wird im Folgenden für die Landkreise geprüft.

4.1.2 Ausschlusskriterien

Tektonische Störungen:

Die BGE hat die Gebiete innerhalb der Teilgebiete ausgeschlossen, in denen aktive tektonische Störungen anhand vorliegender geologischer Daten nachgewiesen werden konnten. Die ausgeschlossenen Gebiete mit aktiven tektonischen Störungen sind aus Abbildung 5 ersichtlich.

Die Vorgehensweise der BGE zur Anwendung des Ausschlusskriteriums „Aktive Störungszonen“ ist aus Sicht des LBEG für die erste Phase der Standortauswahl nachvollziehbar (LBEG, 2021). Bezogen auf die Betrachtung von individuellen Störungen in Niedersachsen bemerkt das LBEG, dass *„[davon auszugehen ist], dass Störungen unter der weiträumigen quartären Überdeckung Niedersachsens, die aus anderen Quellen als den von der BGE bisher verwendeten Unterlagen bekannt sind oder ermittelt werden können, nicht erfasst wurden.“* Die BGE erklärt hierauf bezugnehmend (BGE, 2021b), dass es zunächst das Ziel war, im Schritt 1 der Phase I der Standortauswahl eine bundesweit konsistente Karte aktiver Störungszonen zu generieren. Weiterhin heißt es: *„Im weiteren Verlauf des Standortauswahlverfahrens und mit Beginn der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen wird die BGE verstärkt gebietsspezifische*

Störungszonen im Untergrund untersuchen, vor allem in Hinblick auf ihre Aktivität und ihren Verlauf im Untergrund. So wird der Detaillierungsgrad im Laufe des Verfahrens schrittweise erhöht."

Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit:

In der Umgebung des Teilgebiets befinden sich weder ein Tagebau noch ein Bergwerk, welche Einflüsse auf die Eignung eines potentiellen Endlagerbereichs haben könnten. Anhand des NIBIS-Kartenservers lassen sich über 200 Tiefbohrungen identifizieren, die die Schichtenfolgen des Unteren Tertiärs erbohrt haben. Insgesamt wurden 12 Bohrungen ausgewählt, die sich über die drei Landkreise verteilen und ein möglichst repräsentatives Bild über die Tiefenlage und Mächtigkeit des Paläogens wiedergeben. Die Lage der Bohrungen ist in Abbildung 5 veranschaulicht. In Tabelle 5 sind die Bohrungen aufgelistet.

Name der Bohrung	Ident des ausgeschlossenen Gebietes	Endteufe [m u. GOK]	Endhorizont	Teufe Basis Tertiär [m u. GOK]	Mächtigkeit Unteres Paläogen [m]
Bahnsen 6	0027607AG	2.547,0	Keuper	780,0	307,0
Bleckede 1	0027594AG	1.760,0	Unterer Jura	953,0	520,0
Bodenteich Z1	0028694AG	3.678,0	Zechstein	820,0	391,0
Ebstorf-Nord Z1	0027624AG	4.644,0	Oberrotliegendes	981,0	363,0
Egestorf 1	0027578AG	2.185,0	Unterer Jura	950,0	590,0
Kallmoor 1	0035459AG	1.216,9	Keuper	583,0	407,0
Ramelsloh 1	0027435AG	912,1	Kreide	871,4	481,2
Schmarbeck Z3	0027564AG	4.635,0	Rotliegend	1.407,0	340,0
Seedorf 1	0027626AG	2.374,4	Muschelkalk	897,0	269,0
Soderstorf 1	0027581AG	2.162,0	Unterer Jura	885,0	539,0
Töps L4	0027439AG	1.447,8	Kreide	1.108,0	520,0
Winsen-Bardowick 2	0027593AG	1.798,0	Keuper	912,5	428,5

Tabelle 5: Tiefbohrungen im Bereich des Teilgebiets 004_00TG_053_00IG_T_f_tpg (LBEG, 2022a)

4.1.3 Mindestanforderungen

Gebirgsdurchlässigkeit

Als Grundlage für die Bewertung von Tongesteinen hinsichtlich der Gebirgsdurchlässigkeit hat die BGE die Studie von (Hoth, et al., 2007) herangezogen. In der Studie konnte ein genereller Zusammenhang zwischen den Gesteinstypen (mit entsprechendem Tonanteil) und der Gebirgsdurchlässigkeit bestätigt werden. Bei der BGE heißt es hierzu (BGE, 2020l, Teil 2): *„Die Formation des Thanetiums und des Ypresiums [Oberes Paläozän und Unteres Eozän] im Gebiet Niedersachsen besteht überwiegend aus Tonstein […]. Daher kann angenommen werden, dass die Abfolge von Tonen […] die Mindestanforderung Gebirgsdurchlässigkeit erfüllt."* Das LBEG (LBEG, 2021) ergänzt die Ausführungen der BGE mit dem Hinweis, dass aufgrund

zahlreicher Versuche zur Ermittlung der Gebirgsdurchlässigkeit in Tongestein zum jetzigen Zeitpunkt davon ausgegangen werden kann, dass dieses Wirtsgestein eine Durchlässigkeit von kleiner 10^{-10} m/s erreichen kann.

Es findet sich keine Information darüber, ob ortspezifische Daten bspw. aus den Bohrungen (Kapitel 4.1.2) existieren und zur Bewertung herangezogen wurden. Anhand von Datenbanken wie dem NIBIS-Kartenserver des LBEG ((LBEG, 2022a) oder der Bohrpunktekarte BGR (BGR, 2021a) konnten über die Schichtenverzeichnisse hinaus keine weiteren Daten ermittelt werden.

Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Nach § 2 Abs. 1 Nr. 9 StandAG wird eine Mindestmächtigkeit von 100 m für den ewG gefordert. Aus Bohrungsdaten und auch vor allem aus der Literatur (BGE, 2020l, Teil 2) ist abzuleiten, dass die Schichtenfolge des Unteren Paläogen, auf die sich das Teilgebiet 004_00TG_053_00IG_T_f_tpg bezieht, überwiegend aus Tongestein aufgebaut ist. Zur Erfüllung der Mindestanforderung muss eine mindestens 100 m mächtige Gesteinsfolge aus Tongesteinen nachgewiesen werden.

Zur Ermittlung der Mindestmächtigkeit wurden von der BGE 3D-Daten verwendet, die die Abgrenzung und räumliche Lage von stratigraphischen Einheiten ausweisen, aber keine direkten Hinweise auf bestimmte Gesteinstypen liefern. Die meisten stratigraphischen Einheiten sind aus verschiedenen Gesteinstypen aufgebaut. So können im Paläogen neben Tongestein, welches zweifelsfrei den größten Anteil einnimmt, auch andere Gesteinstypen auftreten. Aus den 3D-Daten abgeleitete Mächtigkeiten für einen bestimmten Wirtsgesteinstyp sind somit unter Umständen überschätzt.

Aufgrund der für die Landkreise mittels vorhandener Bohrungen flächendeckend abgeschätzten Mächtigkeiten von über 200 m für die Schichten des Paläogen (siehe Kapitel 4.1.1), ist nach derzeitigem Kenntnisstand die Wahrscheinlichkeit hoch, dass die Mindestanforderung von 100 m Tongestein für das Teilgebiet erfüllt wird. Dies ist jedoch in den nachfolgenden Verfahrensschritten explizit zu prüfen.

Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Nach § 23 StandAG muss die Oberfläche eines ewG's mindestens 300 m unter der GOK liegen. Das Teilgebiet 004_00TG_053_00IG_T_f_tpg in den Landkreisen Harburg, Lüneburg und Uelzen liegt innerhalb der Schichtenfolge des Unteren Paläogens in Tiefen von meist zwischen 500 m und maximal 1.500 m. Nur einige Bereiche über den Salzstöcken weisen Teufenlagen der Einheiten in etwa 300 m Tiefe auf. Die Bedingung ist somit für weite Teile der Landkreise erfüllt.

Fläche des Endlagers

Im § 23 Abs. 5 Nr. 4 StandAG steht hierzu: „*ein ewG muss über eine Ausdehnung in der Fläche verfügen, die eine Realisierung des Endlagers ermöglicht […].* Das StandAG benennt keine konkrete Größe für die Fläche eines Endlagers. Die von der BGE festgelegte Flächengröße von 10 km² für ein Endlager im Wirtsgestein Tongestein ist angelehnt an die Begründung zum Gesetzentwurf (BT-Drs., 18/11398).

Das Teilgebiet 004_00TG_053_00IG_T_f_tpg ist in den Landkreisen bis auf wenige Bereiche flächendeckend vorkommend. Die Bedingung kann, basierend auf der aktuellen Datenlage, damit als erfüllt angesehen werden.

Erhalt der Barrierewirkung

Zum Erhalt der Barrierewirkung heißt es in § 23 Abs. 5 StandAG: *„es dürfen keine Erkenntnisse oder Daten vorliegen, welche die Integrität des ewG's, insbesondere die Einhaltung der geowissenschaftlichen*

Entwurf

Mindestanforderungen zur Gebirgsdurchlässigkeit, Mächtigkeit und Ausdehnung des ewG's über einen Zeitraum von einer Million Jahren zweifelhaft erscheinen lassen".

Da die bisherigen Erkenntnisse und Daten zum Teilgebiet den Erhalt der Barrierewirkung nicht anzweifeln lassen, kann diese Mindestanforderung zunächst als erfüllt angesehen werden.

4.1.4 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien

Die Vorgehensweise der BGE bei der Anwendung der geowAK wurde unter Berücksichtigung der Stellungnahme des LBEG (LBEG, 2021) und der Anmerkungen der BGR (BGR, 2021) geprüft. Die BGE hat eine individuelle Bewertung für die Kriterien 2 (Konfiguration der Gesteinskörper), 3 (räumliche Charakterisierbarkeit), 4 (langfristige Stabilität) und 11 (Deckgebirge) anhand der vorliegenden gebietsspezifischen Daten vorgenommen. Das Resultat der Bewertung für das Teilgebiet 004_00TG_053_00IG_T_f_tpg ist in Tabelle 6 zusammengefasst.

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
Kriterium 2 	Die Einstufung des geowAK Konfiguration der Gesteinskörper als günstig ist nur teilweise gerechtfertigt und nachvollziehbar. Es wurden fünf Indikatoren betrachtet. Der erste Indikator zum *Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischen Potential* wird generell als günstig bewertet. Die Bewertung mit günstig ist nicht nachvollziehbar, da zum jetzigen Zeitpunkt sowohl die Lage des ewG's als auch dessen potentieller Anschluss an Gesteinsschichten mit hydraulischem Potential unbekannt sind. Die *Barrierenmächtigkeit* liegt mit maximal etwa 1.000 m deutlich über der Mindestmächtigkeit von 100 m. Eine Mächtigkeit größer 300 m, welche als günstige Barrieregesteinsmächtigkeit angenommen wird, kann innerhalb der Landkreise für einen Großteil des Teilgebiets belegt werden und liegt damit über dem Flächenbedarf von 10 km². Der *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch den ewG* stellt sicher, dass der Einlagerungsbereich in jedem Fall von einem ewG umschlossen wird. Hier wird zum jetzigen Zeitpunkt die Annahme getroffen, dass das Wirtgestein und der ewG Teile desselben Gesteinskörpers sind und wird somit generell als günstig bewertet. Die Einordnung der *Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen ewG* erfolgt mit günstig, da das Teilgebiet innerhalb der Landkreise eine Mindestmächtigkeit von 100 m in einer Teufe größer 500 m (hier für ein Großteil des Teilgebiets zwischen 600 bis 1.200 m unter GOK) aufweist. Allerdings kann zum jetzigen Zeitpunkt die genaue Lage des ewG nicht konkret räumlich ausgewiesen werden, und erfolgt deshalb für den Teufenbereich des identifizierten Gebiets. Die gesamte ausgewiesene Fläche des Teilgebiets beträgt innerhalb der Landkreise mehr als 3.000 km², ist damit größer 10 km², so dass der Indikator zur *Flächenhaften Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit* als günstig bewertet wird.

Entwurf

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
Kriterium 3 	Die Kriterien zur *Gesteinsfazies, Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen und die räumliche Verteilung der Gesteinstypen* sind nur teilweise nachvollziehbar als günstig eingestuft. Erfahrungsgemäß ändern sich solche Eigenschaften auch lokal, z.B. durch sandige Einschaltungen oder Gerölllagen sehr schnell. Hier können insbesondere die Auswertung von Bohrungsdaten und seismische Profile Aufschluss geben. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die gesuchten homogenen Bereiche existieren, allerdings scheint die Einstufung der Indikatoren zum jetzigen Zeitpunkt sehr optimistisch. Das *Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit* ist nachvollziehbar günstig eingestuft, da sich die tektonische Überprägung in erster Linie auf Bereiche oberhalb der Salzstöcke beschränkt.
Kriterium 4 	Die Einstufung der Indikatoren zur *Zeitspanne, über die sich die Mächtigkeit, Ausdehnung und Gebirgsdurchlässigkeit des ewG's nicht wesentlich verändert hat,* ist nur teilweise nachvollziehbar günstig eingestuft. Die BGE beschreibt in der ausführlichen Erläuterung zur Einstufung der geowAK, dass angenommen werden kann, dass seit mehr als 10 Millionen Jahren keine wesentlichen Änderungen der o.g. Indikatoren aufgetreten sind. In der Anlage 2020k wird jedoch darauf verwiesen, dass durchaus entsprechende Änderungen möglich sind.
Kriterium 11 	Das Kriterium zur Bewertung des Schutzes des ewG durch das Deckgebirge wird mit gebietsspezifischen Daten für das Teilgebiet nachvollziehbar bedingt günstig eingestuft. Die Daten des geologischen 3D-Modells (Baldschuhn, et al., 2001) weisen Störungen im gesamten Teilgebiet nach, welche Einfluss auf die hydraulische Wirksamkeit des ewG's haben könnten *(Ausprägung struktureller Komplikationen*. Die Überdeckung des ewG's mit *grundwasser- und erosionshemmenden* Gesteinen ist nachvollziehbar günstig eingestuft, aufgrund der Tiefenlage der endlagerrelevanten Tongesteinsabfolgen.
Die Bewertung der Kriterien 1, 5, 6, 7, 8, 9 und 10 erfolgt in Kapitel 4.14	
günstig **bedingt günstig** **weniger günstig** **nicht günstig** **nicht anwendbar**	

Tabelle 6: Prüfung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Teilgebiet Norddeutsches Becken im Tertiär (Unteres Paläogen, 004_00TG_053_00IG_T_f_tpg).

Entwurf

4.2 Norddeutsches Becken im Mittlerer Jura (Dogger) - 005_00TG_055_00IG_T_f_jm

4.2.1 Darstellung

Das von der BGE ausgewiesene Teilgebiet 005_00TG_055_00IG_T_f_jm in der stratigraphischen Einheit Mittlerer Jura (Dogger) ist annähernd 19.000 km² groß und erstreckt sich über die Fläche von sechs Bundesländern. Im Landkreis Uelzen werden etwa 15 km² Fläche vom Teilgebiet eingenommen. In den Landkreisen Lüneburg und Harburg ist das Teilgebiet nicht ausgewiesen. Die Lücken im Teilgebiet befinden sich vorwiegend in Bereichen in denen keine Schichten im mittleren Jura abgelagert bzw. in ausreichender Mächtigkeit und Tiefenlage zur Verfügung stehen, oder stellen ausgeschlossene Gebiete dar, wie z.B. aktive Störungszonen. In Abbildung 7 ist die Verbreitung des Teilgebiets und die Basisfläche des Mittleren Juras im Landkreis Uelzen dargestellt. Tabelle 7 enthält die wesentlichen Kenndaten des Teilgebiets.

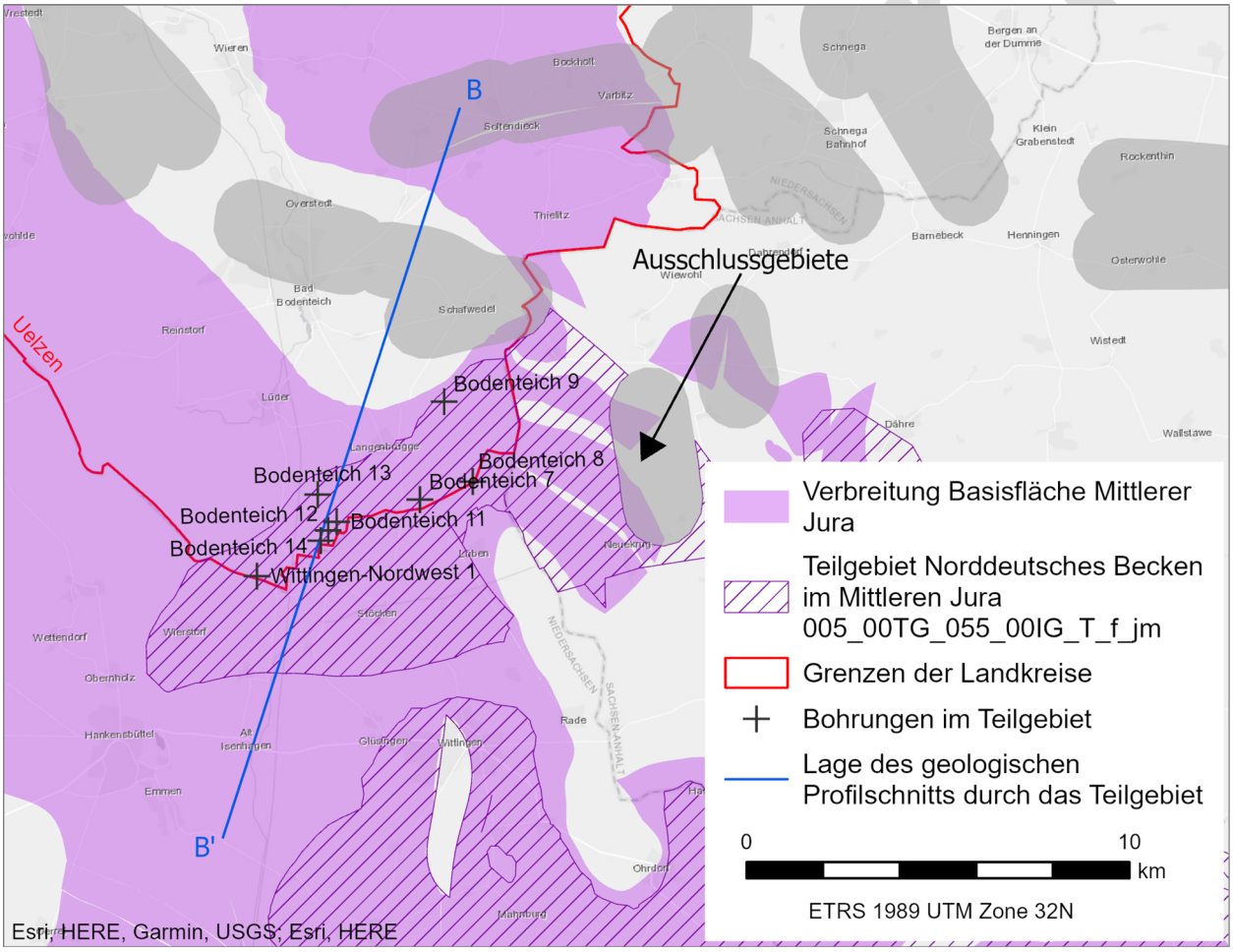


Abbildung 7: Übersichtskarte des Teilgebiets 005_00TG_055_00IG_T_f_jm

Charakteristika des Teilgebiets 005_00TG_055_00IG_T_f_jm	
IG 2-Kennung	055_00IG_T_f_jm
Wirtsgesteinstyp und Konfiguration	Tongestein
Geographische Verortung	Das Teilgebiet umfasst Gebiete der Bundesländer Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Berlin und Sachsen-Anhalt.
Gesamtfläche	18.811 km² / 15,6 km² im Landkreis Uelzen
Geologische Charakteristika	Das Teilgebiet bezieht sich auf die stratigraphische Einheit Mittlerer Jura, welche das Wirtsgestein Tongestein enthält. Es hat eine maximale Mächtigkeit von 1.200 m. Die Basisfläche des Teilgebietes befindet sich in einer Teufenlage von 400 m bis 1.500 m unterhalb GOK.

Tabelle 7: Charakteristika des Teilgebiets 005_00TG_055_00IG_T_f_jm

Das Teilgebiet im Wirtsgestein Tongestein umfasst die stratigraphische Einheit des Mittleren Jura (Dogger) und wird in die Stufen Aalenium, Bajocium, Bathonium und Callovium untergliedert. In den Ablagerungen des Mittleren Jura dominieren Tonsteine. Bedingt durch die Ablagerungsbedingungen treten jedoch auch andere Lithologien wie Sand- und Siltsteine auf, welche mit den teils mächtigen Tonsteinen wechsellagern.

Das Teilgebiet wurde von der BGE im Wesentlichen auf Basis der Auswertungen des geologischen 3D-Modells GTA3D (Baldschuhn, et al., 2001) im Abgleich mit Bohrungsdaten erstellt. Die Nachteile des geologischen Untergrundmodells sind teils vorhandene Ungenauigkeiten und die fehlende Information zu dem lithologischen Aufbau der dargestellten stratigraphischen Einheiten. Bei der Arbeit mit dem Modell ergibt sich daher oft die Situation, dass die Mächtigkeit und die Ausdehnung der endlagerrelevanten Gesteinsschichten überschätzt wird. Andererseits liefert das Modell für fast ganz Niedersachsen eine gute Übersicht zum Aufbau des Untergrundes bis in mehrere Tausend Meter Tiefe. Ergänzend zu den Auswertungen des geologischen 3D Modells hat die BGE Bohrakten und Schichtenverzeichnisse stichprobenhaft auf die Verbreitung der lithologischen Abfolgen des Mittleren Juras geprüft.

Die Teufenlage und Mächtigkeit des Teilgebiets im Bereich des Landkreises Uelzen wurden anhand der Basis- und Topfläche des Mittleren Jura aus dem GTA3D ermittelt. Die Basisfläche des Mittleren Jura befindet sich im Süden des Landkreise Uelzen in Tiefenlagen zwischen etwa 1.300 bis 1.500 m unter GOK. Die Mächtigkeit des Mittleren Jura liegt in diesem Bereich zwischen 0 bis 400 m, damit liegt die Mächtigkeit im Teilgebiet im Landkreis Uelzen zwischen 100 m bis 400 m.

Das Teilgebiet im Mittleren Jura wird von den Schichten des Oberen Jura überlagert, und von den Schichten des Unteren Jura unterlagert. Bedingt durch den Salzaufstieg des Salzstocks Niendorf II/ Wieren/ Bodenteich und damit einhergehender Entstehung von Randsenken, wurden die Schichten des Oberen Jura teilweise nicht abgelagert oder erodiert, so dass der Mittlere Jura teilweise direkt von den Schichten der Unterkreide überlagert wird.

Die Abbildung 7 zeigt die Lage eines ca. 15 km langen NNO-SSW orientierten Profilschnitts im Süden des Landkreises Uelzen, beginnend nördlich der Gemeinde Soltendieck über den Salzstock Niendorf II/ Wieren/ Bodenteich bis in den Landkreis Gifhorn. Im Profilschnitt in Abbildung 8 sind die verschiedenen Schichten im Untergrund dargestellt und zusätzlich auch die Lage der Salzstruktur Niendorf II/ Wieren/ Bodenteich im Beriech Bodenteich.

Entwurf

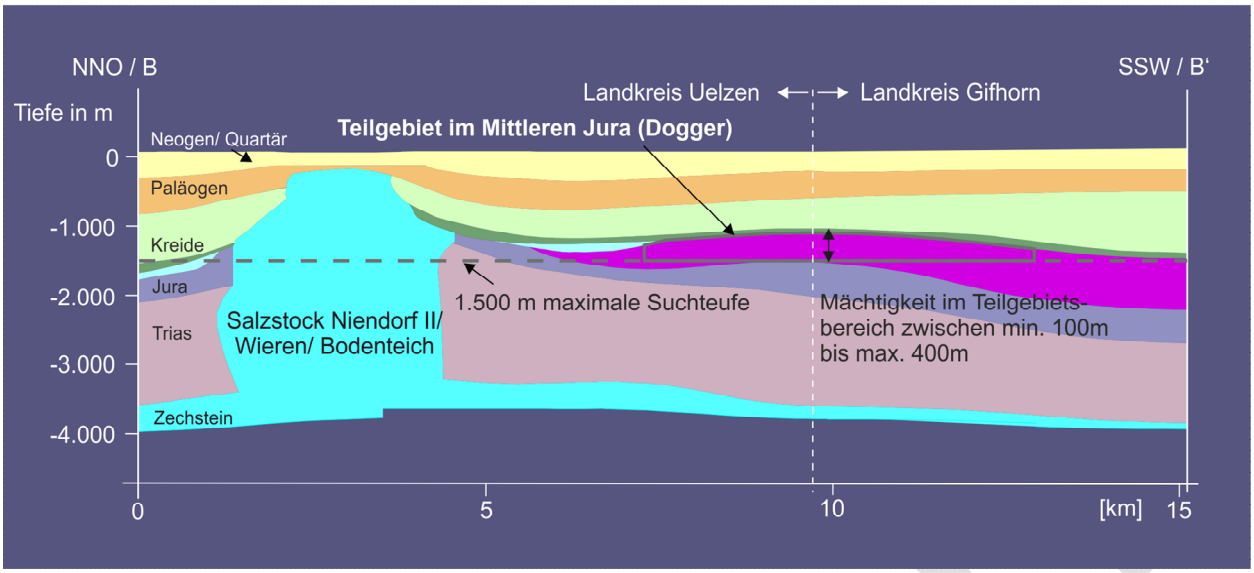


Abbildung 8: Geologischer Profilschnitt durch das Teilgebiet 005_00TG_055_00IG_T_f_jm (überhöhte Darstellung)

Die Verbreitung des Teilgebiets im Profilschnitt ist farblich markiert. Die Mächtigkeit des Teilgebiets reicht von 100 m bis maximal 400 m an der Grenze zum Landkreis Gifhorn. Im Bereich des Profilschnitts befindet sich die Basis des Teilgebiets, bedingt durch die maximale Suchteufe, bei 1.500 m unter GOK.

Die Tongesteine in den Schichtenfolgen des Mittleren Jura im Untergrund des Landkreises Uelzen sind als ein Teilgebiet ausgewiesen worden, da keines der in § 22 StandAG genannten Ausschlusskriterien erfüllt ist, alle in § 23 StandAG genannten Mindestanforderungen zutreffen und nach Anwendung der in § 24 und den Anlagen 1 bis 11 im StandAG aufgeführten geowissenschaftlichen Abwägungskriterien eine günstige geologische Gesamtsituation für die sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle erwarten lassen.

Die Vorgehensweise der BGE bei der Ausweisung des Teilgebiets 005_00TG_055_00IG_T_f_jm wird im Folgenden geprüft.

4.2.2 Ausschlusskriterien

Tektonische Störungen:

Die BGE hat die Gebiete innerhalb der Teilgebiete ausgeschlossen, in denen aktive tektonische Störungen anhand vorliegender geologischer Daten nachgewiesen werden konnten. Im Landkreis Uelzen wurden im Bereich des ausgewiesenen Teilgebiets keine aktiven tektonischen Störungen identifiziert. Die ausgeschlossenen Gebiete mit aktiven tektonischen Störungen in den angrenzenden Landkreisen sind in Abbildung 7 ersichtlich.

Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit:

In der Umgebung des Teilgebiets befinden sich weder ein Tagebau noch ein Bergwerk, welche Einflüsse auf die Eignung eines potentiellen Endlagerbereichs haben könnten. Anhand des NIBIS-Kartenservers lassen sich acht Tiefbohrungen identifizieren, die die Schichtenfolgen des Mittleren Juras im Teilgebiet erbohrt haben. Die Lage der Bohrungen ist in Abbildung 7 veranschaulicht. In Tabelle 8 sind die Bohrungen aufgelistet.

Entwurf

Name der Bohrung	Ident des ausgeschlossenen Gebietes	Endteufe [m u. GOK]	Endhorizont	Teufe Top Mittlerer Jura [m u. GOK]
Bodenteich 7	0028701AG	1.445,9	Mittlerer Jura	1.151,0
Bodenteich 8	0028702AG	1.438,0	Unterer Jura	1.213,0
Bodenteich 9	0028703AG	1.327,5	Unterer Jura	1.238,3
Bodenteich 11	0028705AG	1.500,0	Mittlerer Jura	1.200,0
Bodenteich 12	0028706AG	1.500,0	Mittlerer Jura	1.185,0
Bodenteich 13	0028707AG	1.575,0	Mittlerer Jura	1.325,0
Bodenteich 14	0028708AG	1.482,9	Mittlerer Jura	1.192,0
Wittingen-Nordwest 1	0029721AG	1.570,0	Mittlerer Jura	1.349,0

Tabelle 8: Tiefbohrungen im Umfeld des Teilgebiets 005_00TG_055_00IG_T_f_jm (LBEG, 2022a)

4.2.3 Mindestanforderungen

Gebirgsdurchlässigkeit

Als Grundlage für die Bewertung von Tongesteinen hinsichtlich der Gebirgsdurchlässigkeit hat die BGE die Studie von (Hoth, et al., 2007) herangezogen. In der Studie konnte ein genereller Zusammenhang zwischen den Gesteinstypen (mit entsprechendem Tonanteil) und der Gebirgsdurchlässigkeit bestätigt werden. Bei der BGE heißt es hierzu (BGE, 2020l, Teil 2): *„Tongesteinsformationen des Dogger sind teilweise inhomogen aufgebaut. Neben Ton- und Tonmergelstein, die dominant vorliegen, enthalten die Formationen teilweise Einschaltungen von z. B. Mergel(ton)stein und unreinen Sand- und Schluffsteinen. Häufig kommen Einschaltungen von Toneisensteingeoden vor.“*

Bisherige Auswertungen von Bohrungsdaten zeigten, dass im Dogger Tongehalte von mindestens 80% auftreten und diese damit das Erfüllen der Mindestanforderung zur Gebirgsdurchlässigkeit bestätigen. Das LBEG (LBEG, 2021) ergänzt die Ausführungen der BGE mit dem Hinweis, dass aufgrund zahlreicher Versuche zur Ermittlung der Gebirgsdurchlässigkeit in Tongestein zum jetzigen Zeitpunkt davon ausgegangen werden kann, dass dieses Wirtsgestein eine Durchlässigkeit von kleiner 10^{-10} m/s erreichen kann.

Im Rahmen der regionalen Tonstudie (Hoth, et al., 2007) wurden für eine Reihe von Gebieten, darunter auch das Gebiet Bodenteich, die Tongesteinsformationen des Mittleren Jura hinsichtlich ihrer Verbreitung, Mächtigkeit und Tonanteile untersucht. Tongesteinsformationen in der Region des Teilgebiets werden in der Studie, hinsichtlich ihrer Tonanteile und Mächtigkeiten als bedingt günstig eingestuft.

Mit Hilfe der Auswertung lokaler Bohrungsdaten bezüglich auftretender Sandsteine und Toneisensteinhorizonte wäre die ortspezifische Situation zur Gebirgsdurchlässigkeit zu prüfen. Es findet sich keine Information darüber, ob ortspezifische Daten bspw. Aus den Bohrungen (Kapitel 4.2.2) existieren und zur Bewertung herangezogen wurden. Anhand von Datenbanken wie dem NBIS-Kartenserver des LBEG (LBEG, 2022a) oder der Bohrpunktekarte BGR (BGR, 2021a) konnten über die Schichtenverzeichnisse hinaus keine weiteren Daten ermittelt werden.

Entwurf

Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Nach § 2 Abs. 1 Nr. 9 StandAG wird eine Mindestmächtigkeit von 100 m für den ewG gefordert. Aus Bohrungsdaten und auch vor allem aus der Literatur (BGE, 2020l, Teil 2) ist abzuleiten, dass die Schichtenfolgen des gesamten Mittleren Jura, auf die sich das Teilgebiet 005_00TG_055_00IG_T_f_jm bezieht, überwiegend aus Tongestein aufgebaut sind. Zur Erfüllung der Mindestanforderung muss eine mindestens 100 m mächtige Gesteinsfolge aus Tongesteinen nachgewiesen werden.

Zur Ermittlung der Mindestmächtigkeit wurden von der BGE 3D-Daten verwendet, die die Abgrenzung und Raumlage von stratigraphischen Einheiten ausweisen, aber keine direkten Hinweise auf bestimmte Gesteinstypen liefern. Die meisten stratigraphischen Einheiten sind aus verschiedenen Gesteinstypen aufgebaut. So können im Mittleren Jura neben Tongestein, welches zweifelsfrei den größten Anteil einnimmt, auch andere Gesteinstypen auftreten. Aus den 3D-Daten abgeleitete Mächtigkeiten für einen bestimmten Wirtsgesteinstyp sind somit unter Umständen überschätzt.

Im Süden des Landkreis Uelzen wurden Mächtigkeiten zwischen 0 m bis 400 m für die gesamte Einheit des Mittleren Jura (Dogger) ermittelt. Basierend auf diesen Kenntnissen, kann die Mindestanforderung von 100 m Mächtigkeit als erfüllt angesehen werden. Im Mittleren Jura im Raum Bodenteich existieren noch weitere geeignete lithologische Einheiten (Hoth, et al., 2007). Die tatsächliche Mächtigkeit der Tongesteine ist in den nachfolgenden Verfahrensschritten u.a. durch die Auswertung weiterer Bohrungsdaten explizit zu prüfen.

Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Nach § 23 StandAG muss die Oberfläche eines ewG's mindestens 300 m unter der GOK liegen. Das Teilgebiet 005_00TG_055_00IG_T_f_jm im Landkreis Uelzen liegt innerhalb der Schichtenfolge des Mittleren Jura in Teufenlagen von etwa 1.100 m bis 1.500 m. Die Bedingung ist somit für diesen Teilgebietsbereich erfüllt.

Fläche des Endlagers

Im § 23 Abs. 5 Nr. 4 StandAG steht hierzu: *„ein ewG muss über eine Ausdehnung in der Fläche verfügen, die eine Realisierung des Endlagers ermöglicht […].* Das StandAG benennt keine konkrete Größe für die Fläche eines Endlagers. Die von der BGE festgelegte Flächengröße von 10 km² für ein Endlager im Wirtsgestein Tongestein ist angelehnt an die Begründung zum Gesetzentwurf (BT-Drs., 18/11398).

Das Teilgebiet 005_00TG_055_00IG_T_f_jm weist im Bereich des Landkreises Uelzen, eine Fläche von 15,6 km² auf. Die Verbreitung des Teilgebiets setzt sich im Landkreis Gifhorn fort, so dass eine ausreichende Ausdehnung vorliegt und die Bedingung, basierend auf der aktuellen Datenlage, als erfüllt angesehen werden kann.

Erhalt der Barrierewirkung

Zum Erhalt der Barrierewirkung heißt es in § 23 Abs. 5 StandAG: *„es dürfen keine Erkenntnisse oder Daten vorliegen, welche die Integrität des ewG's, insbesondere die Einhaltung der geowissenschaftlichen Mindestanforderungen zur Gebirgsdurchlässigkeit, Mächtigkeit und Ausdehnung des ewG's über einen Zeitraum von einer Million Jahren zweifelhaft erscheinen lassen".*

Da die bisherigen Erkenntnisse und Daten zum Teilgebiet den Erhalt der Barrierewirkung nicht anzweifeln lassen, kann diese Mindestanforderung zunächst als erfüllt angesehen werden.

Entwurf

4.2.4 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien

Die Vorgehensweise der BGE bei der Anwendung der geowAK wurde unter Berücksichtigung der Stellungnahme des LBEG (LBEG, 2021) und der Anmerkungen der BGR (BGR, 2021) geprüft. Die BGE hat eine individuelle Bewertung für die Kriterien 2 (Konfiguration der Gesteinskörper), 3 (räumliche Charakterisierbarkeit), 4 (langfristige Stabilität) und 11 (Deckgebirge) anhand der vorliegenden gebietsspezifischen Daten vorgenommen. Das Resultat der Bewertung für das Teilgebiet 005_00TG_055_00IG_T_f_jm ist in Tabelle 9 zusammengefasst.

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
Kriterium 2	Die Einstufung des geowAK „Konfiguration der Gesteinskörper“ als günstig ist nur teilweise gerechtfertigt und nachvollziehbar. Es wurden fünf Indikatoren betrachtet. Der erste Indikator zum *Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischen Potential* wird generell als günstig bewertet. Die Bewertung mit günstig ist nicht nachvollziehbar, da zum jetzigen Zeitpunkt sowohl die Lage des ewG’s als auch dessen potentieller Anschluss an Gesteinsschichten mit hydraulischem Potential unbekannt sind. Die *Barrierenmächtigkeit* liegt mit maximal etwa 400 m über der Mindestmächtigkeit von 100 m. Eine Mächtigkeit größer 300 m, welche als günstige Barrieregesteinsmächtigkeit angenommen wird, kann innerhalb der Landkreise für einen kleinen Bereich des Teilgebiets belegt werden. Ob der Bereich mit einer Mächtigkeit größer 300 m über dem Flächenbedarf von 10 km² liegt, und damit als günstig einzustufen wäre, ist im weiteren Verfahren zu prüfen. Der *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch den ewG* stellt sicher, dass der Einlagerungsbereich in jedem Fall von einem ewG umschlossen wird. Hier wird zum jetzigen Zeitpunkt die Annahme getroffen, dass das Wirtgestein und der ewG Teil ein und desselben Gesteinskörpers sind und wird somit generell als günstig bewertet. Die Einordnung der *Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen ewG* erfolgt günstig, da das Teilgebiet innerhalb der Landkreise eine Mindestmächtigkeit von 100 m in einer Teufe größer 500 m (hier etwa 1.100 m unter GOK) aufweist. Allerdings kann zum jetzigen Zeitpunkt die genaue Lage des ewG nicht konkret räumlich ausgewiesen werden, und erfolgt deshalb für den Teufenbereich des identifizierten Gebiets. Die gesamte ausgewiesene Fläche des Teilgebiets beträgt innerhalb des Landkreis Uelzen 15,6 km². Die Fläche des Teilgebiets setzt sich im angrenzenden Landkreis Gifhorn fort und ist entsprechend größer 10 km², so dass der Indikator zur *Flächenhaften Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit* als günstig bewertet wird.
Kriterium 3	Das Kriterien zur *Gesteinsfazies, Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen und die räumliche Verteilung der Gesteinstypen* ist nur teilweise nachvollziehbar günstig eingestuft, da sich diese z.B. durch das Auftreten von Sandsteinen und anderen Lithologien rasch ändern können. Hier können insbesondere die Auswertung von Bohrungsdaten und seismische Profile Aufschluss geben. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die gesuchten

Entwurf

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
	homogenen Bereiche existieren, allerdings scheint die Einstufung der Indikatoren zum jetzigen Zeitpunkt sehr optimistisch. Das *Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit* ist, in Betrachtung auf das gesamte ausgewiesene Teilgebiet nachvollziehbar günstig eingestuft. Wie die BGE allerdings erwähnt, kann das Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit jede mögliche Form annehmen und ist ortspezifisch zu prüfen.
Kriterium 4	Die Einstufung der Indikatoren zur *Zeitspanne, über die sich die Mächtigkeit, Ausdehnung und Gebirgsdurchlässigkeit des ewG's nicht wesentlich verändert hat,* ist nur teilweise nachvollziehbar günstig eingestuft. Die BGE beschreibt in der ausführlichen Erläuterung zur Einstufung der geowAK, dass angenommen werden kann, dass seit mehr als 10 Millionen Jahren keine wesentlichen Änderungen der o.g. Indikatoren aufgetreten sind. In der Anlage 2020k wird jedoch darauf verwiesen, dass durchaus entsprechende Änderungen, z.B. durch halokinetische Hebungs- und Senkungsprozesse möglich sind.
Kriterium 11	Das Kriterium zur Bewertung des Schutzes des ewG durch das Deckgebirge wird mit gebietsspezifischen Daten für das Teilgebiet nachvollziehbar bedingt günstig eingestuft. Die Daten des geologischen 3D-Modells (Baldschuhn, et al., 2001) weisen Störungen im gesamten Teilgebiet nach, welche Einfluss auf die hydraulische Wirksamkeit des ewG's haben könnten *(Ausprägung struktureller Komplikationen*. Die Überdeckung des ewG's mit *grundwasser- und erosionshemmenden* Gesteinen ist nachvollziehbar günstig eingestuft, aufgrund der Tiefenlage der endlagerrelevanten Tongesteinsabfolgen.
Die Bewertung der Kriterien 1, 5, 6, 7, 8, 9 und 10 erfolgt in Kapitel 4.14	
günstig **bedingt günstig** **weniger günstig** **nicht günstig** **nicht anwendbar**	

Tabelle 9: Prüfung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Teilgebiet Norddeutsches Becken im Mittleren Jura (Dogger, 005_00TG_055_00IG_T_f_jm).

Entwurf

4.3 Norddeutsches Becken in der Unterkreide – 007_00TG_202_02IG_T_f_kru

4.3.1 Darstellung

Das von der BGE ausgewiesene Teilgebiet 007_00TG_202_02IG_T_f_kru in der stratigraphischen Einheit Unterrkeide ist annähernd 15.000 km² groß und erstreckt sich über die Fläche von sechs Bundesländern. Im Landkreis Uelzen werden etwa 32 km² Fläche vom Teilgebiet eingenommen. In den Landkreisen Lüneburg und Harburg ist das Teilgebiet nicht ausgewiesen. Die Lücken im Teilgebiet befinden sich vorwiegend in Bereichen in denen keine Schichten in der Unterkreide abgelagert bzw. in ausreichender Mächtigkeit und Tiefenlage zur Verfügung stehen, oder stellen ausgeschlossene Gebiete, wie z.B. aktive Störungszonen, dar. In Abbildung 9 ist die Verbreitung des Teilgebiets und der Basisfläche der Unterkreide im Landkreis Uelzen dargestellt. Tabelle 10 enthält die wesentlichen Kenndaten des Teilgebiets.

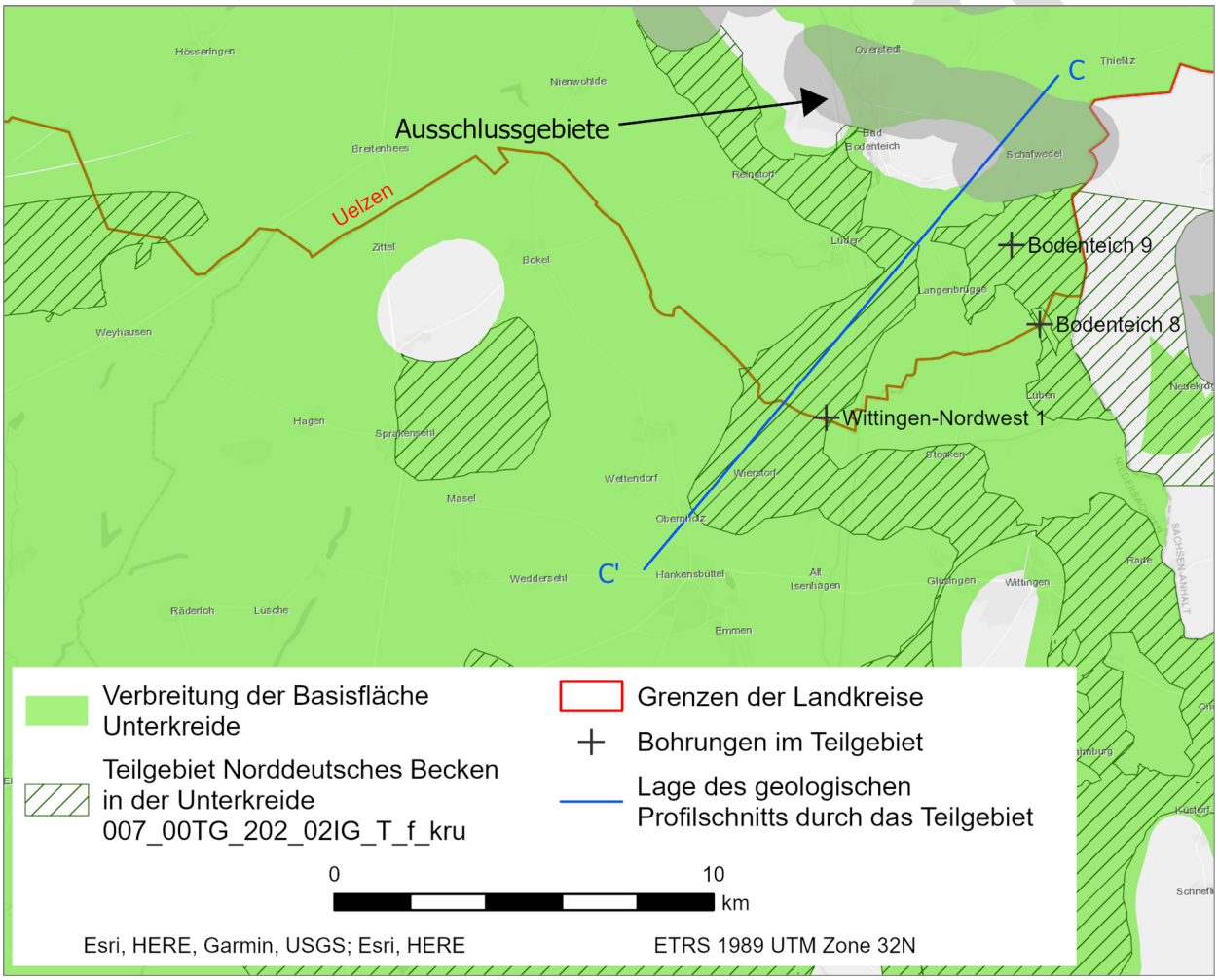


Abbildung 9: Übersichtskarte des Teilgebiets 007_00TG_202_02IG_T_f_kru

Charakteristika des Teilgebiets 007_00TG_202_02IG_T_f_kru	
IG 2-Kennung	202_02IG_T_f_kru
Wirtsgesteinstyp und Konfiguration	Tongestein
Geographische Verortung	Das Teilgebiet umfasst Gebiete der Bundesländer Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen, Bremen, Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Sachsen-Anhalt.
Gesamtfläche	14.914 km² / 31,8 km² im Landkreis Uelzen
Geologische Charakteristika	Das Teilgebiet bezieht sich auf die stratigraphische Einheit Unterkreide, welche das Wirtsgestein Tongestein enthält. Im gesamten Teilgebiet tritt eine maximale Mächtigkeit von 1.200 m auf. Die Basisfläche des Teilgebietes liegt in einer Teufenlage von 400 m bis 1.500 m unterhalb GOK. Für den Teilgebietsbereich im Landkreis Uelzen liegt die maximale Mächtigkeit bei 400 m, die Basisfläche liegt in einer Teufenlage von 1.100 m bis 1.400 m unterhalb GOK.

Tabelle 10: Charakteristika des Teilgebiets 007_00TG_202_02IG_T_f_kru

Das Teilgebiet im Wirtsgestein Tongestein umfasst die stratigraphische Einheit der Unterkreide mit Betrachtung der Stufen (Ober-) Berriasium, Valanginium, Hauterivium, Aptium und Albium. Die einzelnen stratigraphischen Stufen sind in Niedersachsen sehr unterschiedlich ausgebildet. In den Ablagerungen der Unterkreide dominieren Tonsteine. Weiterhin treten Wechselfolgen von Mergel- und Tonsteinen mit variierende Karbonatgehalten auf. Es können auch sandige Einschaltungen vorkommen (Mutterlose, 2000).

Das Teilgebiet wurde von der BGE im Wesentlichen auf Basis der Auswertungen des geologischen 3D-Modells GTA3D (Baldschuhn, et al., 2001) im Abgleich mit Bohrungsdaten erstellt. Die Nachteile des geologischen Untergrundmodells sind teils vorhandene Ungenauigkeiten und die fehlende Information zu dem lithologischen Aufbau der dargestellten stratigraphischen Einheiten. Bei der Arbeit mit dem Modell ergibt sich daher oft die Situation, dass die Mächtigkeit und die Ausdehnung der endlagerrelevanten Gesteinsschichten überschätzt wird. Andererseits liefert das Modell für fast ganz Niedersachsen eine gute Übersicht zum Aufbau des Untergrundes bis in mehrere Tausend Meter Tiefe. Ergänzend zu den Auswertungen des geologischen 3D Modells hat die BGE Bohrakten und Schichtenverzeichnisse stichprobenhaft auf die Verbreitung der lithologischen Abfolgen der Unterkreide geprüft.

Die Tiefenlage und Mächtigkeit des Teilgebiets im Bereich des Landkreises Uelzen wurden anhand der Basisfläche Unterkreide und Basisfläche Oberkreide aus dem GTA3D ermittelt. Die Basisfläche der Unterkreide befindet sich im Teilgebietsbereich im Süden des Landkreises Uelzen in Tiefenlagen zwischen etwa 1.100 bis 1.400 m unter GOK. Die Mächtigkeit der Unterkreide liegt in diesem Bereich zwischen 80 bis 400 m. Die höchsten Mächtigkeiten im Teilgebiet werden westlich der Salzstruktur Niendorf II/ Wieren Bodenteich und im Teilgebietsbereich im Südwesten des Landkreises Uelzen erreicht. Das Teilgebiet in der Unterkreide wird von den Schichten der Oberkreide überlagert, und von den Schichten des Jura unterlagert.

Die Abbildung 9 zeigt die Lage eines ca. 15 km langen NO-SW orientierten Profilschnitts im Süden des Landkreis Uelzen, beginnend südlich der Gemeinde Soltendieck über den Salzstock Niendorf II/ Wieren/ Bodenteich bis in den Landkreis Gifhorn. Im Profilschnitt in Abbildung 10 sind die verschiedenen Schichten im Untergrund dargestellt und auch zusätzlich die Lage der Salzstruktur Niendorf II/ Wieren/ Bodenteich im Bereich Bodenteich.

ENTWURF

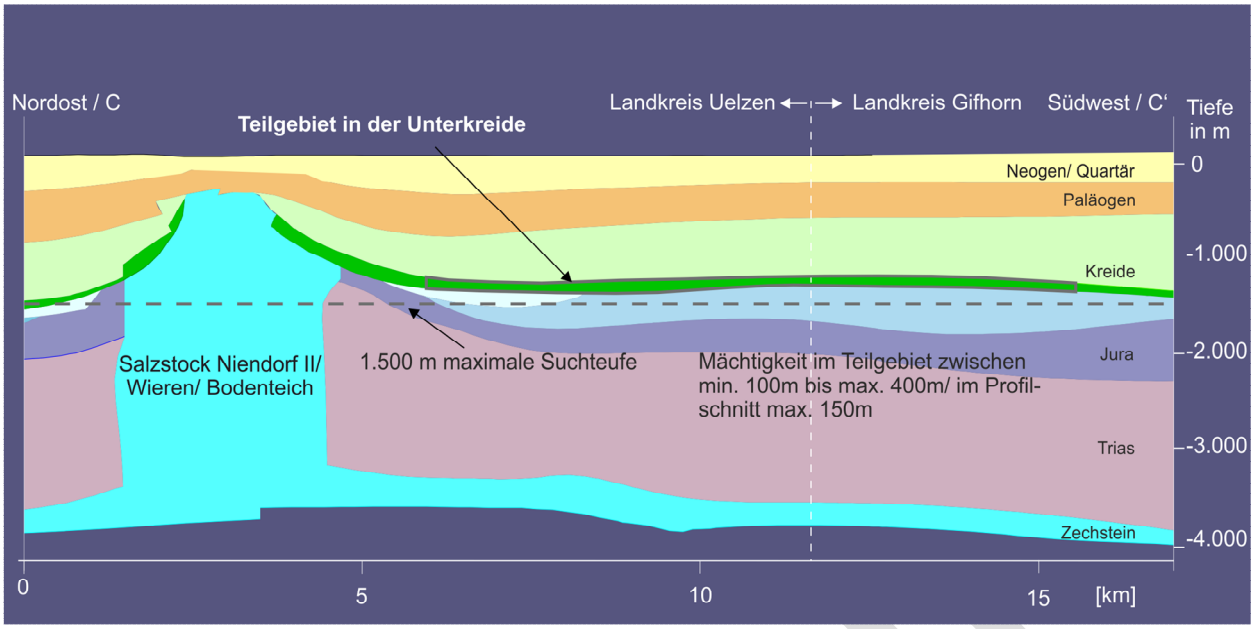


Abbildung 10: Geologischer Profilschnitt durch das Teilgebiet 007_00TG_202_02IG_T_f_kru (überhöhte Darstellung)

Die Verbreitung des Teilgebiets im Profilschnitt ist farblich markiert. Die Mächtigkeit des Teilgebiets im Profilschnitt reicht von etwa 100 m bis maximal 150 m. Im Bereich des Profilschnitts befindet sich die Basis des Teilgebiets zwischen 1.300 m und 1.400 m unter GOK.

Die Tongesteine in den Schichtenfolgen des Mittleren Jura im Untergrund des Landkreises Uelzen sind als ein Teilgebiet ausgewiesen worden, da keines der in § 22 StandAG genannten Ausschlusskriterien erfüllt ist, alle in § 23 StandAG genannten Mindestanforderungen zutreffen und nach Anwendung der in § 24 und den Anlagen 1 bis 11 im StandAG aufgeführten geowissenschaftlichen Abwägungskriterien eine günstige geologische Gesamtsituation für die sicheren Endlagerung radioaktiver Abfälle erwarten lassen.

Die Vorgehensweise der BGE bei der Ausweisung des Teilgebiets 007_00TG_202_02IG_T_f_kru wird im Folgenden geprüft.

4.3.2 Ausschlusskriterien

Tektonische Störungen:

Die BGE hat die Gebiete innerhalb der Teilgebiete ausgeschlossen, in denen aktive tektonische Störungen anhand vorliegender geologischer Daten nachgewiesen werden konnten. Im Landkreis Uelzen wurden im Bereich des ausgewiesenen Teilgebiets keine aktiven tektonischen Störungen identifiziert.

Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit:

In der Umgebung des Teilgebiets befinden sich weder ein Tagebau noch ein Bergwerk, die Einflüsse auf die Eignung eines potentiellen Endlagerbereichs haben könnten. Anhand des NIBIS-Kartenservers lassen sich drei Tiefbohrungen identifizieren, die die Schichtenfolgen der Unterkreide im Teilgebiet erbohrt haben. Die Lage der Bohrungen ist in Abbildung 9 veranschaulicht. In Tabelle 11 sind die Bohrungen aufgelistet.

Entwurf

Name der Bohrung	Ident des ausgeschlossenen Gebietes	Endteufe [m u. GOK]	Endhorizont	Teufe Top Unterkreide [m u. GOK]	Teufe Basis Unterkreide [m u. GOK]
Bodenteich 8	0028702AG	1.438,0	Unterer Jura	917,0	1.213,0
Bodenteich 9	0028703AG	1.327,5	Unterer Jura	780,0	1.170,0
Wittingen-Nordwest 1	0029721AG	1.570,0	Mittlerer Jura	1.227,0	-

Tabelle 11: Tiefbohrungen im Umfeld des Teilgebiets 007_00TG_202_02IG_T_f_kru (LBEG, 2022a)

4.3.3 Mindestanforderungen

Gebirgsdurchlässigkeit

Als Grundlage für die Bewertung von Tongesteinen hinsichtlich der Gebirgsdurchlässigkeit hat die BGE die Studie von (Hoth, et al., 2007) herangezogen. In der Studie konnte ein genereller Zusammenhang zwischen den Gesteinstypen (mit entsprechendem Tonanteil) und der Gebirgsdurchlässigkeit bestätigt werden. Allerdings stellt, laut BGE (BGE, 2020l, Teil 2): *„der Parameter Tonanteil ein Hilfsmittel dar, der für die großräumige Evaluierung der deutschen Tongesteinsformationen benutzt wurde und nicht zu einer direkten Ableitung einer Gebirgsdurchlässigkeit genutzt werden kann.“*

Entsprechend wird für die Schichten der Unterkreide, zum jetzigen Zeitpunkt davon ausgegangen, dass in den Tongesteinen der Unterkreide Tongehalte von mindestens 80% auftreten und diese damit das Erfüllen der Mindestanforderung zur Gebirgsdurchlässigkeit bestätigen. Das LBEG (LBEG, 2021) ergänzt die Ausführungen der BGE mit dem Hinweis, dass aufgrund zahlreicher Versuche zur Ermittlung der Gebirgsdurchlässigkeit in Tongestein zum jetzigen Zeitpunkt davon ausgegangen werden kann, dass dieses Wirtsgestein eine Durchlässigkeit von kleiner 10^{-10} m/s erreichen kann.

Mit Hilfe der Auswertung lokaler Bohrungsdaten bezüglich auftretender Sandsteine und Wechselfolgen von Mergel- und Tonsteinen wäre die ortspezifische Situation zur Gebirgsdurchlässigkeit zu prüfen. Es findet sich keine Information darüber, ob ortspezifische Daten bspw. Aus den Bohrungen (Kapitel 4.3.2) existieren und zur Bewertung herangezogen wurden. Anhand von Datenbanken wie dem NIBIS-Kartenserver des LBEG ((LBEG, 2022a) oder der Bohrpunktekarte BGR (BGR, 2021a) konnten über die Schichtenverzeichnisse hinaus keine weiteren Daten ermittelt werden.

Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Nach § 2 Abs. 1 Nr. 9 StandAG wird eine Mindestmächtigkeit von 100 m für den ewG gefordert. Aus Bohrungsdaten und auch vor allem aus der Literatur (BGE, 2020l, Teil 2) ist abzuleiten, dass die Schichtenfolgen der gesamten Unterkreide, auf die sich das Teilgebiet 007_00TG_202_02IG_T_f_kru bezieht, überwiegend aus Tongestein aufgebaut sind. Zur Erfüllung der Mindestanforderung muss eine mindestens 100 m mächtige Gesteinsfolge aus Tongesteinen nachgewiesen werden.

Zur Ermittlung der Mindestmächtigkeit wurden von der BGE 3D-Daten verwendet, die die Abgrenzung und Raumlage von stratigraphischen Einheiten ausweisen, aber keine direkten Hinweise auf bestimmte Gesteinstypen liefern. Die meisten stratigraphischen Einheiten sind aus verschiedenen Gesteinstypen aufgebaut. So können in der Unterkreide neben Tongestein, welches zweifelsfrei den größten Anteil einnimmt, auch andere Gesteinstypen auftreten. Aus den 3D-Daten abgeleitete Mächtigkeiten für einen bestimmten Wirtsgesteinstyp sind somit unter Umständen überschätzt.

Entwurf

Im Süden des Landkreises Uelzen wurden Mächtigkeiten zwischen 0 m bis 400 m für die gesamte Einheit der Unterkreide ermittelt. Die Prüfung der Vorgehensweise der BGE zeigte allerdings auch, dass im Teilgebietsbereich Mächtigkeiten von nur 80 m auftreten, so dass die Mindestanforderung von 100 m Mächtigkeit nicht flächendeckend als erfüllt angesehen werden kann. Die tatsächliche Mächtigkeit der Tongesteine ist in den nachfolgenden Verfahrensschritten u.a. durch die Auswertung weiterer Bohrungsdaten explizit zu prüfen.

Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Nach § 23 StandAG muss die Oberfläche eines ewG's mindestens 300 m unter der GOK liegen. Das Teilgebiet 007_00TG_202_02IG_T_f_kru im Landkreis Uelzen liegt innerhalb der Schichtenfolge der Unterkreide in Teufenlagen von etwa 1.000 m bis 1.400 m. Die Bedingung ist somit für diesen Teilgebietsbereich erfüllt.

Fläche des Endlagers

Im § 23 Abs. 5 Nr. 4 StandAG steht hierzu: *„ein ewG muss über eine Ausdehnung in der Fläche verfügen, die eine Realisierung des Endlagers ermöglicht […].* Das StandAG benennt keine konkrete Größe für die Fläche eines Endlagers. Die von der BGE festgelegte Flächengröße von 10 km² für ein Endlager im Wirtsgestein Tongestein ist angelehnt an die Begründung zum Gesetzentwurf (BT-Drs., 18/11398).

Das Teilgebiet 007_00TG_202_02IG_T_f_kru weist im Bereich des Landkreises Uelzen, eine Fläche von 32 km² auf. Die Verbreitung des Teilgebiets setzt sich im Landkreis Gifhorn fort, so dass eine ausreichende Ausdehnung vorliegt und die Bedingung, basierend auf der aktuellen Datenlage, als erfüllt angesehen werden kann.

Erhalt der Barrierewirkung

Zum Erhalt der Barrierewirkung heißt es in § 23 Abs. 5 StandAG: *„es dürfen keine Erkenntnisse oder Daten vorliegen, welche die Integrität des ewG's, insbesondere die Einhaltung der geowissenschaftlichen Mindestanforderungen zur Gebirgsdurchlässigkeit, Mächtigkeit und Ausdehnung des ewG's über einen Zeitraum von einer Million Jahren zweifelhaft erscheinen lassen".*

Da die bisherigen Erkenntnisse und Daten zum Teilgebiet den Erhalt der Barrierewirkung nicht anzweifeln lassen, kann diese Mindestanforderung zunächst als erfüllt angesehen werden.

4.3.4 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien

Die Vorgehensweise der BGE bei der Anwendung der geowAK wurde unter Berücksichtigung der Stellungnahme des LBEG (LBEG, 2021) und der Anmerkungen der BGR (BGR, 2021) geprüft. Die BGE hat eine individuelle Bewertung für die Kriterien 2 (Konfiguration der Gesteinskörper), 3 (räumliche Charakterisierbarkeit), 4 (langfristige Stabilität) und 11 (Deckgebirge) anhand der vorliegenden gebietsspezifischen Daten vorgenommen. Das Resultat der Bewertung für das Teilgebiet 007_00TG_202_02IG_T_f_kru ist in Tabelle 12 zusammengefasst.

Entwurf

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
Kriterium 2 	Die Einstufung des geowAK „Konfiguration der Gesteinskörper“ als günstig ist nur teilweise gerechtfertigt und nachvollziehbar. Es wurden fünf Indikatoren betrachtet. Der erste Indikator zum *Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischen Potential* wird generell als günstig bewertet. Die Bewertung mit günstig ist nicht nachvollziehbar, da zum jetzigen Zeitpunkt sowohl die Lage des ewG’s als auch dessen potentieller Anschluss an Gesteinsschichten mit hydraulischem Potential unbekannt sind. Die *Barrierenmächtigkeit* liegt mit maximal etwa 400 m über der Mindestmächtigkeit von 100 m. Eine Mächtigkeit größer 300 m, welche als günstige Barrieregesteinsmächtigkeit angenommen wird, kann innerhalb der Landkreise für einen kleinen Bereich des Teilgebiets belegt werden. Ob der Bereich mit einer Mächtigkeit größer 300 m über dem Flächenbedarf von 10 km² liegt, und damit als günstig einzustufen wäre, ist im weiteren Verfahren zu prüfen. Der *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch den ewG* stellt sicher, dass der Einlagerungsbereich in jedem Fall von einem ewG umschlossen wird. Hier wird zum jetzigen Zeitpunkt die Annahme getroffen, dass das Wirtgestein und der ewG Teil ein und desselben Gesteinskörpers sind und wird somit generell als günstig bewertet. Die Einordnung der *Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen ewG* erfolgt als günstig, da das Teilgebiet innerhalb der Landkreise eine Mindestmächtigkeit von 100 m in einer Teufe größer 500 m (hier etwa 1.100 m unter GOK) aufweist. Allerdings kann zum jetzigen Zeitpunkt die genaue Lage des ewG nicht konkret räumlich ausgewiesen werden, und erfolgt deshalb für den Teufenbereich des identifizierten Gebiets. Die gesamte ausgewiesene Fläche des Teilgebiets beträgt innerhalb des Landkreis Uelzen 32 km². Die Fläche des Teilgebiets setzt sich im angrenzenden Landkreis Gifhorn fort und ist entsprechend größer 10 km², so dass der Indikator zur *Flächenhaften Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit* als günstig bewertet wird.
Kriterium 3 	Das Kriterien zur *Gesteinsfazies, Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen und die räumliche Verteilung der Gesteinstypen* ist nur teilweise nachvollziehbar günstig eingestuft, da sich diese z.B. durch das Auftreten von Sandsteinen und anderen Lithologien rasch ändern können. Hier können insbesondere die Auswertung von Bohrungsdaten und seismischer Profile Aufschluss geben. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die gesuchten homogenen Bereiche existieren, allerdings scheint die Einstufung der Indikatoren zum jetzigen Zeitpunkt sehr optimistisch. Das *Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit* ist in Betrachtung auf das gesamte ausgewiesene Teilgebiet nachvollziehbar günstig eingestuft. Wie die BGE allerdings erwähnt, kann das Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit jede mögliche Form annehmen und ist ortspezifisch zu prüfen.

Entwurf

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
Kriterium 4 	Die Einstufung der Indikatoren zur *Zeitspanne, über die sich die Mächtigkeit, Ausdehnung und Gebirgsdurchlässigkeit des ewG's nicht wesentlich verändert hat,* ist nur teilweise nachvollziehbar als günstig eingestuft. Die BGE weist allerdings auch daraufhin, dass diese günstige Bewertung „vorerst" gültig ist und nach ortsspezifischer Prüfung einer möglichen Veränderung der Mächtigkeit, Ausdehnung und Gebirgsdurchlässigkeit der Schichten neu bewertet wird.
Kriterium 11 	Das Kriterium zur Bewertung des Schutzes des ewG durch das Deckgebirge wird mit gebietsspezifischen Daten für das Teilgebiet nachvollziehbar als bedingt günstig eingestuft. Die Daten des geologischen 3D-Modells (Baldschuhn, et al., 2001) weisen Störungen im gesamten Teilgebiet nach, welche Einfluss auf die hydraulische Wirksamkeit des ewG's haben könnten *(Ausprägung struktureller Komplikationen)*. Die Überdeckung des ewG's mit *grundwasser- und erosionshemmenden* Gesteinen ist nachvollziehbar günstig eingestuft, aufgrund der Tiefenlage der endlagerrelevanten Tongesteinsabfolgen.
Die Bewertung der Kriterien 1, 5, 6, 7, 8, 9 und 10 erfolgt in Kapitel 4.14	
günstig **bedingt günstig** **weniger günstig** **nicht günstig** **nicht anwendbar**	

Tabelle 12: Prüfung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Teilgebiet Norddeutsches Becken in der Unterkreide (007_00TG_202_02IG_T_f_kru).

Entwurf

4.4 Struktur Bahlburg - 035_00TG_057_00IG_S_s_z

4.4.1 Darstellung

Das Teilgebiet befindet sich in einer Tiefe zwischen 640 m und 1.500 m unter GOK. Es erstreckt sich auf einer Fläche von 19 km² östlich der Ortschaft Toppenstedt über die Ortschaft Garstedt und dem Ortsteil Bahlburg und ist Teil des Salzstocks Bahlburg (Abbildung 11). Tabelle 13 enthält die wesentlichen Kenndaten des Teilgebiets.

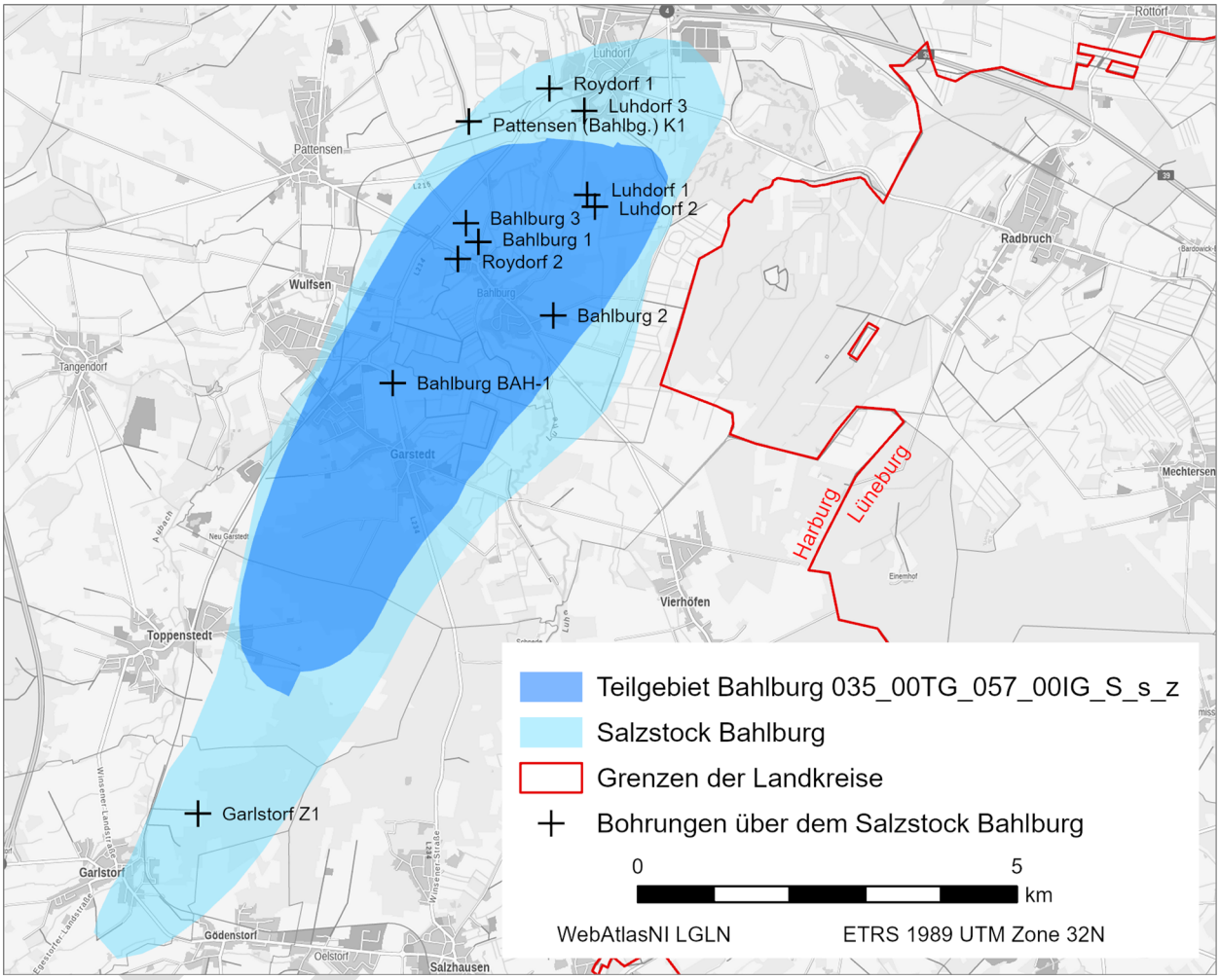


Abbildung 11: Übersichtskarte des Teilgebiets 035_00TG_057_00IG_S_s_z (BGE, 2020a)

Charakteristika des Teilgebiets 035_00TG_057_00IG_S_s_z	
IG 2-Kennung	057_00IG_S_s_z
Wirtsgesteinstyp und Konfiguration	Steinsalz in steiler Lagerung
Geographische Verortung	Das Teilgebiet liegt im Bundesland Niedersachsen, ca. 8 km südlich des Bundeslandes Hamburg.
Gesamtfläche	19 km²
Geologische Charakteristika	Das Teilgebiet befindet sich im Zechstein der Salzstruktur Bahlburg mit einer Mächtigkeit von 860 m, in einer Teufenlage von 640 m bis 1.500 m unterhalb GOK.

Tabelle 13: Charakteristika des Teilgebietes 035_00TG_057_00IG_S_s_z (BGE, 2020)

Der Salzstock Bahlburg wird aus überwiegend steilstehenden Schichten des Zechsteinsalinars (Oberes Perm) aufgebaut, mit einer Längserstreckung von 14 km in Richtung Südwest-Nordost und einer Breite von etwa 3 km in Richtung Nordwest-Südost. Die Salzstruktur hat eine vertikale Erstreckung (Höhe) von mehr als 4.000 m und reicht an ihrer höchsten Erhebung (Kulminationspunkt) im Nordosten bis auf etwa 340 m unter GOK. In seinem zentralen Bereich liegt das Dach (Top) des Salzstocks bei 400 m unter GOK und der Bereich im Südwesten reicht bis auf etwa 1.800 m unter GOK. Diese Werte lassen sich mit Hilfe des 3D-Modells des Geotektonischen Atlas, GTA3D (Baldschuhn, et al., 2001) ermitteln.

Die Salzstruktur Bahlburg ist zusammen mit dem ausgewiesenen Teilgebiet in nachfolgender Abbildung 12 basierend auf den Daten des GTA3D (Baldschuhn, et al., 2001) als dreidimensionaler Körper mit Blickrichtung nach Nordwesten auf die Längsachse dargestellt.

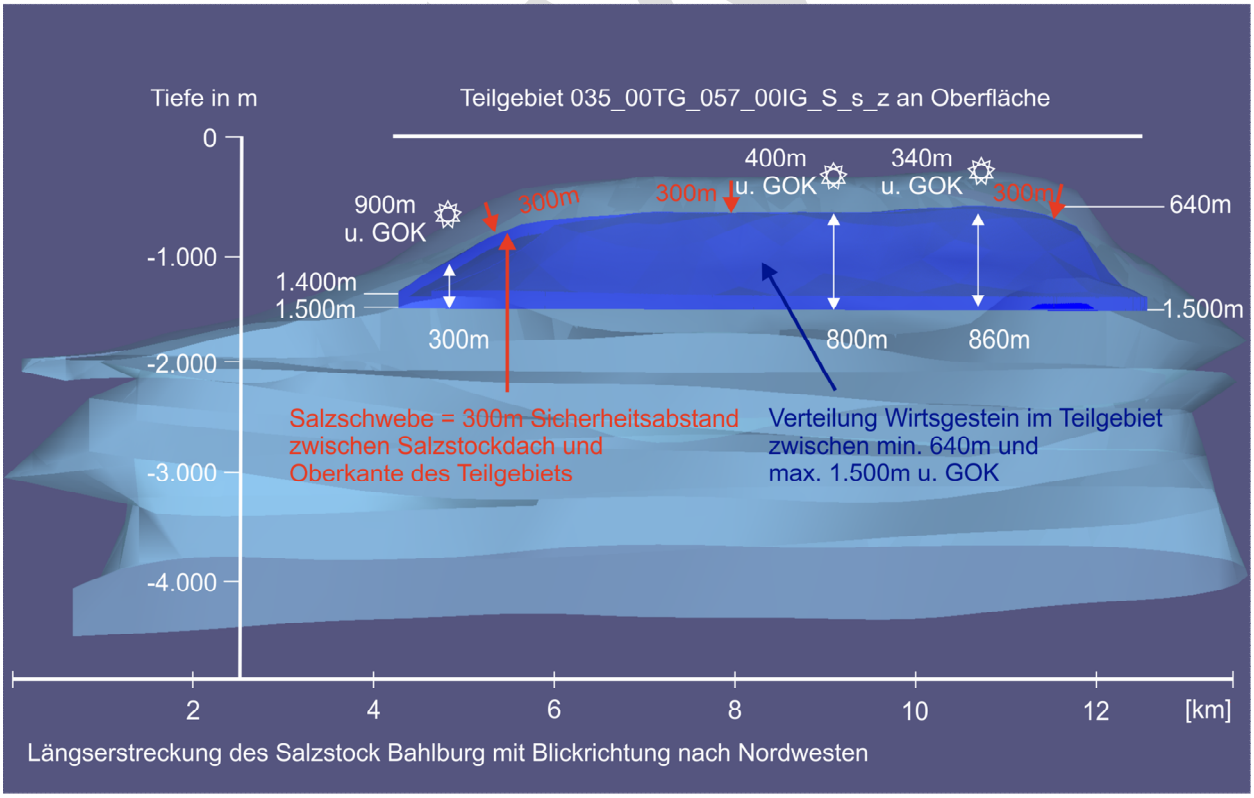


Abbildung 12: Perspektivische Darstellung des Teilgebiets 035_00TG_057_00IG_S_s_z im Salzstock Bahlburg

Das Teilgebiet befindet sich im oberen Bereich des Salzstocks. Die Oberkante des Teilgebietes befindet sich von jedem beliebigen Punkt des Salzstockdachs aus gesehen 300 m tiefer. Der Bereich zwischen dem Salzstockdach und der Oberkante des Teilgebietes entspricht der sogenannten Salzschwebe von 300 m Mächtigkeit, einer Mindestanforderung nach § 23 StandAG. Da das Salzstockdach keine ebene Fläche ist, weist auch die Oberkante des Teilgebietes wechselnde Tiefenlagen im Bezug zur Erdoberfläche auf.

Mit der Festlegung einer maximalen Tiefe eines Teilgebiets von 1.500 m unter GOK (BGE, 2020) liegt auch die Basis des Teilgebiets durchgängig in dieser Tiefe. Daraus ergibt sich auch eine wechselnde Mächtigkeit (Abstand zwischen Basis und Top) des Teilgebiets wie aus der 3D-Darstellung in Abbildung 12 ersichtlich ist. Im Südwesten ist das Teilgebiet etwa 300 m mächtig, im zentralen Bereich 800 m mächtig und im nordöstlichen Abschnitt findet sich eine Mächtigkeit von bis zu 860 m. Die Randbereiche des Teilgebiets zeigen eine Mächtigkeit von 100 m (Mindestanforderung nach § 23 StandAG).

Die folgende Abbildung 13 zeigt das Teilgebiet im Salzstock Bahlburg in einer Schrägansicht auf das 3D-Modell.

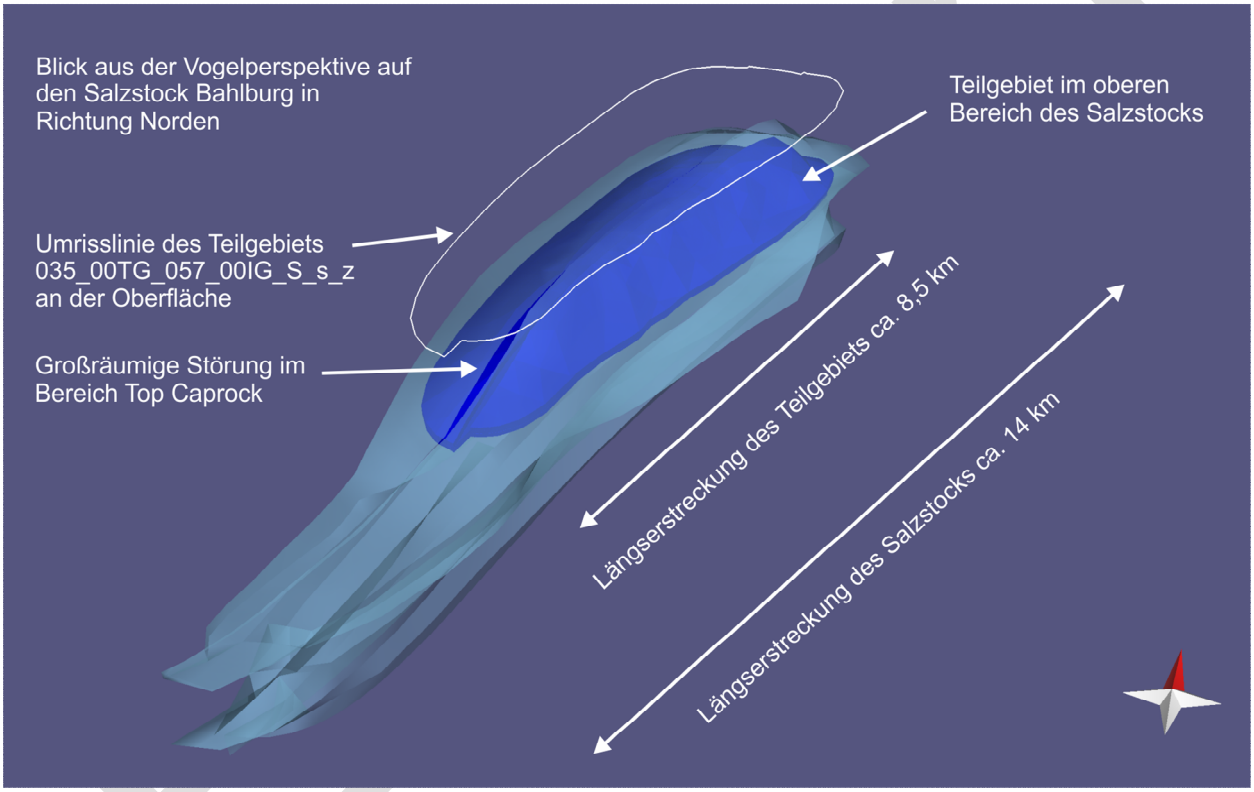


Abbildung 13: Darstellung des Teilgebiets 035_00TG_057_00IG_S_s_z im Salzstock Bahlburg aus der Vogelperspektive

Ein bestimmter Bereich innerhalb der Salzstruktur Bahlburg ist als Teilgebiet ausgewiesen, da keines der in § 22 StandAG genannten Ausschlusskriterien erfüllt ist, alle in § 23 StandAG genannten Mindestanforderungen zutreffen und nach Anwendung der in § 24 und den Anlagen 1 bis 11 im StandAG aufgeführten geowissenschaftlichen Abwägungskriterien eine günstige geologische Gesamtsituation für die sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle erwarten lassen.

Die Vorgehensweise der BGE bei der Ausweisung des Teilgebiets wird im Folgenden geprüft.

4.4.2 Ausschlusskriterien

Aktive Störungszonen – Tektonische Störungen:

Wie viele norddeutsche Salzstrukturen zeigt auch der Salzstock Bahlburg in den Schichten über der Salzstruktur, dem Deckgebirge bzw. den Deckgebirgsschichten, sogenannte Scheitelstörungen. Scheitelstörungen sind im Zuge der Aufwölbung und damit einhergehenden Dehnung des Deckgebirges während der Bildung eines Salzstocks entstanden. Nach aktuellem Wissensstand (Stück, et al., 2020) enden diese Störungen im Hutgestein (Caprock) der Salzstrukturen. Steinsalz reagiert unter Druck mit plastischer Verformung („Kriechen"). Dieses Kriechverhalten führt dazu, dass entstandene Risse und Hohlräume im Steinsalz langfristig geschlossen werden. Aufgrund der Tatsache, dass sich die Scheitelstörungen nur auf das Deckgebirge beschränken und sich nicht in das Salzgebirge fortsetzen, ist keine Beeinträchtigung der Barrierewirksamkeit des Wirtsgesteins bei Salzstöcken zu erwarten. In einigen Salzstrukturen wurde allerdings eine Fortsetzung der Störungen in den Salzstock nachgewiesen (Frisch, et al., 2004), so dass ein möglicher weiterer Verlauf der Störung nur über eine Erkundung ausgeschlossen werden kann.

Die Hauptscheitelstörung auf dem Salzstock Bahlburg weist entlang der Längsachse von Südwest nach Nordost mitunter Versatzbeträge von mehr als 140 m auf (Abbildung 13). Für den betroffenen Bereich im Deckgebirge einer Salzstruktur gilt das Ausschlusskriterium als erfüllt, wenn die Störungszone innerhalb der letzten 34 Millionen Jahre aktiv war und der höchste Punkt der Salzstruktur unterhalb von 300 m unter GOK liegt. Beides kann für den Salzstock Bahlburg ausgeschlossen werden.

Die Caprockoberfläche, um einen Betrag von 300 m (Salzschwebe) in die Tiefe versetzt, bildet derzeit die Oberfläche des Teilgebiets. Die Morphologie dieser Oberfläche kennzeichnet sich durch ein stark gegliedertes Relief, zum einen aufgrund der unterschiedlichen Löslichkeiten des zur Ablaugung zur Verfügung gestandenen Ausgangsgesteins (siehe nachfolgendes Kapitel Atektonische bzw. aseismische Vorgänge). Zum anderen charakterisieren die Scheitelstörungen das Relief aufgrund der Versatzbeträge der Scheitelstörungen mit, im Bereich des Salzstocks Bahlburg von mehr als 140 m.

Zu prüfen wäre, inwieweit die Teilgebietsgröße vertikal, durch Abzug der Bereiche mit stark gegliedertem Relief im Bereich der Scheitelstörungen zu verringern ist, um in diesen Bereichen die Einhaltung der Salzschwebe zu gewährleisten.

Atektonische bzw. aseismische Vorgänge:

Das StandAG erwähnt in § 22 Abs. 2 neben den aktiven Störungszonen auch atektonische und aseismische Vorgänge, die nicht mit Spannungen in der Erdkruste im regionalen Maßstab in Verbindung stehen. Die BGE nennt als wesentlichen atektonischen Vorgang Lösungsprozesse im Untergrund, bei denen Hohlräume entstehen, die ab einem gewissen Ausmaß einstürzen und zum Nachbruch des überlagernden Gesteins führen können. Der unterirdische Lösungsprozess von Salzgesteinen wird als Subrosion oder Auslaugung bezeichnet.

Als Hutgestein (Gipshut, Caprock) wird ein Gestein bezeichnet, dass durch Subrosion in Folge von der Einwirkung von Grundwasser auf das Salzgestein entstanden ist. Bei der Lösung der Salzgesteine wurden die leichtlöslichen Stein- und Kalisalze unter Zurücklassung der schwer- oder nichtlöslichen Bestandteile wie Anhydrit und Ton abgeführt. Der Caprock ist somit aus den Relikten dieser Lösungsprozesse zusammengesetzt. Die Grenze zwischen dem Caprock und dem darunterliegenden Salzgebirge, die das Niveau der Ablaugung markiert, wird als Salzspiegel bezeichnet (Abbildung 14).

Entwurf

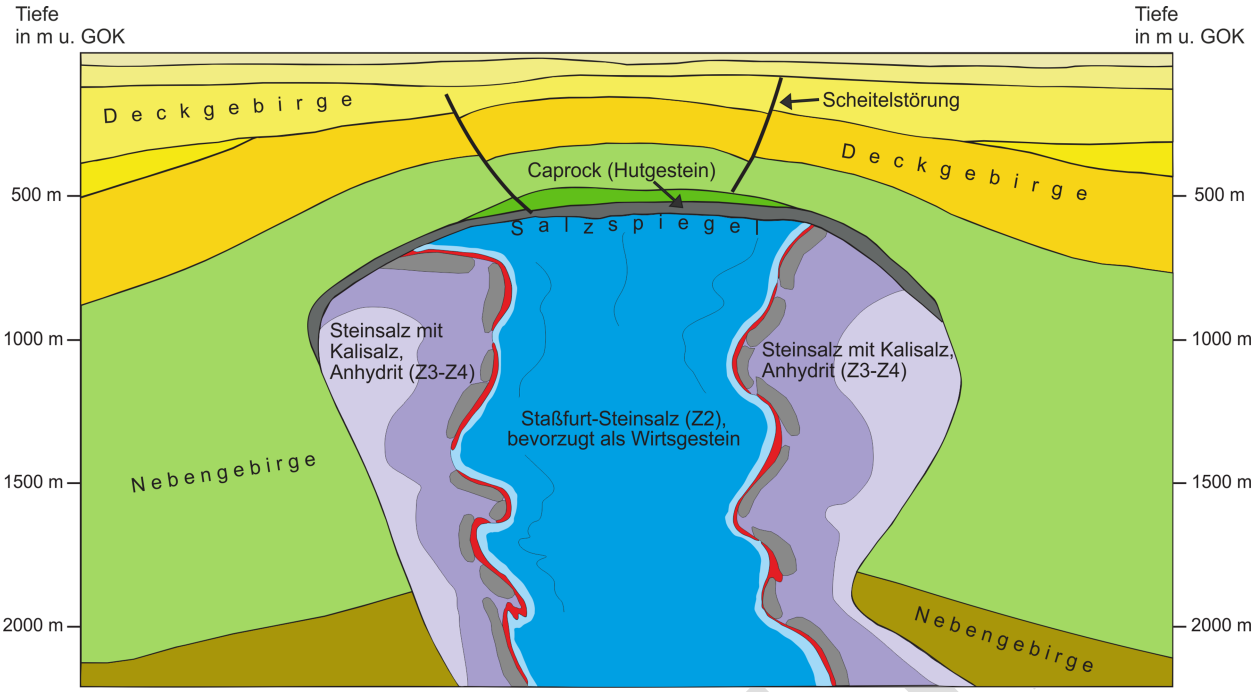


Abbildung 14: Schematischer Aufbau eines Salzstocks mit Deck- und Nebengebirge sowie Scheitelstörungen (Quelle DEEP.KBB)

In Abbildung 14 ist die Lage des Caprock und der zugehörige Salzspiegel schematisch in einem Salzstock dargestellt. Wie die BGE bemerkt, finden atektonische Vorgänge in einem Salzstock hauptsächlich im Bereich des Salzspiegels statt. Das LBEG ergänzt in seiner Stellungnahme (LBEG, 2021), dass Subrosion auch im Hutgestein stattfindet.

Der heutige Salzspiegel des Salzstocks Bahlburg markiert einen früheren Ablaugungshorizont, als sich das Salzstockdach im Vergleich zu heute in geringerer Tiefe befand in welcher Grundwässer mit Lösepotenzial (Süß- oder Brackwasser) noch vorkommen. Der Salzstock wurde im Laufe der letzten Millionen Jahre stetig durch jüngere Ablagerungen überdeckt. In der Tiefe des heutigen Salzspiegels sind eher sogenannte Tiefenwässer vorkommend, die stark salzhaltig sind und deren Fähigkeit, Salze zu lösen, äußerst gering ist. Eine nennenswerte Subrosion im Bereich des heutigen Salzspiegels des Salzstock Bahlburg ist damit eher unwahrscheinlich. Bisher wird seitens der BGE die Oberfläche des Caprock als Referenzfläche für alle weiterführenden Betrachtungen verwendet. Allerdings trennt der Salzspiegel, d.h. die Basis des Caprocks, den Salzkörper vom abgelaugten Teil der Salzstruktur und stellt somit die eigentliche Referenzfläche für weiterführende Berechnungen der technischen Parameter in die Tiefe dar. Aus den wenigen Tiefbohrungen, die in den Salzstock Bahlburg abgeteuft wurden (Tabelle 14), ist aus der Bohrung Roydorf 2 bekannt, dass der Caprock 25 m mächtig ist. Mit nur einer Bohrung im Bereich des Salzstocks Bahlburg die Angaben zur Mächtigkeit des Caprocks enthält, ist die Kenntnis über den Caprock, insbesondere bezogen auf dessen Auslaugungsumfang, Mächtigkeiten und Tiefenlagen sehr gering. Zur Erweiterung der Kenntnisse sind weitere Untersuchungen und Nachweise durch Bohrungen notwendig.

Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit:

Im Rahmen der Datenabfrage zum genannten Ausschlusskriterium hat die BGE bei den zuständigen Bundes- und Landesbehörden Bohrdaten angefragt. Folgende Tabelle 14 zeigt alle Tiefbohrungen, mit einer Endteufe größer 275 m, die im Bereich über dem Salzstock Bahlburg abgeteuft wurden. Mit dem Ident des ausgeschlossenen Gebiets können die Bohrungen über die interaktive Karte der BGE zugeordnet und bei Bedarf weitere Informationen herangezogen werden. Die Tabelle 14 enthält Informationen zur erreichten Endteufe, Endhorizont und sofern vorhanden Informationen zur Lage des Caprocks bzw. des Salzspiegels.

Insgesamt existieren 11 Bohrungen mit Endteufen zwischen 400 und 1.120 m unter GOK im Bereich des Salzstocks Bahlburg, sieben davon liegen im Teilgebiet selbst. Die Bohrungen wurden über einen Zeitraum von etwa 80 Jahren, beginnend mit der ältesten Bohrung (Bahlburg 1) im Jahr 1906 bis ins Jahr 1984 (Garlstorf Z1). Die Datenlage zu den Bohrungen, die über bzw. bis in den Salzstock Bahlburg abgeteuft wurden ist sehr unterschiedlich, sowohl die Stammdaten als auch die Bohrdokumentation (z.B. Schichtenverzeichnisse, Zementation, Verfüllung) betreffend. Die Dokumentation zu den Bohrungen reicht lt. Gutachten (Weber, 2021) von handschriftlichen Bohrprotokollen, teilweise mit Teufen-Angaben zu erbohrtem Material, bis zu modernen geophysikalischen Bohrloch-Logs. Die BGE hat für den Bereich Bahlburg neun Bohrungen ermittelt, die als ausgeschlossenes Gebiet identifiziert wurden.

Die Gegenüberstellung der Bohrungsdaten aus den Quellen der BGE und des NIBIS-Kartenserver bzw. der Bohrpunktekarte Deutschland ergab, dass sechs der ausgeschlossenen Gebiete, als Bohrungen im entsprechenden Teufenbereich identifiziert werden und sich im Teilgebiet befinden. Eine Bohrung (Bahlburg 1) wurde seitens der BGE nicht als ausgeschlossenes Gebiet identifiziert, obwohl die vorliegenden Kriterien (Bohrung liegt im Teufenbereich des ausgewiesenen Teilgebietes) erfüllt sind. Drei Bohrungen wurden von der BGE als ausgeschlossene Gebiete (0033773AG, 0035466AG und 0035465AG) identifiziert, welche aber mit Hilfe der Kartenserver als nicht-relevante Bohrungen eingeordnet werden können, da es sich bei den ausgeschlossenen Gebieten um Doppeleintragungen handelt.

Name der Bohrung	Ident des ausgeschlossenen Gebietes	Endteufe [m u. GOK]	Endhorizont	Teufe Caprock [m u. GOK]	Teufe Salzspiegel [m u. GOK]
Bahlburg 1	Im TG, nicht ausgewiesen	1.092,9	Zechstein	k.A.	k.A.
Bahlburg 2	0023135AG	555,0	Paläozän	-	-
Bahlburg 3	0023136AG	500,27	Oberkreide o. Zechstein	?	?
Bahlburg BAH-1	0035462AG	708,2	Zechstein	684,0	k.A.
Garlstorf Z1	Nicht im TG	5.713	Unterrotliegend	1.769,0	k.A.
Luhdorf 1	0023134AG	1.122,48	Zechstein	319,0	k.A.
Luhdorf 2	0033774AG	409	Eozän	-	-
Luhdorf 3	Nicht im TG	757,6	Eozän	-	-
Pattensen (Bahlbg.) K1	Nicht im TG	605,65	Keuper	-	-
Roydorf 1	Nicht im TG	900,26	Maastricht	-	-
Roydorf 2	0035464AG	501,4	Zechstein	460,0	485,0
	0033773AG	Dopplung mit Bahlburg 2			
	0035466AG	Dopplung mit Luhdorf 1			
	0035465AG	Dopplung mit Bahlburg 3			

Tabelle 14: Tiefbohrungen (Endteufe > 275m) auf dem Salzstock Bahlburg (LBEG, 2022a)

Entwurf

Keine der genannten Bohrungen wurde als, für die Anwendung der Mindestanforderung, entscheidungserheblich gekennzeichnet. Im Bereich des Teilgebiets und der näheren Umgebung befindet sich weder ein Tagebau noch ein Bergwerk, die Einflüsse auf einen potentiellen Endlagerbereich haben können.

4.4.3 Mindestanforderungen

Die Mindestanforderungen für das Kriterium zur Gebirgsdurchlässigkeit sind im Wirtsgestein Steinsalz für alle Teilgebiete einheitlich, da Referenzdaten bzw. allgemeingültige Annahmen zu Grunde gelegt werden. In diesem Kapitel werden die Kriterien detailliert betrachtet und bewertet. Um Wiederholungen zu vermeiden, wird für die nachfolgenden Teilgebiete, wenn gleiche Annahmen zu Grunde gelegt sind, auf dieses Kapitel verwiesen.

Gebirgsdurchlässigkeit

Nach § 23 Abs. 5 Nr. 1 StandAG muss die Gebirgsdurchlässigkeit weniger als 10^{-10} m/s betragen. Wie im Zwischenbericht Teilgebiete bzw. im Bericht zu den Methoden und Ergebnissen der Anwendung der Mindestanforderung (BGE, 2020), (BGE, 2020c) nachzulesen ist, nimmt die BGE an, dass aufgrund der bekannten Eigenschaften von Steinsalz eine ausreichend geringe Gebirgsdurchlässigkeit vorliegt und das *„Steinsalz praktisch undurchlässig ist*“. Das LBEG hält diese Annahme und Feststellung laut seiner Stellungnahme (LBEG, 2021) für plausibel, vermisst jedoch die Quellenangaben seitens der BGE, auf die sich diese Annahme bezieht.

In der Tat gibt es seitens der Endlagerforschung Untersuchungsergebnisse zum Thema Gebirgsdurchlässigkeit für Steinsalz z.B. anhand von Erkundungen untertage in Bergwerken. Die Forschung auf diesem Gebiet wird vor allem von der BGR und dem GRS (Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit) begleitet und durchgeführt. Die Gebirgsdurchlässigkeit kann definitionsgemäß nur in situ, also nur durch im natürlichen Gesteinsverband durchgeführte Feldversuche, bestimmt werden. Die Bestimmung kann auch in Bohrungen erfolgen. Es liegen keine Informationen über etwaige Gebirgsdurchlässigkeitsbestimmungen in den abgeteuften Bohrungen der Salzstruktur vor. Weiterhin ist auch nicht bekannt, ob die BGE, im Fall der Verfügbarkeit, diese bereits berücksichtigt hat.

Die Fragestellung bezüglich der Gebirgsdurchlässigkeit wird auch beim Kriterium zur Bewertung der Neigung zur Bildung von Fluidwegsamkeiten (geowissenschaftliches Abwägungskriterium) in Kapitel 4.14 nochmals aufgegriffen.

Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Nach § 2 Abs. 1 Nr. 9 StandAG ist der einschlusswirksame Gebirgsbereich der Teil eines Gebirges, der bei Endlagersystemen die wesentlich auf geologischen Barrieren beruhen, im Zusammenwirken mit den technischen und geotechnischen Verschlüssen den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle in einem Endlager gewährleistet. Dieser Gebirgsbereich muss nach § 23 Abs. 5 Nr. 2 StandAG mindestens 100 m mächtig sein.

Aufgrund der großen Mächtigkeiten des Staßfurt-Steinsalzes kommt dieses fast ausschließlich als Wirtsgestein in den aus Zechstein aufgebauten Salzstrukturen in Betracht. Das LBEG bemerkt hierzu in seiner Stellungnahme (LBEG, 2021) zur Anwendung dieser Methodik in Salzstrukturen im Allgemeinen: *„Dieses Vorgehen lässt den Internbau der Salzstrukturen bewusst außen vor […]. Da aufgrund teilweise sehr komplexer Internbaue nur Teilbereiche von Salzstrukturen aus größeren zusammenhängenden Steinsalzbereichen bestehen, wird das Volumen von potentiellem Wirtsgestein in einer Salzstruktur zum jetzigen Verfahrensstand daher voraussichtlich deutlich überschätzt.“*

Anhand des über hundertjährigen Salzbergbau in Deutschland sowie aus dem seit den 1960er Jahren bestehenden Kavernenbetrieb sind umfangreiche Kenntnisse über den internen Aufbau insbesondere von

Entwurf

Salzstöcken gesammelt worden. Dabei zeigt sich, dass Bereiche, die nahezu vollständig aus Steinsalz aufgebaut sind, mit für die Endlagerung nicht geeigneten Schichten aus Kalisalz und Anhydrit wechsellagern, und das sowohl übereinander als auch nebeneinander in einem Salzstock. Der schematische Aufbau eines Salzstocks (Seite 49, Abbildung 14) lässt erkennen, wie die ursprünglich übereinander abgelagerten Schichten des Zechsteinsalinars im Zuge der Salzstockentstehung aufwärts wanderten und dabei teilweise kompliziert verfaltet wurden. In den meisten Salzstöcken konzentriert sich im zentralen Bereich das Staßfurt-Steinsalz (Zechstein 2). Die das Staßfurt-Steinsalz ursprünglich überlagernden jüngeren Schichten des Zechstein 3 und 4 (neben Steinsalz vor allem Kalisalz und Anhydrit führend) wurden zu den Seiten gedrückt und bilden heute die Ränder eines Salzstocks. Die anfangs flach abgelagerten Salinargesteine sind im Salzstock heute steil gestellt, weshalb auch von steiler Lagerung gesprochen wird.

Der Internbau jedes Salzstocks ist individuell. Die Breiten des zentralen Bereichs und der Ränder variieren und manchmal können die Randbereiche und somit auch Kalisalz und Anhydrit führende Schichten weit in das Zentrum eines Salzstocks vordringen. Das verkleinert den für den Bau eines Endlagers zur Verfügung stehenden Wirtgesteinsbereich. Von außen betrachtet, können nur Annahmen getroffen werden, wie sich die verschiedenen Salinareinheiten in einem Salzstock verteilen. Hierbei können zum Beispiel durch die äußere Form des Salzstocks (rund, oval oder langgestreckt), das Vorkommen einer oder mehrerer Kulminationspunkte (Hauptaufstiegsbereiche) oder das Vorhandensein von (ausgeprägten) Überhängen erste Annahmen zur möglichen Verteilung getroffen werden.

Im Projekt InSpEE (Informationssystem Salzstrukturen: Planungsgrundlagen, Auswahlkriterien und Potentialabschätzung für die Errichtung von Salzkavernen zur Speicherung von Erneuerbaren Energien (Pollok, et al., 2016)) wurde unter anderem das Ziel verfolgt, den Anteil des Staßfurt-Steinsalzes (z2) in den Salzstrukturen Norddeutschlands abzuschätzen. Aus der Untersuchung von Salzstrukturen mit bekanntem Internaufbau wurden verschiedene Internbautypen abgeleitet. Für jeden Internbautyp werden Staßfurt-Steinsalz-Anteile zwischen 33 % und 67 % – im Fall des Salzstocks Bahlburg mit 67 % – abgeschätzt.

Die genaue Verteilung der verschiedenen Salinargesteine (Steinsalz, Kalisalz, Anhydrit etc.) kann auch nach dem InSpEE-Projekt nicht beantwortet werden. Für die Methodik der Potenzialbestimmung von Salzstrukturen wurde jedoch der Ansatz entwickelt, den nutzbaren Anteil (Staßfurt-Steinsalz) jeweils in den zentralen Bereich der Salzstrukturen zu legen (Donadei, et al., 2016). Dies entspricht im Allgemeinen den Erfahrungen insbesondere bei Diapiren.

Die äußere Form des Salzstocks Bahlburg lässt allerdings keine eindeutige Einschätzung zur möglichen Verteilung der für den Bau eines Endlagers zur Verfügung stehenden tatsächlichen Wirtgesteinsbereichs zu. Der Salzstock Bahlburg ist geprägt von beidseitigen deutlichen Überhängen. Diese Bereiche setzen sich mit hoher Wahrscheinlichkeit hauptsächlich aus Salinareinheiten des Zechstein 3 und Zechstein 4 zusammen. Der zentrale Bereich des Salzstocks lässt erwarten vorwiegend Einheiten des Zechstein 2 anzutreffen. Ein Nachweis hierfür gibt es nicht. Die einzige, im zentralen Bereich abgeteufte Bohrung Bahlburg 1 wurde nicht von der BGE aufgenommen, ein Schichtenverzeichnis mit möglichen weiterführenden Informationen steht nicht zur Verfügung (LBEG, 2022b). Die Schichtenverzeichnisse der Bohrungen im Teilgebiet, welche das Zechstein erreicht haben, enthalten keine detaillierten Informationen zu den angetroffenen Salinareinheiten.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die in der Abbildung 11 dargestellte Fläche des Teilgebiets 035_00TG_057_00IG_S_s_z in ihrer Ausdehnung und Mächtigkeit wahrscheinlich überschätzt wird. In Abbildung 11 wird außerdem deutlich, dass sich das Teilgebiet an seiner westlichen und teils auch östlichen Begrenzung sehr nahe am Salzstockrand befindet. Nach der oben aufgeführten Erläuterung zum Internbau von Salzstrukturen kann davon ausgegangen werden, dass dort keine geeigneten Steinsalzvorkommen in notwendiger Mächtigkeit und Fläche vorkommen.

Entwurf

Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Nach § 23 Abs. 5 Nr. 2 StandAG muss die Oberfläche eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mindestens 300 m unter der Geländeoberfläche liegen. Weiterhin heißt es: *„soll ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich im Gesteinstyp Steinsalz in steiler Lagerung ausgewiesen werden, so muss die Salzschwebe über dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich mindestens 300 Meter mächtig sein;“.*

Der Salzstock Bahlburg befindet sich mindestens 340 m unter der Geländeoberkante. Damit ist die erste Bedingung erfüllt.

Für die Ausweisung des Teilgebiets 035_00TG_057_00IG_S_s_z wurde eine Salzschwebe von 300 m zwischen Salzstockdach und Oberkante des Teilgebiets berücksichtigt (Abbildung 12). Die BGE hat allerdings das Vorhandensein eines Hutgesteins (Caprock) und dessen Mächtigkeit bei dieser Methodik mit folgender Begründung außer Acht gelassen: *„Da die Mächtigkeit des Hutgesteins stark variiert […] und keine Einzelfallbetrachtung erfolgte, wird das Hutgestein zum jetzigen Zeitpunkt nicht einzeln ausgehalten. Daher erstreckt sich die Salzschwebe in dieser Phase zwischen Oberfläche des Salzdiapirs (inklusive Hutgestein sofern vorhanden) und dem potentiellen ewG.“* Da das StandAG keinen Hinweis auf die Berücksichtigung des Hutgesteins liefert, ist die Herangehensweise der BGE nachvollziehbar. Wie in Kapitel 4.4.2 bereits erläutert stellt die Unterkante des Hutgesteins die eigentliche Referenzfläche für weiterführende Berechnungen der technischen Parameter in die Tiefe dar. Im weiteren Verfahren und der Einzelfallbetrachtung ist es notwendig, den Caprock, dessen Auslaugungsumfang, Mächtigkeiten und Tiefenlagen detailliert zu betrachten.

Wie in Kapitel 4.4.2 erwähnt wurde, ist der Caprock des Salzstocks Bahlburg nach vorhandenen Bohrdaten 25 mächtig. Würde man dies berücksichtigen, so müsste die ausgewiesene Oberfläche des Teilgebiets um mindestens 25 m tiefer gesetzt werden. Zum augenblicklichen Stand der Endlagersuche, mit der Herangehensweise der BGE und unter Berücksichtigung der Ungenauigkeiten die in 3D-Modellen auftreten können (zu Grunde gelegte Daten) kann die Anforderung bezüglich der Salzschwebe als erfüllt angesehen werden.

Bisher wurde lediglich die Salzschwebe zur Abgrenzung des ewG zum umgebenden Gestein, als Sicherheitsbereich angewendet. Mit Hilfe der 3D-Darstellung wird ersichtlich, dass Randbereiche des Teilgebiets an den Salzstockflanken und im Überhangsbereich liegen und unmittelbar an das Nebengebirge grenzen Wie die BGE anmerkt (BGE, 2020l, Teil 2) werden erst im weiteren Verfahren, Sicherheitsabstände zu den Randbereichen (Salzstockflanke) eingehalten.

Somit kann auch für das Kriterium Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs festgestellt werden, dass die in der Abbildung 11 dargestellte Fläche des Teilgebiets 035_00TG_057_00IG_S_s_z in ihrer Ausdehnung wahrscheinlich überschätzt wird und unter Berücksichtigung festgelegter Sicherheitsabstände kleiner ausfallen würde.

Fläche des Endlagers

Im § 23 Abs. 5 Nr. 4 StandAG steht hierzu: *„ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich muss über eine Ausdehnung in der Fläce verfügen, die eine Realisierung des Endlagers ermöglicht […]“.*

Das StandAG benennt keine konkrete Größe für die Fläche eines Endlagers. Die von der BGE festgelegte Flächengröße von 3 km² für ein Endlager im Wirtsgestein Steinsalz ist angelehnt an die Begründung zum Gesetzentwurf (BT-Drs., 18/11398).

Die ausgewiesene Fläche von 19 km² für das Teilgebiet 035_00TG_057_00IG_S_s_z erfüllt die Bedingung von mindestens 3 km² für die Realisierung eines Endlagers. Die Anforderung kann unter Berücksichtigung der zu Grunde gelegten Daten als erfüllt angesehen werden. Wie in den vorangegangenen Absätzen bereits erläutert, wurde die ausgewiesene Fläche des Teilgebiets in ihrer Ausdehnung sehr wahrscheinlich überschätzt. Vor allem da der teils komplexe Internbau einer Salzstruktur mit den entsprechenden

Entwurf

Auswirkungen auf die Verteilung des Wirtsgesteins und damit auch auf die Größe des Teilgebiets in den bisherigen Betrachtungen der BGE nicht berücksichtigt wurde.

Erhalt der Barrierewirkung

Zum Erhalt der Barrierewirkung heißt es in § 23 Abs. 5 Nr. 5 StandAG: *„es dürfen keine Erkenntnisse oder Daten vorliegen, welche die Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs, insbesondere die Einhaltung der geowissenschaftlichen Mindestanforderungen zu Gebirgsdurchlässigkeit, Mächtigkeit und Ausdehnung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs über einen Zeitraum von einer Million Jahren zweifeln lassen."* Der Erhalt der Barrierewirkung beschreibt demnach den ewG als geologische Barriere mit einem dauerhaften Schutz und absolutem Schadstoffrückhaltepotenzial. So fern Informationen vorliegen, welche den dauerhaften Erhalt der Barriere nicht ermöglichen, wird ein Gebiet entsprechend ausgeschlossen.

Die bisher angewandte Methodik zur Ausweisung des Teilgebiets lässt den Erhalt der Barrierewirkung nicht anzweifeln, so dass die Mindestanforderung zunächst als erfüllt angesehen werden kann. Die Methodik berücksichtigt zum jetzigen Zeitpunkt allerdings nicht, wie in der Mindestanforderung zur „Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs" erläutert wird, die Definition von Sicherheitsabständen zum Salzstockrandbereich, ohne die der Erhalt der Barrierewirkung nicht gewährleistet werden kann.

4.4.4 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien

Die Prüfung der Vorgehensweise der BGE bei der Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien ist unter Berücksichtigung der Stellungsnahmen des LBEG und der Anmerkungen der BGR erfolgt. Das Resultat der Bewertung für das Teilgebiet 035_00TG_057_00IG_S_s_z ist in Tabelle 15 zusammengefasst. Die Tabelle basiert auf der Darstellung der Bewertungsergebnisse im Zwischenbericht Teilgebiete (Kompaktsteckbrief).

Die BGE hat im Teilgebiet Bahlburg eine individuelle Bewertung für die Kriterien 2 (Konfiguration der Gesteinskörper), 3 (räumliche Charakterisierbarkeit) und 11 (Deckgebirge) anhand der vorliegenden gebietsspezifischen Daten (BGE, 2020ak) und/ oder Fachliteratur (BGE, 2020ai) vorgenommen.

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
Kriterium 2 	Die Konfiguration der Gesteinskörper ist gerechtfertigt und nachvollziehbar als günstig eingestuft, dabei wurden vier Indikatoren verwendet. Die *Barrierenmächtigkeit* liegt mit maximal 860 m deutlich über der Mindestmächtigkeit von 100 m. Eine Mächtigkeit größer 300 m wird innerhalb des Teilgebiets für eine Fläche von 13 km² (aus einer Gesamtfläche von 19 km²) berechnet und liegt damit über dem Flächenbedarf von 3 km². Der *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch den ewG* stellt sicher, dass der Einlagerungsbereich in jedem Fall von einem ewG umschlossen wird. Hier wird zum jetzigen Zeitpunkt die Annahme getroffen, dass das Wirtgestein und ewG Teil ein und desselben Gesteinskörpers sind und somit generell als günstig bewertet. Die Einordnung der *Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen ewG* erfolgt günstig, da das Teilgebiet eine Mindestmächtigkeit von 100 m in einer Teufe größer 500 m (hier 640 m u. GOK) aufweist. Allerdings kann zum jetzigen Zeitpunkt die genaue Lage des ewG nicht konkret räumlich ausgewiesen werden, und erfolgt deshalb für den Teufenbereich des identifizierten Gebiets.

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
	Die ausgewiesene Fläche des Teilgebiets beträgt 18,7 km², ist damit größer gleich 9 km² (>>2-fache flächenhafte Ausdehnung), so dass der Indikator zur *Flächenhaften Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit* als günstig bewertet wird.
Kriterium 3 	Der „günstigen“ Bewertung zur räumlichen Charakterisierbarkeit wird im Wesentlichen zugestimmt, allerdings kann kein konkreter Bezug der verwendeten Fachliteratur auf die Salzstruktur Bahlburg hergestellt werden. Zudem wurde für mehrere Indikatoren Literatur verwendet, in welcher Eigenschaften für flach und nicht steil lagernde Salzvorkommen untersucht wurden (z.B. Reinhold, et al., 2014). Das Thema Salzaufstieg und damit einhergehende Homogenisierung der Gesteinsschichten wird in der genannten Quelle nur angeschnitten, nicht zitiert und ist als Grundlage für die Bewertung der Indikatoren zu hinterfragen. Es ist davon auszugehen, dass eine weiterführende Literaturrecherche fundiertere Erkenntnisse liefern kann. Die *Gesteinsausbildung* wird für Zechsteinsalinare, so wie es der Salzstock Bahlburg ist, generell als günstig bewertet. Es wird angenommen, dass insbesondere die Staßfurt-Formation durch ihren homogenen Aufbau, als regional einheitliche Fazies anzutreffen ist und fast ausschließlich aus Halit besteht, für detaillierte Beschreibungen bedarf es allerdings standortspezifischer Untersuchungen. Die vorliegende Dokumentation der Bohrungen im Salzstock Bahlburg lässt aufgrund fehlender detaillierter Schichtenverzeichnisse, eine Differenzierung der Salinareinheiten nicht zu. Die Gesteinsausbildung ist lediglich durch die Einordnung des Salzstocks Bahlburg in den Internbautyp 2 (Fleig, et al., 2019) als günstig eingestuft. Der Indikator zum *Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit* wird basierend auf den Erkenntnissen aus der Fachliteratur pauschal als bedingt günstig eingestuft. Die Bewertung hatte allerdings keinen Einfluss auf die Gesamtbewertung des Kriteriums 3, um eine mögliche Differenzierung anderer Gebiete, in denen weitere Indikatoren als bedingt günstig eingestuft werden, zu gewährleisten. Der Indikator *Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich* wird nur zum Teil nachvollziehbar als günstig eingestuft. Die Eigenschaften, welche ein Gestein beschreiben, sind von der Lithologie und der Mineralogie des Gesteins abhängig. Die Variationsbreite der Eigenschaften im Steinsalz der Staßfurt-Formation ist nachvollziehbar gering, allerdings treten weitere Gesteine, wie Kalisalze und Anhydrit in der Staßfurt-Formation auf, deren Eigenschaften sich deutlich vom Steinsalz unterscheiden. Die Staßfurt-Formation betreffend, ist daher von einer lithologischen Variation auszugehen und damit auch einer höheren Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen, wenn auch Steinsalz der Hauptgesteinstyp in dieser Formation ist. Der Indikator zur *räumlichen Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften,* ist nur bedingt nachvollziehbar als günstig eingestuft. Von der BGE werden alle Zechsteinsalinare mit dem Internbautyp 2 (Fleig, et al., 2019) als günstig bewertet. Basierend auf der Annahme, dass die Staßfurt-Formation homogen und nahezu monomineralisch aufgebaut ist, wird davon

Entwurf

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
	ausgegangen, dass die räumliche Verteilung der Gesteinstypen und ihrer Eigenschaften als gleichmäßig einzustufen ist. Keine Beachtung finden hier die tektonisch bedingte Verteilung der Salinargesteine aufgrund des Salzaufstiegs wie z.B. eine mögliche Ausdünnung und Zerblockung der Gesteinseinheiten und Zunahmen der Schichtmächtigkeiten (außer die für Steinsalz). Wie bereits angemerkt, treten in der Staßfurt-Formation selbst weitere Lithologien auf, im gesamten ausgewiesenen Teilgebiet ist davon auszugehen, dass auch die Salinareinheiten des Zechstein 1 (Werra-Fm.), Zechstein 3 (Leine-Fm.) und des Zechstein 4 (Aller-Fm.) vorhanden sind. Es ist davon auszugehen, dass das Teilgebiet, in der Fläche und Ausdehnung wie es zum jetzigen Zeitpunkt ausgewiesen wurde, weitere Lithologien als nur „Steinsalz“ enthält. Hier wird empfohlen, eine konkrete Definition vom Wirtsgestein Steinsalz nachzuliefern, welche grundlegenden Eigenschaften, wie z.B. Informationen zum Mindestanteil an Halit und Mindestentfernungen zu möglichen Kaliflözen beinhaltet. Im Zwischenbericht Teilgebiete existiert eine solche Definition bislang nicht, weshalb die Benennung des Wirtsgesteins Steinsalz zum jetzigen Zeitpunkt vielmehr Wirtsgestein Salinargestein lauten müsste.
Kriterium 11 	Das Kriterium zur Bewertung des Schutzes des ewG durch das Deckgebirge wird mit gebietsspezifischen Daten für das Teilgebiet nachvollziehbar bedingt günstig eingestuft. Die Daten des geologischen 3D-Modells (Baldschuhn, et al., 2001) belegen die Existenz von Störungen *(Ausprägung struktureller Komplikationen)* über dem Salzstock Bahlburg. Die BGE nimmt zum jetzigen Zeitpunkt an, dass die Störungen keine hydraulische Wirksamkeit auf den ewG haben und die Bewertung erfolgt entsprechend als bedingt günstig. Der Salzstock Bahlburg befindet sich, wie die Indikatoren voraussetzen in einer Tiefe größer 100 m unter GOK und wird vollständig von Gesteinen des Tertiärs oder älteren überdeckt *(Überdeckung)*. Bislang werden nur Ablagerungen des Quartärs als *nicht grundwasserhemmend bzw. erosionshemmend* angesehen. Hier ist nachzuweisen, dass keine Ablagerungen oder Schichten existieren, die potentielle Fließwege darstellen, wie es z.B Störungen, wenn sie nicht abdichtend wirken, sein können. Die Ausprägung des Deckgebirges ist standortspezifisch zu untersuchen und dazu gehört, die Bohrungen über dem Salzstock Bahlburg und weitere Erkundungsdaten wie Seismik zu integrieren.
Die Bewertung der Kriterien 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9 und 10 erfolgt in 4.14	
günstig **bedingt günstig** **weniger günstig** **nicht günstig** **nicht anwendbar**	

Tabelle 15: Prüfung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Teilgebiet Bahlburg (035_00TG_057_00IG_S_s_z).

Entwurf

4.5 Struktur Stemmen/ Otter-Todtshorn - 034_00TG_054_00IG_S_s_z

4.5.1 Darstellung

Das Teilgebiet befindet sich in einer Tiefe von 690 m bis 1.500 m unter GOK. Es erstreckt sich auf einer Fläche von 52 km² zwischen den Ortschaften Groß Todtshorn im Westen, über die Gemeinden Otter und Königsmoor bis zu den Gemeinden Stemmen und Lauenbrück (Landkreis Rotenburg) im Westen (Abbildung 15). Tabelle 16 enthält die wesentlichen Kenndaten des Teilgebiets.

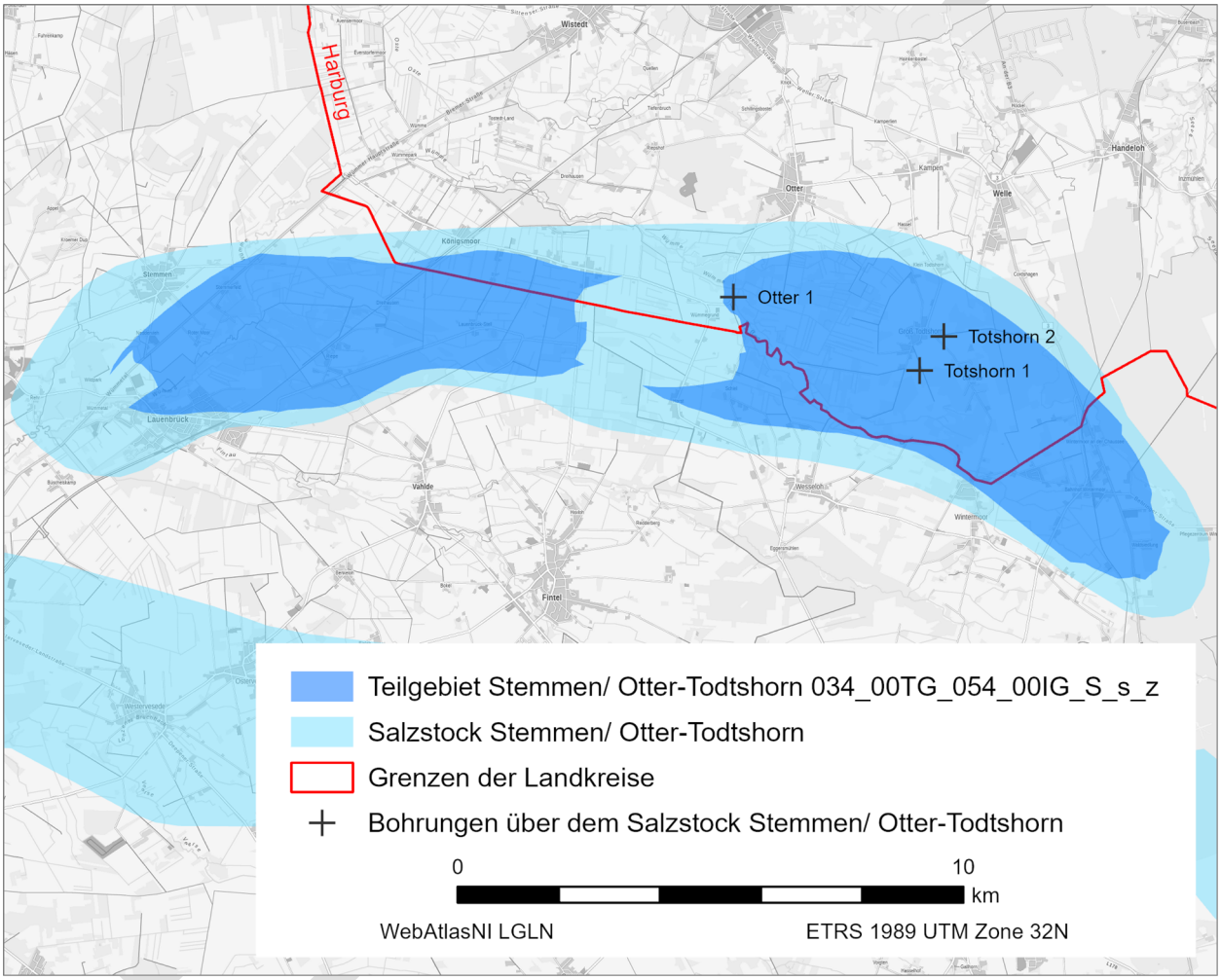


Abbildung 15: Übersichtskarte des Teilgebiets 034_00TG_054_00IG_S_s_z (BGE, 2020a)

Charakteristika des Teilgebiets 034_00TG_054_00IG_S_s_z	
IG-Kennung	054_00IG_S_s_z
Wirtsgesteinstyp und Konfiguration	Steinsalz in steiler Lagerung
Geographische Verortung	Das Teilgebiet liegt im Bundesland Niedersachsen, östlich des Bundeslandes Bremen.
Gesamtfläche	52 km²
Geologische Charakteristika	Das Teilgebiet befindet sich im Zechstein der Salzstruktur Stemmen / Otter-Todtshorn und weist eine Mächtigkeit von 810 m auf, in einer Teufenlage von 690 m bis 1.500 m unterhalb GOK.

Tabelle 16: Charakteristika des Teilgebiets 034_00TG_054_00IG_S_s_z

Das Teilgebiet ist Teil der langgestreckten Salzstruktur Stemmen-Otter-Todtshorn, welche aus überwiegend steilstehenden Schichten des Zechsteinsalinars (Oberes Perm) aufgebaut wird. Der Salzstock hat eine Längserstreckung von 25 km in Richtung West-Ost und eine Breite von etwa 4 km in Richtung Nord-Süd.

Die Salzstruktur hat eine vertikale Erstreckung (Höhe) von mehr als 4.000 m und besitzt zwei Kulminationspunkte (höchste Erhebungen), bedingt dadurch, dass Salinareinheiten an zwei Bereichen bevorzugt aufgestiegen sind. Im Bereich Stemmen reicht die Salzstruktur bis auf etwa 350 m unter GOK. In seinem zentralen Bereich liegt das Dach (Top) des Salzstocks bei 1.200 m unter GOK und der Bereich im Osten (Otter-Todtshorn) reicht bis auf etwa 500 m unter GOK. Diese Werte lassen sich mit Hilfe des 3D-Modells des Geotektonischen Atlas, 3DGTA (Baldschuhn, et al., 2001) ermitteln, eines auch von der BGE zur Ermittlung der Teilgebiete eingesetztes geologisches Untergrundmodell.

Die Salzstruktur Stemmen/ Otter-Todtshorn ist zusammen mit dem ausgewiesenen Teilgebiet in nachfolgender Abbildung 16 basierend auf den Daten des GTA3D (Baldschuhn, et al., 2001) als dreidimensionaler Körper mit Blickrichtung nach Süden auf die Längsachse dargestellt.

Entwurf

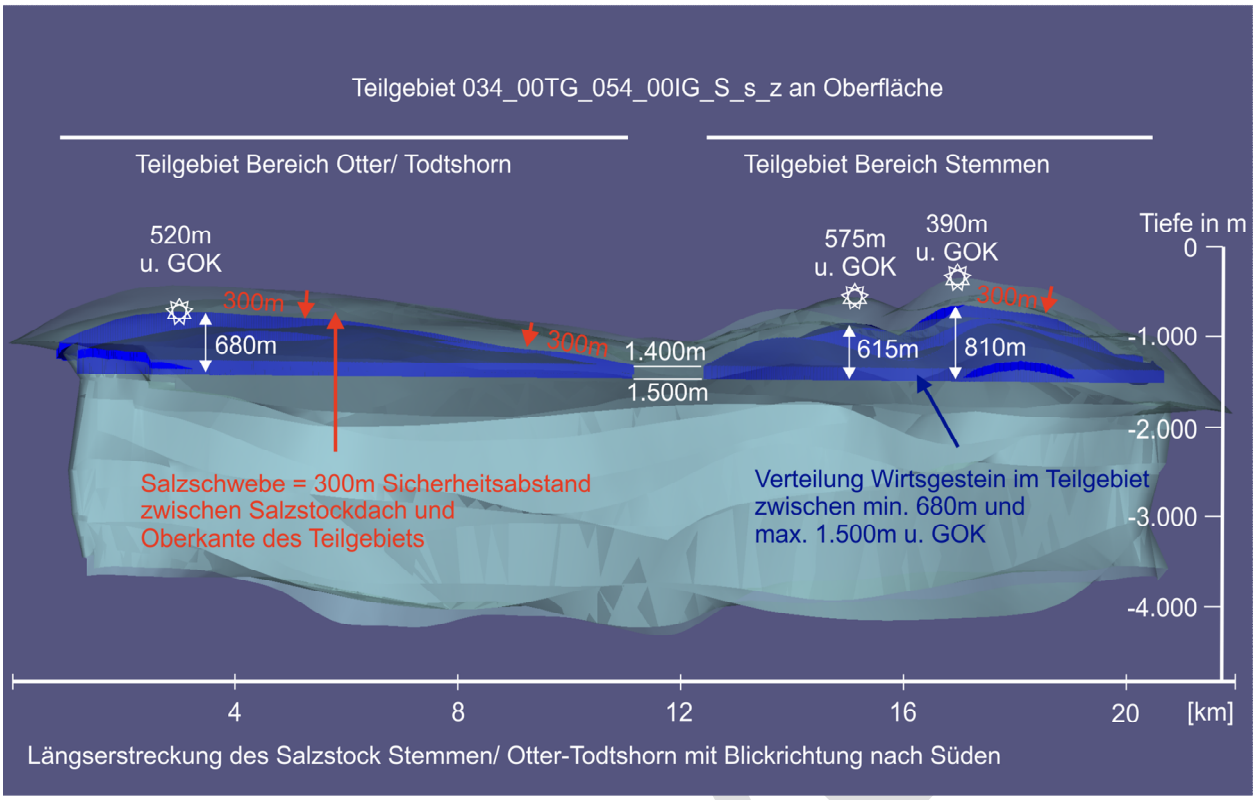


Abbildung 16: Perspektivische Darstellung des Teilgebiets 034_00TG_054_00IG_S_s_z im Salzstock Stemmen/ Otter-Todtshorn (Baldschuhn, et al., 2001)

Das Teilgebiet befindet sich im oberen Bereich des Salzstocks. Die Oberkante des Teilgebiets befindet sich von jedem beliebigen Punkt des Salzstockdachs aus gesehen 300 m tiefer. Der Bereich zwischen dem Salzstockdach und der Oberkante des Teilgebietes entspricht der sogenannten Salzschwebe von 300 m Mächtigkeit, einer Mindestanforderung nach § 23 StandAG. Da das Salzstockdach keine ebene Fläche ist, weist auch die Oberkante des Teilgebietes wechselnde Tiefenlagen im Bezug zur Erdoberfläche auf.

Mit der Festlegung einer sogenannten maximalen Suchteufe (maximale Tiefe eines Teilgebiets) von 1.500 m unter GOK (BGE, 2020) liegt auch die Basis des Teilgebiets durchgängig in dieser Tiefe. Daraus ergibt sich auch eine wechselnde Mächtigkeit (Abstand zwischen Basis und Top) des Teilgebiets wie aus der 3D-Darstellung Abbildung 16 ersichtlich ist. Im Osten (Bereich Otter-Todtshorn) ist das Teilgebiet etwa 700 m mächtig, im zentralen Bereich nimmt die Mächtigkeit bis auf 100 m Mindestmächtigkeit ab und im westlichen Abschnitt findet sich eine Mächtigkeit von bis zu 810 m. Der Rand des Teilgebiets entspricht einer Mindestmächtigkeit von 100 m (Mindestanforderung nach § 23 StandAG).

Die folgende Abbildung 17 zeigt das Teilgebiet im Salzstock Stemmen/ Otter-Todtshorn in einer Schrägansicht auf das 3D-Modell.

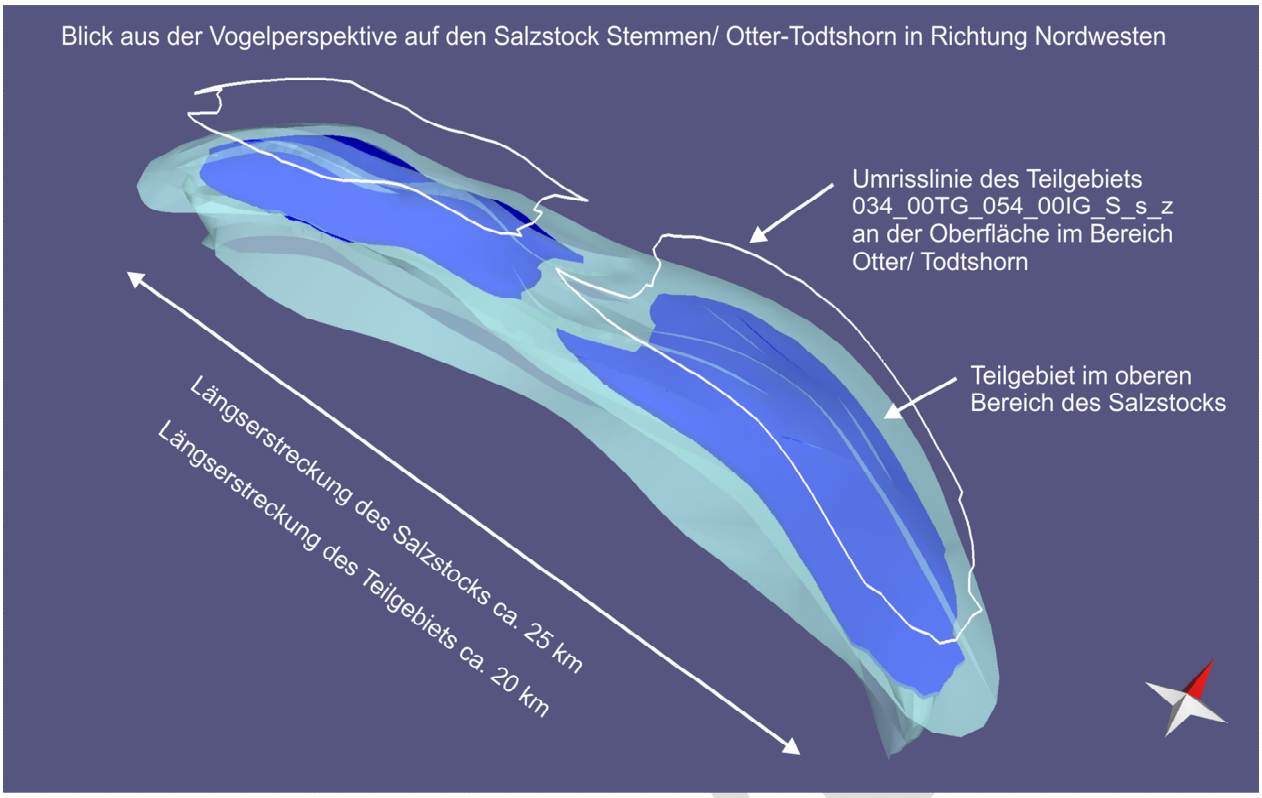


Abbildung 17: Darstellung des Teilgebiets 034_00TG_054_00IG_S_s_z im Salzstock Stemmen/ Otter-Todtshorn aus der Vogelperspektive

Der Salzstock Stemmen/ Otter-Todtshorn bzw. ein bestimmter Bereich der Salzstruktur ist als Teilgebiet ausgewiesen, da keines der in § 22 StandAG genannten Ausschlusskriterien erfüllt ist, alle in § 23 StandAG genannten Mindestanforderungen zutreffen und nach Anwendung der in § 24 und den Anlagen 1 bis 11 im StandAG aufgeführten geowissenschaftlichen Abwägungskriterien eine günstige geologische Gesamtsituation für die sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle erwarten lassen.

Die Vorgehensweise der BGE bei der Ausweisung des Teilgebiets wird im Folgenden geprüft.

4.5.2 Ausschlusskriterien

Aktive Störungszonen – Tektonische Störungen:

Wie viele norddeutsche Salzstrukturen zeigt auch der Salzstock Stemmen/ Otter-Todtshorn in den Schichten über der Salzstruktur, dem Deckgebirge bzw. den Deckgebirgsschichten, sogenannte Scheitelstörungen (vergleichende Beschreibung Kapitel 4.4.2). Hierbei handelt es sich um ausgeprägte Horst- und Grabenstrukturen. Die tektonischen Strukturen sind im Zuge des Salzaufstiegs entstanden und führten dazu, dass die Schichten oberhalb dieser Salzstruktur um Beträge von bis zu 300 m gegeneinander versetzt wurden. Für den betroffenen Bereich im Deckgebirge einer Salzstruktur gilt das Ausschlusskriterium als erfüllt, wenn die Störungszone innerhalb der letzten 34 Millionen Jahre aktiv war und der höchste Punkt der Salzstruktur unterhalb von 300 m unter GOK liegt. Beides kann für den Salzstock Stemmen/ Otter-Todtshorn ausgeschlossen werden.

Entwurf

Aktive Störungszonen - Atektonische bzw. aseismische Vorgänge:

Wie die BGE bemerkt, finden atektonische Vorgänge in einem Salzstock hauptsächlich im Bereich des Salzspiegels statt. Das LBEG ergänzt in seiner Stellungnahme (LBEG, 2021), dass Subrosion auch im Hutgestein stattfindet. Eine geologische Erläuterung erfolgt 4.4.2 bzw. mit der Abbildung 14.

Aus den wenigen Tiefbohrungen die in den Stemmen/ Otter-Todtshorn (Tabelle 14) niedergebracht wurden, hat keine das Salinar erreicht. Somit liegen zum jetzigen Zeitpunkt keine Kenntnisse über den Caprock, dessen Auslaugungsumfang, Mächtigkeiten und Tiefenlagen vor. Hierfür sind weitere Untersuchungen und Nachweise durch Bohrungen notwendig.

Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit:

Die Datenlage zu den Bohrungen, die über dem Salzstock Stemmen/ Otter-Todtshorn abgeteuft wurden ist sehr gering, sowohl die Stammdaten als auch die Bohrdokumentation betreffend. Im Rahmen der Datenabfrage zum genannten Ausschlusskriterium hat die BGE bei den zuständigen Bundes- und Landesbehörden um Bohrdaten angefragt und daraus für den Bereich Stemmen/ Otter-Todtshorn drei Bohrungen ermittelt, die als ausgeschlossenes Gebiet identifiziert wurden. Folgende Tabelle 17 zeigt alle Tiefbohrungen, mit einer Endteufe größer 275 m, die im Bereich über dem Salzstock Stemmen/ Otter-Todtshorn abgeteuft wurden.

Name der Bohrung	Ident des ausgeschlossenen Gebietes	Endteufe [m u. GOK]	Endhorizont	Teufe Caprock [m u. GOK]	Teufe Salzspiegel [m u. GOK]
Otter 1	0033800AG	735,0	Kreide	-	-
Totshorn 1	0035482AG	653,0	Kreide	-	-
Totshorn 2	0033799AG	669,8	Kreide	-	-

Tabelle 17: Tiefbohrungen (Endteufe > 275m) auf dem Salzstock Stemmen/ Otter-Totshorn (LBEG, 2022a)

Mit dem Ident des ausgeschlossenen Gebiets können die Bohrungen über die interaktive Karte der BGE zugeordnet und bei Bedarf weitere Informationen herangezogen werden. Die Tabelle 17 enthält weiterhin Informationen zur erreichten Endteufe und dem Endhorizont.

Im Bereich des Teilgebiets und der näheren Umgebung befindet ich weder ein Tagebau noch ein Bergwerk, welche Einflüsse auf einen potentiellen Endlagerbereich haben können.

4.5.3 Mindestanforderungen

Aufgrund der allgemeingültigen Annahmen zum Wirtsgestein Steinsalz erfolgt die Bewertung der Mindestanforderungen zur Gebirgsdurchlässigkeit auf Seite 51 im Kapitel 4.4.3.

Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Die Bewertung zur Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs ist analog auf alle Teilgebiete im Wirtsgestein Steinsalz zu betrachten und erfolgt im Wesentlichen auf Seite 51 im Kapitel 4.4.3.

Bei der Ausweisung des Teilgebiets im Salzstock Stemmen/ Otter-Todtshorn wurde davon ausgegangen, dass das Wirtsgestein Steinsalz über die gesamte Fläche von ca. 52 km² in einer Mächtigkeit von 100 m vorhanden ist.

Basierend auf den allgemeinen Erkenntnissen zum Internbau von Salzstöcken kann festgestellt werden, dass die in der Abbildung 15 dargestellte Fläche des Wirtsgesteins Steinsalz im Teilgebiets 034_00TG_054_00IG_S_s_z in ihrer Ausdehnung und Mächtigkeit wahrscheinlich überschätzt wird. In Abbildung 17 wird außerdem deutlich, dass sich das Teilgebiet an seiner nördlichen und südlichen Begrenzung sehr nahe am Salzstockrand befindet. Nach der oben aufgeführten Erläuterung zum Internbau von Salzstrukturen (Kapitel 4.4.3) kann davon ausgegangen werden, dass dort keine geeigneten Steinsalzvorkommen in notwendiger Mächtigkeit und Fläche vorkommen.

Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Die Bedingungen zur Erfüllung der Mindestanforderung zur Minimalen Teufe des ewG's sind in Kapitel 4.4.3 erläutert. Der Salzstock Stemmen/ Otter-Todtshorn befindet sich mindestens 350 m unter der Geländeoberkante.

Für die Ausweisung des Teilgebiets 034_00TG_054_00IG_S_s_z wurde eine Salzschwebe von 300 m zwischen Salzstockdach und Oberkante des Teilgebiets berücksichtigt (Abbildung 16). Die BGE hat allerdings das Vorhandensein eines Hutgesteins (Caprock) und dessen Mächtigkeit bei dieser Methodik außer Acht gelassen (siehe Kapitel 4.4.3).

Wie in Kapitel 4.5.2 erwähnt wurde, sind keine Informationen zur Mächtigkeit des Caprock des Salzstocks Stemmen/ Otter-Todtshorn vorhanden. Generell kann davon ausgegangen werden, dass ein Hutgestein vorhanden ist (siehe Kapitel 4.4.2 Atektonische und Aseismische Störungen). Im weiteren Verfahren ist es notwendig, die Tiefenlage des Teilgebiets um die Mächtigkeit des Hutgesteins anzupassen. Zum augenblicklichen Stand der Endlagersuche, mit der Herangehensweise der BGE und unter Berücksichtigung der Ungenauigkeiten die in 3D-Modellen auftreten können (zu Grunde gelegte Daten) kann die Anforderung bezüglich der Salzschwebe als erfüllt angesehen werden.

Bisher wurde lediglich die Salzschwebe zur Abgrenzung des ewG zum umgebenden Gestein, als Sicherheitsbereich angewendet. Wie die BGE anmerkt (BGE, 2020l, Teil 2) werden erst im weiteren Verfahren, Sicherheitsabstände zu den Randbereichen (Salzstockflanke) eingehalten.

Somit kann auch für das Kriterium Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs festgestellt werden, dass die in der Abbildung 15 dargestellte Fläche des Teilgebiets 034_00TG_054_00IG_S_s_z in ihrer Ausdehnung wahrscheinlich überschätzt wird und unter Berücksichtigung festgelegter Sicherheitsabstände kleiner ausfallen würde.

Fläche des Endlagers

Die ausgewiesene Fläche von 52 km² für das Teilgebiet 034_00TG_054_00IG_S_s_z erfüllt die Bedingung von mindestens 3 km² für die Realisierung eines Endlagers. Die Anforderung kann unter Berücksichtigung der zu Grunde gelegten Daten als erfüllt angesehen werden. Wie bereits erläutert, wird die ausgewiesene Fläche des Teilgebiets in ihrer Ausdehnung sehr wahrscheinlich überschätzt, da der teils komplexe Internbau einer Salzstruktur mit den entsprechenden Auswirkungen auf die Verteilung des Wirtsgesteins nicht betrachtet wird.

Erhalt der Barrierewirkung

Die bisher angewandte Methodik zur Ausweisung des Teilgebiets lässt den Erhalt der Barrierewirkung nicht anzweifeln, so dass die Mindestanforderung zunächst als erfüllt angesehen werden kann. Die Methodik berücksichtigt zum jetzigen Zeitpunkt allerdings nicht, wie in der Mindestanforderung zur „Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs" erläutert wird, die Definition von Sicherheitsabständen zum Salzstockrandbereich, ohne die der Erhalt der Barrierewirkung nicht gewährleistet werden kann.

Entwurf

4.5.4 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien

Die Prüfung der Vorgehensweise der BGE bei der Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien ist unter Berücksichtigung der Stellungsnahmen des LBEG (LBEG, 2021) und der Anmerkungen der BGR (BGR, 2021) erfolgt. Das Resultat der Bewertung für das Teilgebiet 034_00TG_054_00IG_S_s_z ist in Tabelle 18 zusammengefasst. Die Tabelle basiert auf der Darstellung der Bewertungsergebnisse im Zwischenbericht Teilgebiete (Kompaktsteckbrief).

Die BGE hat im Teilgebiet Stemmen/ Otter-Todtshorn eine individuelle Bewertung für die Kriterien 2 (Konfiguration der Gesteinskörper), 3 (räumliche Charakterisierbarkeit) und 11 (Deckgebirge) anhand der vorliegenden gebietsspezifischen Daten (BGE, 2020ak) und/ oder Fachliteratur (BGE, 2020ai) vorgenommen.

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
Kriterium 2 	Die Konfiguration der Gesteinskörper ist gerechtfertigt und nachvollziehbar als günstig eingestuft, dabei wurden vier Indikatoren verwendet. Die *Barrierenmächtigkeit* liegt mit maximal 810 m deutlich über der Mindestmächtigkeit von 100 m. Eine Mächtigkeit größer 300 m wird innerhalb des Teilgebiets für eine Fläche von 23,7 km² (aus einer Gesamtfläche von 52 km²) berechnet und liegt damit über dem Flächenbedarf von 3 km². Der *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch den ewG* stellt sicher, dass der Einlagerungsbereich in jedem Fall von einem ewG umschlossen wird. Hier wird zum jetzigen Zeitpunkt die Annahme getroffen, dass das Wirtgestein und ewG Teil ein und desselben Gesteinskörpers sind und somit generell als günstig bewertet. Die Einordnung der *Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen ewG* erfolgt günstig, da das Teilgebiet eine Mindestmächtigkeit von 100 m in einer Teufe größer 500 m (hier 690 m u. GOK) aufweist. Allerdings kann zum jetzigen Zeitpunkt die genaue Lage des ewG nicht konkret räumlich ausgewiesen werden, und erfolgt deshalb für den Teufenbereich des identifizierten Gebiets. Die ausgewiesene Fläche des Teilgebiets beträgt 52 km², ist damit größer gleich 9 km² (>>2-fache flächenhafte Ausdehnung), so dass der Indikator zur *Flächenhaften Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit* als günstig bewertet wird.
Kriterium 3 	Der „günstigen“ Bewertung zur räumlichen Charakterisierbarkeit wird im Wesentlichen zugestimmt, allerdings kann kein konkreter Bezug der verwendeten Fachliteratur auf die Salzstruktur Stemmen/ Otter-Todtshorn hergestellt werden (siehe Bewertung Tabelle 15). Die Bewertung der einzelnen Indikatoren ist identisch zu denen anderer Teilgebiete im Steinsalz in steiler Lagerung. Daher wird für die Bewertung der Indikatoren des Kriteriums 3 auf die Aussagen in Tabelle 15 verwiesen.
Kriterium 11 	Das Kriterium zur Bewertung des Schutzes des ewG durch das Deckgebirge wird mit gebietsspezifischen Daten für das Teilgebiet nachvollziehbar bedingt günstig eingestuft. Die Daten des geologischen 3D-Modells (Baldschuhn, et al., 2001) belegen die Existenz von Störungen über dem Salzstock Stemmen/ Otter-Todtshorn *(Ausprägung struktureller Komplikationen)*. Die BGE nimmt zum jetzigen Zeitpunkt

ENTWURF

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
	an, dass die Störungen keine hydraulische Wirksamkeit auf den ewG haben und die Bewertung erfolgt entsprechend bedingt günstig. Der Salzstock Stemmen/ Otter-Todtshorn befindet sich, wie die Indikatoren voraussetzen in einer Tiefe größer 100 m unter GOK und wird vollständig von Gesteinen des Tertiärs oder älteren überdeckt *(Überdeckung)*. Bislang werden nur Ablagerungen des Quartärs als *nicht grundwasserhemmend bzw. erosionshemmend* angesehen. Hier ist nachzuweisen, dass keine Ablagerungen oder Schichten existieren, die potentielle Fließwege darstellen, wie es z.B Störungen, wenn sie nicht abdichtend wirken, sein können. Die Ausprägung des Deckgebirges ist standortspezifisch zu untersuchen und dazu gehört, die Bohrungen über dem Salzstock Stemmen/ Otter-Todtshorn und weitere Erkundungsdaten wie Seismik zu integrieren.
Die Bewertung der Kriterien 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9 und 10 erfolgt in 4.14	
günstig bedingt günstig weniger günstig nicht günstig nicht anwendbar	

Tabelle 18: Prüfung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im TG Stemmen/ Otter-Todtshorn (034_00TG_054_00IG_S_s_z).

Entwurf

4.6 Struktur Egestorf-Soderstorf - 036_00TG_058_00IG_S_s_z

4.6.1 Darstellung

Das Teilgebiet befindet sich in einer Tiefe von 790 m bis 1.500 m unter GOK. Es erstreckt sich auf einer Fläche von 26 km² zwischen den Ortschaften Soderstorf im Süden und Egestorf im Norden (Abbildung 18). Tabelle 19 enthält die wesentlichen Kenndaten des Teilgebiets.

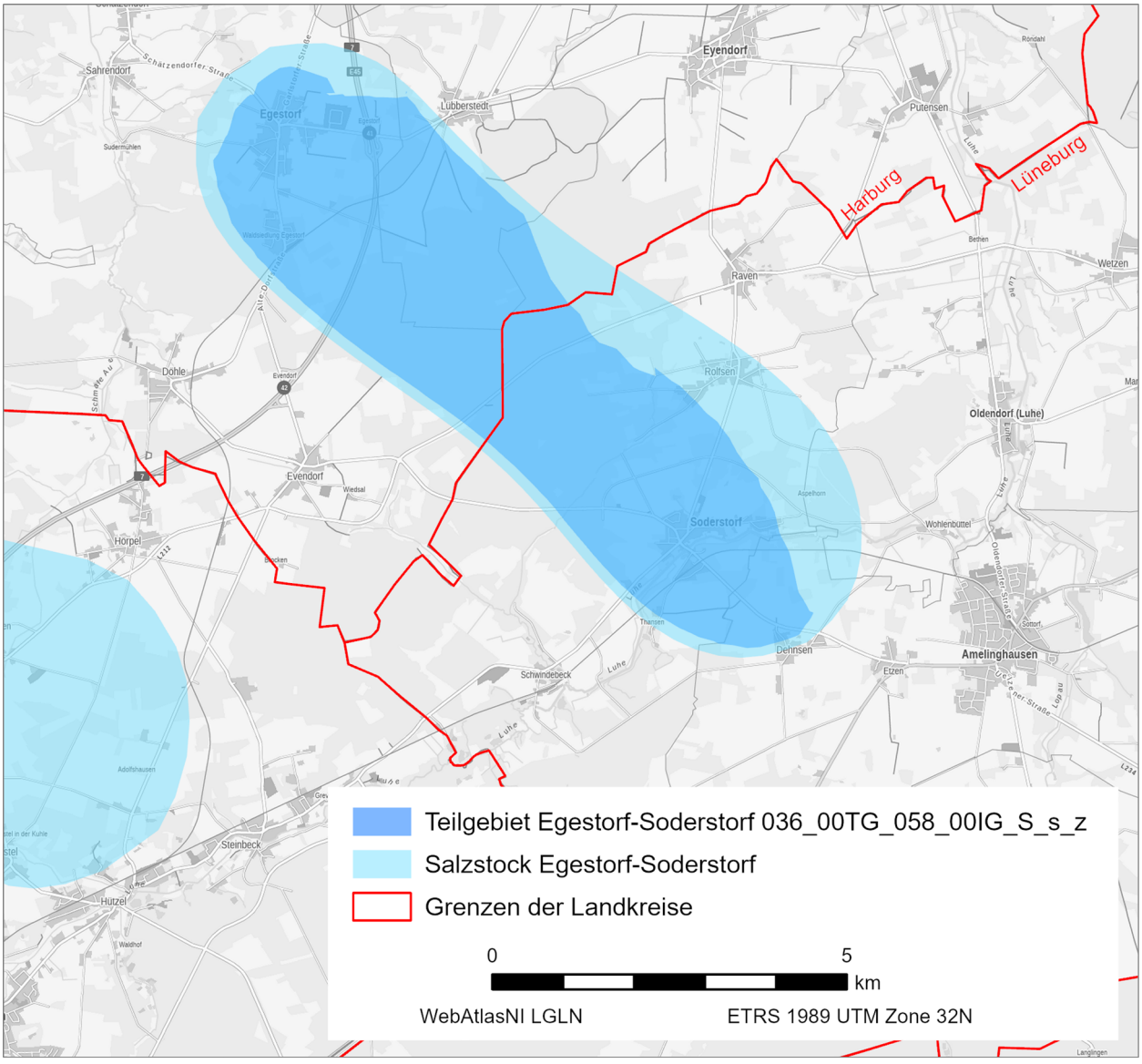


Abbildung 18: Übersichtskarte des Teilgebiets 036_00TG_058_00IG_S_s_z

Charakteristika des Teilgebiets 036_00TG_058_00IG_S_s_z	
IG 2-Kennung	058_00IG_S_s_z
Wirtsgesteinstyp und Konfiguration	Steinsalz in steiler Lagerung
Geographische Verortung	Das Teilgebiet liegt im Bundesland Niedersachsen, ca. 27 km südlich des Bundeslandes Hamburg.
Gesamtfläche	26 km²
Geologische Charakteristika	Das Teilgebiet befindet sich im Zechstein der Salzstruktur Egestorf / Soderstorf und weist eine Mächtigkeit von 710 m auf, in einer Teufenlage von 790 m bis 1.500 m unterhalb GOK.

Tabelle 19: Charakteristika des Teilgebiets 036_00TG_058_00IG_S_s_z

Der Salzstock Egestorf-Soderstorf wird aus überwiegend steilstehenden Schichten des Zechsteinsalinars (Oberes Perm) aufgebaut, hat eine Längserstreckung von 11 km in Richtung Nordwest-Südost und eine Breite von etwa 3 km in Richtung Südwest-Nordost. Die Salzstruktur hat eine vertikale Erstreckung (Höhe) von mehr als 4.000 m und reicht an ihrer höchsten Erhebung (Kulminationspunkt) im Südosten bis auf etwa 490 m unter GOK. In seinem zentralen Bereich liegt das Dach (Top) des Salzstocks bei etwa 600 m unter GOK und der Bereich im Nordwesten reicht bis auf etwa 750 m unter GOK. Diese Werte lassen sich mit Hilfe des 3D-Modells des Geotektonischen Atlas, GTA3D (Baldschuhn, et al., 2001) ermitteln, eines auch von der BGE zur Ermittlung der Teilgebiete eingesetztes geologisches Untergrundmodell.

Die Salzstruktur Egestorf-Soderstorf ist zusammen mit dem ausgewiesenen Teilgebiet in nachfolgender Abbildung 19 basierend auf den Daten des GTA3D (Baldschuhn, et al., 2001) als dreidimensionaler Körper mit Blickrichtung nach Nordwesten auf die Längsachse dargestellt.

Entwurf

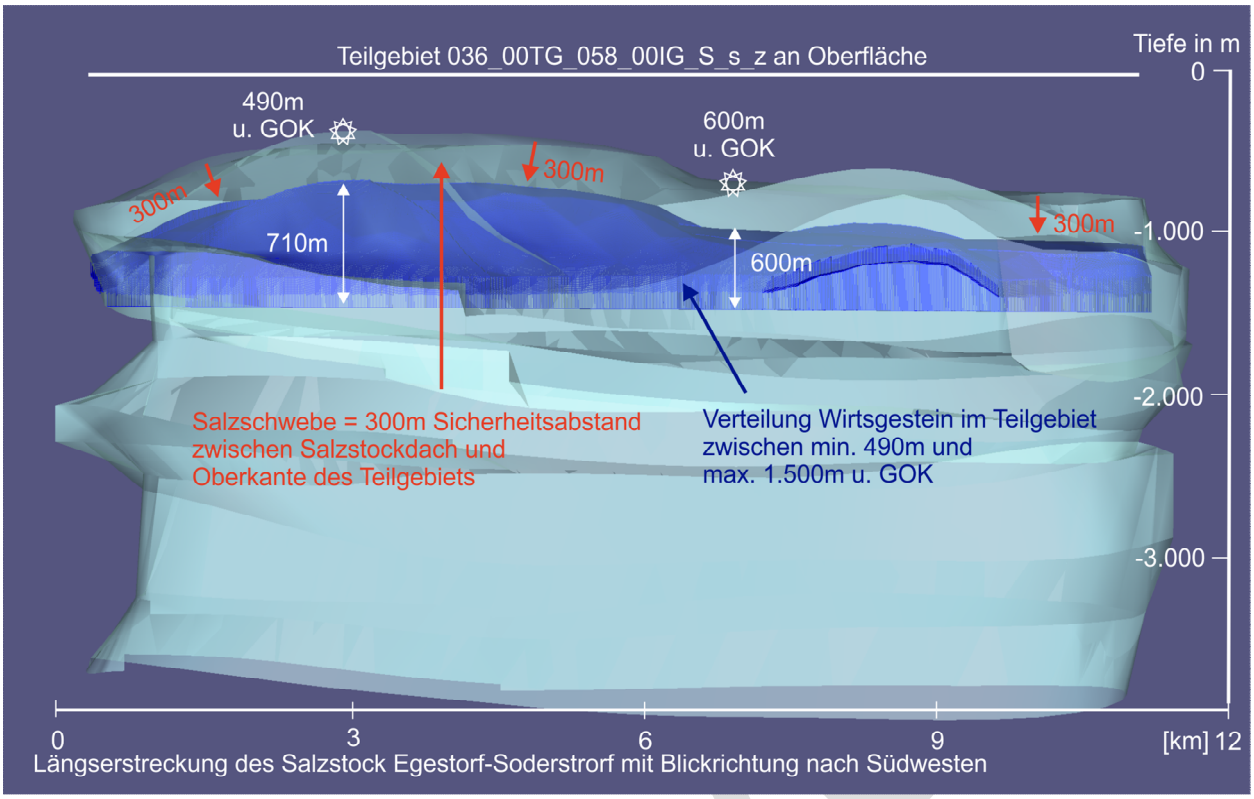


Abbildung 19: Perspektivische Darstellung des Teilgebiets 036_00TG_058_00IG_S_s_z im Salzstock Egestorf-Soderstorf

Das Teilgebiet befindet sich im oberen Bereich des Salzstocks. Die Oberkante des Teilgebiets befindet sich von jedem beliebigen Punkt des Salzstockdachs aus gesehen 300 m tiefer. Der Bereich zwischen dem Salzstockdach und der Oberkante des Teilgebietes entspricht der sogenannten Salzschwebe von 300 m Mächtigkeit, einer Mindestanforderung nach § 23 StandAG. Da das Salzstockdach keine ebene Fläche ist, weist auch die Oberkante des Teilgebietes wechselnde Tiefenlagen im Bezug zur Erdoberfläche auf.

Mit der Festlegung einer maximalen Tiefe eines Teilgebiets von 1.500 m unter GOK (BGE, 2020) liegt auch die Basis des Teilgebiets durchgängig in dieser Tiefe. Daraus ergibt sich auch eine wechselnde Mächtigkeit (Abstand zwischen Basis und Top) des Teilgebiets wie aus der 3D-Darstellung in (Abbildung 19) ersichtlich ist. Im Südosten ist das Teilgebiet bis zu 710 m mächtig, im zentralen Bereich 600 m mächtig und im nordwestlichen Abschnitt findet sich eine Mächtigkeit von bis zu 450 m. Die Randbereiche des Teilgebiets zeigen eine Mächtigkeit von 100 m (Mindestanforderung nach § 23 StandAG).

Die folgende Abbildung 20 zeigt das Teilgebiet im Salzstock Egestorf-Soderstorf in einer Schrägansicht auf das 3D-Modell.

Entwurf

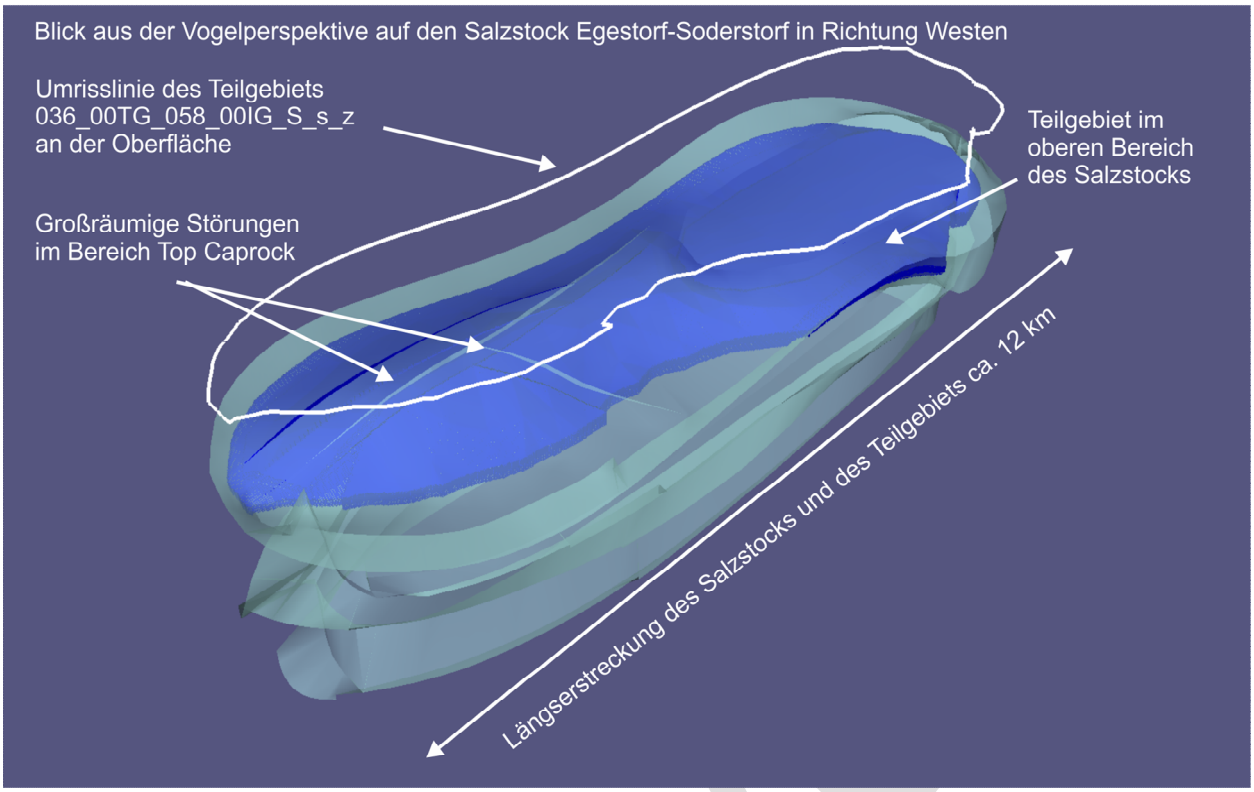


Abbildung 20: Darstellung des Teilgebiets 036_00TG_058_00IG_S_s_z im Salzstock Egestorf-Soderstorf aus der Vogelperspektive

Ein bestimmter Bereich innerhalb der Salzstruktur Egestorf-Soderstorf ist als Teilgebiet ausgewiesen, da keines der in § 22 StandAG genannten Ausschlusskriterien erfüllt ist, alle in § 23 StandAG genannten Mindestanforderungen zutreffen und nach Anwendung der in § 24 und den Anlagen 1 bis 11 im StandAG aufgeführten geowissenschaftlichen Abwägungskriterien eine günstige geologische Gesamtsituation für die sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle erwarten lassen.

Die Vorgehensweise der BGE bei der Ausweisung des Teilgebiets wird im Folgenden geprüft.

4.6.2 Ausschlusskriterien

Aktive Störungszonen – Tektonische Störungen:

Wie viele norddeutsche Salzstrukturen zeigt auch der Salzstock Egestorf-Soderstorf in den Schichten über der Salzstruktur, dem Deckgebirge bzw. den Deckgebirgsschichten, sogenannte Scheitelstörungen (vergleichende Beschreibung Kapitel 4.4.2). Hierbei handelt es sich um ausgeprägte Horst- und Grabenstrukturen. Die tektonischen Strukturen sind im Zuge des Salzaufstiegs entstanden und führten dazu, dass die Schichten oberhalb dieser Salzstruktur um Beträge von mindestens 50 m gegeneinander versetzt wurden (Abbildung 20). Für den betroffenen Bereich im Deckgebirge einer Salzstruktur gilt das Ausschlusskriterium als erfüllt, wenn die Störungszone innerhalb der letzten 34 Millionen Jahre aktiv war und der höchste Punkt der Salzstruktur unterhalb von 300 m unter GOK liegt. Beides kann für den Salzstock Egestorf-Soderstorf ausgeschlossen werden.

Entwurf

Aktive Störungszonen - Atektonische bzw. aseismische Vorgänge:

Wie die BGE bemerkt, finden atektonische Vorgänge in einem Salzstock hauptsächlich im Bereich des Salzspiegels statt. Das LBEG ergänzt in seiner Stellungnahme (LBEG, 2021), dass Subrosion auch im Hutgestein stattfindet. Eine geologische Erläuterung erfolgt 4.4.2 bzw. mit der Abbildung 14.

Im Bereich der Salzstruktur Egestorf-Soderstorf existieren keine Bohrungen, die das Salinar erreicht haben, somit liegen zum jetzigen Zeitpunkt keine Kenntnisse über den Caprock, dessen Auslaugungsumfang, Mächtigkeiten und Tiefenlagen vor. Hierfür sind weitere Untersuchungen und Nachweise durch Bohrungen notwendig.

Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit:

Für die Salzstruktur Egestorf-Soderstorf können keine Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit festgestellt werden. Es existieren keine Bohrungen mit Endteufen größer als 275 m unter GOK bzw. Bohrungen, die die Salzstruktur erreicht haben. Im Bereich des Teilgebiets und der näheren Umgebung befindet ich weder ein Tagebau noch ein Bergwerk, das Einfluss auf einen potentiellen Endlagerbereich haben können.

4.6.3 Mindestanforderungen

Aufgrund der allgemeingültigen Annahmen zum Wirtsgestein Steinsalz erfolgt die Bewertung der Mindestanforderungen zur Gebirgsdurchlässigkeit auf Seite 51 im Kapitel 4.4.3.

Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Die Bewertung zur Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs ist analog auf alle Teilgebiete im Wirtsgestein Steinsalz zu betrachten und erfolgt im Wesentlichen auf Seite 51 im Kapitel 4.4.3.

Bei der Ausweisung des Teilgebiets im Salzstock Egestorf-Soderstorf wurde davon ausgegangen, dass das Wirtsgestein Steinsalz über die gesamte Fläche von ca. 26 km² in einer Mächtigkeit von 100 m vorhanden ist.

Basierend auf den allgemeinen Erkenntnissen zum Internbau von Salzstöcken kann festgestellt werden, dass die in der Abbildung 18 dargestellte Fläche des Wirtsgesteins Steinsalz im Teilgebiets 034_00TG_054_00IG_S_s_z in ihrer Ausdehnung und Mächtigkeit wahrscheinlich überschätzt wird. In Abbildung 17 wird außerdem deutlich, dass sich das Teilgebiet an seiner nördlichen und südlichen Begrenzung sehr nahe am Salzstockrand befindet. Nach der oben aufgeführten Erläuterung zum Internbau von Salzstrukturen (Kapitel 4.4.3) kann davon ausgegangen werden, dass dort keine geeigneten Steinsalzvorkommen in notwendiger Mächtigkeit und Fläche vorkommen.

Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Die Bedingungen zur Erfüllung der Mindestanforderung zur Minimalen Teufe des ewG's sind in Kapitel 4.4.3 erläutert. Der Salzstock Egestorf-Soderstorf befindet sich mindestens 490 m unter der Geländeoberkante.

Für die Ausweisung des Teilgebiets 036_00TG_058_00IG_S_s_z wurde eine Salzschwebe von 300 m zwischen Salzstockdach und Oberkante des Teilgebiets berücksichtigt (Abbildung 19). Die BGE hat allerdings das Vorhandensein eines Hutgesteins (Caprock) und dessen Mächtigkeit bei dieser Methodik außer Acht gelassen (siehe Kapitel 4.4.3).

Wie in Kapitel 4.6.2 erwähnt wurde, sind keine Informationen zur Mächtigkeit des Caprock des Salzstocks Egestorf-Soderstorf vorhanden. Generell kann davon ausgegangen werden, dass ein Hutgestein

Entwurf

vorhanden ist (siehe Kapitel 4.4.2 Atektonische und Aseismische Störungen). Im weiteren Verfahren ist es notwendig, die Tiefenlage des Teilgebiets um Mächtigkeit des Hutgesteins anzupassen. Zum augenblicklichen Stand der Endlagersuche, mit der Herangehensweise der BGE und unter Berücksichtigung der Ungenauigkeiten die in 3D-Modellen auftreten können (zu Grunde gelegte Daten) kann die Anforderung bezüglich der Salzschwebe als erfüllt angesehen werden.

Bisher wurde lediglich die Salzschwebe zur Abgrenzung des ewG zum umgebenden Gestein, als Sicherheitsbereich angewendet. Wie die BGE anmerkt (BGE, 2020l, Teil 2) werden erst im weiteren Verfahren, Sicherheitsabstände zu den Randbereichen (Salzstockflanke) betrachtet.

Somit kann auch für das Kriterium Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs festgestellt werden, dass die in der Abbildung 18 dargestellte Fläche des Teilgebiets 036_00TG_058_00IG_S_s_z in ihrer Ausdehnung wahrscheinlich überschätzt wird und unter Berücksichtigung festgelegter Sicherheitsabstände kleiner ausfallen würde.

Fläche des Endlagers

Die ausgewiesene Fläche von 26 km² für das Teilgebiet 036_00TG_058_00IG_S_s_z erfüllt die Bedingung von mindestens 3 km² für die Realisierung eines Endlagers. Die Anforderung kann unter Berücksichtigung der zu Grunde gelegten Daten als erfüllt angesehen werden. Wie bereits erläutert, ist die ausgewiesene Fläche des Teilgebiets in ihrer Ausdehnung sehr wahrscheinlich überschätzt, da der teils komplexe Internbau einer Salzstruktur mit den entsprechenden Auswirkungen auf die Verteilung des Wirtsgesteins nicht betrachtet wird.

Erhalt der Barrierewirkung

Die bisher angewandte Methodik zur Ausweisung des Teilgebiets lässt den Erhalt der Barrierewirkung nicht anzweifeln, so dass die Mindestanforderung zunächst als erfüllt angesehen werden kann. Die Methodik berücksichtigt zum jetzigen Zeitpunkt allerdings nicht, wie in der Mindestanforderung zur „Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ erläutert wird, die Definition von Sicherheitsabständen zum Salzstockrandbereich, ohne die der Erhalt der Barrierewirkung nicht gewährleistet werden kann.

4.6.4 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien

Die Prüfung der Vorgehensweise der BGE bei der Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien ist unter Berücksichtigung der Stellungsnahmen des LBEG (LBEG, 2021) und der Anmerkungen der BGR (BGR, 2021) erfolgt. Das Resultat der Bewertung für das Teilgebiet 036_00TG_058_00IG_S_s_z ist in Tabelle 20 zusammengefasst. Die Tabelle basiert auf der Darstellung der Bewertungsergebnisse im Zwischenbericht Teilgebiete (Kompaktsteckbrief).

Die BGE hat im Teilgebiet Egestorf-Soderstorf eine individuelle Bewertung für die Kriterien 2 (Konfiguration der Gesteinskörper), 3 (räumliche Charakterisierbarkeit) und 11 (Deckgebirge) anhand der vorliegenden gebietsspezifischen Daten (BGE, 2020ak) und/ oder Fachliteratur (BGE, 2020ai) vorgenommen.

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
Kriterium 2 	Die Konfiguration der Gesteinskörper ist gerechtfertigt und nachvollziehbar als günstig eingestuft, dabei wurden vier Indikatoren verwendet. Die *Barrierenmächtigkeit* liegt mit maximal 710 m deutlich über der Mindestmächtigkeit von 100 m. Eine Mächtigkeit größer 300 m wird innerhalb des

Entwurf

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
	Teilgebiets für eine Fläche von 20,4 km² (aus einer Gesamtfläche von 26 km²) berechnet und liegt damit über dem Flächenbedarf von 3 km². Der *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch den ewG* stellt sicher, dass der Einlagerungsbereich in jedem Fall von einem ewG umschlossen wird. Hier wird zum jetzigen Zeitpunkt die Annahme getroffen, dass das Wirtgestein und ewG Teil ein und desselben Gesteinskörpers sind und somit generell als günstig bewertet. Die Einordnung der *Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen ewG* erfolgt günstig, da das Teilgebiet eine Mindestmächtigkeit von 100 m in einer Teufe größer 500 m (hier 790 m u. GOK) aufweist. Allerdings kann zum jetzigen Zeitpunkt die genaue Lage des ewG nicht konkret räumlich ausgewiesen werden, und erfolgt deshalb für den Teufenbereich des identifizierten Gebiets. Die ausgewiesene Fläche des Teilgebiets beträgt 25,7 km², ist damit größer gleich 9 km² (>>2-fache flächenhafte Ausdehnung), so dass der Indikator zur *Flächenhaften Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit* als günstig bewertet wird.
Kriterium 3 	Der „günstigen“ Bewertung zur räumlichen Charakterisierbarkeit wird im Wesentlichen zugestimmt, allerdings kann kein konkreter Bezug der verwendeten Fachliteratur auf die Salzstruktur Egestorf-Soderstorf hergestellt werden (siehe Bewertung Tabelle 15). Die Bewertung der einzelnen Indikatoren ist identisch zu denen anderer Teilgebiete im Steinsalz in steiler Lagerung. Daher wird für die Bewertung der Indikatoren des Kriteriums 3 auf die Aussagen in Tabelle 15 verwiesen.
Kriterium 11 	Das Kriterium zur Bewertung des Schutzes des ewG durch das Deckgebirge wird mit gebietsspezifischen Daten für das Teilgebiet nachvollziehbar bedingt günstig eingestuft. Die Daten des geologischen 3D-Modells (Baldschuhn, et al., 2001) belegen die Existenz von Störungen über dem Salzstock Egestorf-Soderstorf *(Ausprägung struktureller Komplikationen)*. Die BGE nimmt zum jetzigen Zeitpunkt an, dass die Störungen keine hydraulische Wirksamkeit auf den ewG haben und die Bewertung erfolgt entsprechend bedingt günstig. Der Salzstock Egestorf-Soderstorf befindet sich, wie die Indikatoren voraussetzen in einer Tiefe größer 100 m unter GOK und wird vollständig von Gesteinen des Tertiärs oder älteren überdeckt *(Überdeckung)*. Bislang werden nur Ablagerungen des Quartärs als *nicht grundwasserhemmend bzw. erosionshemmend* angesehen. Hier ist nachzuweisen, dass keine Ablagerungen oder Schichten existieren, die potentielle Fließwege darstellen, wie es z.B Störungen, wenn sie nicht abdichtend wirken, sein können. Die Ausprägung des Deckgebirges ist standortspezifisch zu untersuchen und dazu gehört, die Bohrungen über dem Salzstock Egestorf-Soderstorf und weitere Erkundungsdaten wie Seismik zu integrieren.

Entwurf

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
Die Bewertung der Kriterien 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9 und 10 erfolgt in 4.14	
günstig	bedingt günstig	weniger günstig	nicht günstig	nicht anwendbar	

Tabelle 20: Prüfung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Teilgebiet Egestorf-Soderstorf (036_00TG_058_00IG_S_s_z).

Entwurf

4.7 Struktur Wettenbostel/ Ebstorf - 037_00TG_061_00IG_S_s_z

4.7.1 Darstellung

Das Teilgebiet befindet sich in einer Tiefe von 720 m bis 1.500 m unter GOK. Es erstreckt sich auf einer Fläche von 43 km² von der Hansestadt Uelzen, über den Klosterflecken Ebstorf bis nach Wettenbostel im Norden (Abbildung 21). Das Teilgebiet besteht, bedingt durch das Auftreten von zwei Bereichen, in denen Salz vorwiegend aufgestiegen ist, aus zwei den getrennten Abschnitten Wettenbostel (13 km²) und Ebstorf (30 km²). Tabelle 21 enthält die wesentlichen Kenndaten des Teilgebiets.

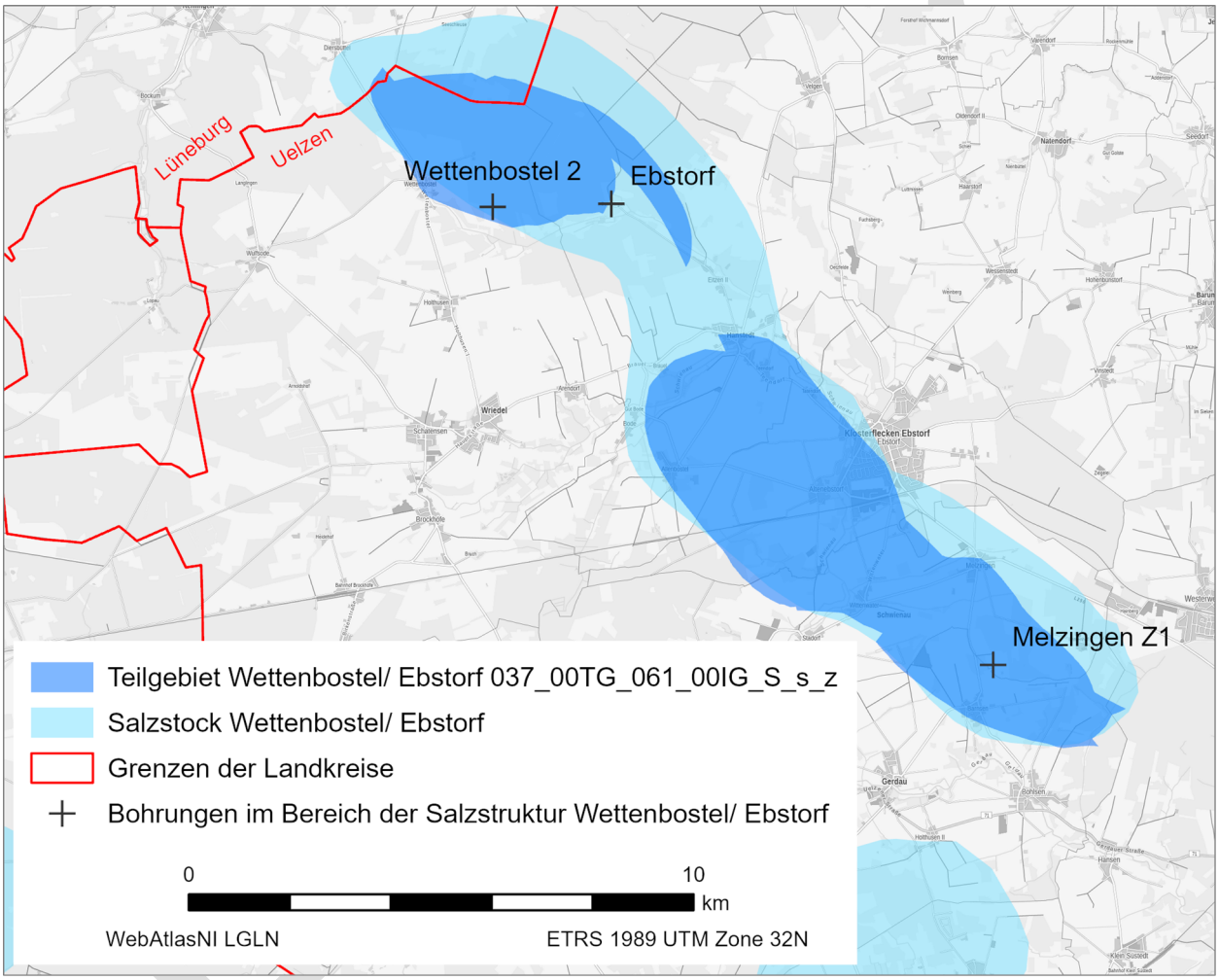


Abbildung 21: Übersichtskarte des Teilgebiets 037_00TG_061_00IG_S_s_z

Charakteristika des Teilgebiets 037_00TG_061_00IG_S_s_z	
IG-Kennung	061_00IG_S_s_z
Wirtsgesteinstyp und Konfiguration	Steinsalz in steiler Lagerung
Geographische Verortung	Das Teilgebiet liegt im Nordosten des Bundeslandes Niedersachsen, ca. 25 km nordwestlich der Grenze des Bundeslandes Sachsen-Anhalt.
Gesamtfläche	43 km²
Geologische Charakteristika	Das Teilgebiet befindet sich im Zechstein der Salzstruktur Wettenbostel / Ebstorf und weist eine Mächtigkeit von 780 m auf, in einer Teufenlage von 720 m bis 1.500 m unterhalb GOK.

Tabelle 21: Charakteristika des Teilgebiets 037_00TG_061_00IG_S_s_z

Das Teilgebiet ist Teil der langgestreckten Salzstrukur Wettenbostel-Ebstorf, welche aus überwiegend steilstehenden Schichten des Zechsteinsalinars (Oberes Perm) aufgebaut wird. Der Salzstock hat eine Längserstreckung von 20 km in Richtung Südost-Nordwest und eine Breite von etwa maximal 4 km in Richtung Südwest-Nordost.

Die Salzstruktur hat eine vertikale Erstreckung (Höhe) von mehr als 4.000 m und besitzt zwei Kulminationspunkte (höchste Erhebungen), bedingt dadurch, dass Salinareinheiten an zwei Bereichen bevorzugt aufgestiegen sind. Im Bereich Wettenbostel reicht die Salzstruktur bis auf etwa 400 m unter GOK. In seinem zentralen Bereich liegt das Dach (Top) des Salzstocks bei 1.200 m unter GOK und der Bereich im Süden (Ebstorf) reicht bis auf etwa 850 m unter GOK. Diese Werte lassen sich mit Hilfe des 3D-Modells des Geotektonischen Atlas, GTA3D (Baldschuhn, et al., 2001) ermitteln, eines auch von der BGE zur Ermittlung der Teilgebiete eingesetztes geologisches Untergrundmodell.

Die Salzstruktur Wettenbostel-Ebstorf ist zusammen mit dem ausgewiesenen Teilgebiet in nachfolgender Abbildung 22 basierend auf den Daten des GTA3D (Baldschuhn, et al., 2001) als dreidimensionaler Körper mit Blickrichtung nach Südwesten auf die Längsachse dargestellt.

Entwurf

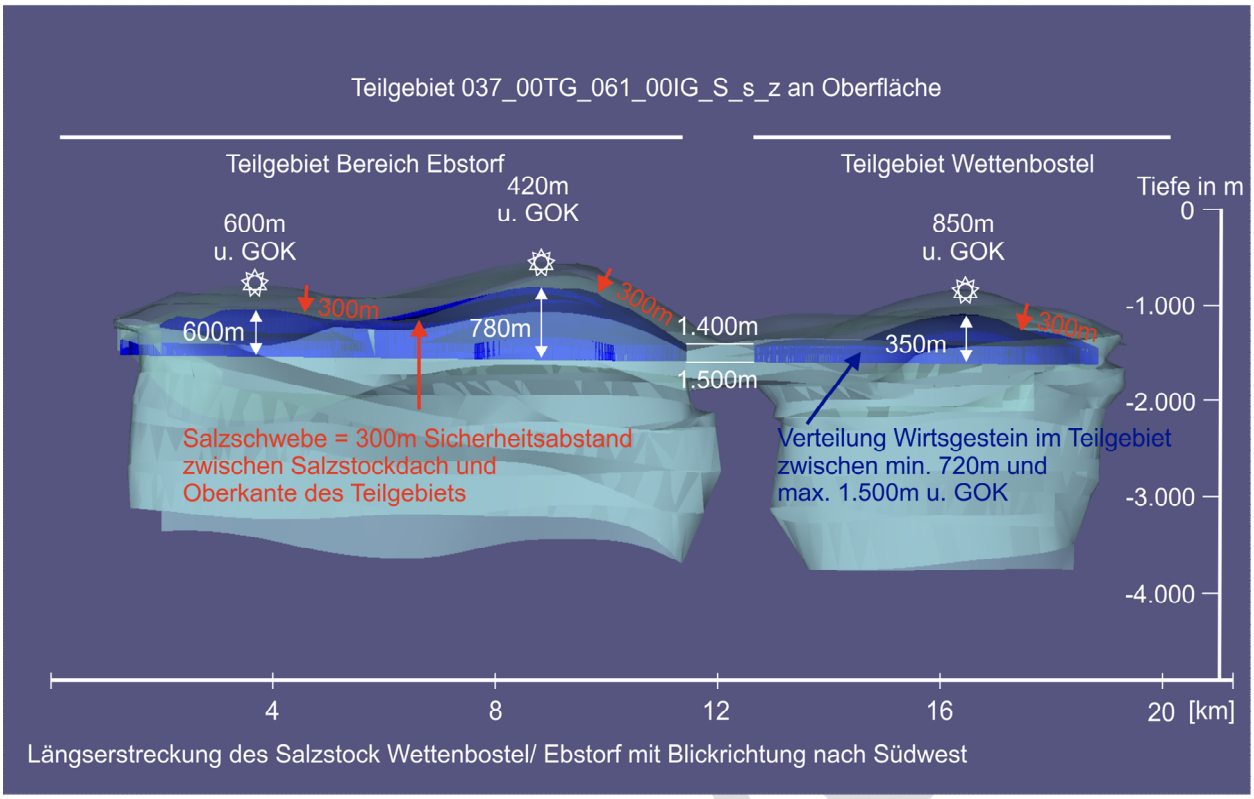


Abbildung 22: Perspektivische Darstellung des Teilgebiets 037_00TG_061_00IG_S_s_z im Salzstock Wettenbostel/ Ebstorf

Das Teilgebiet befindet sich im oberen Bereich des Salzstocks. Die Oberkante des Teilgebiets befindet sich von jedem beliebigen Punkt des Salzstockdachs aus gesehen 300 m tiefer. Der Bereich zwischen dem Salzstockdach und der Oberkante des Teilgebietes entspricht der sogenannten Salzschwebe von 300 m Mächtigkeit, einer Mindestanforderung nach § 23 StandAG. Da das Salzstockdach keine ebene Fläche ist, weist auch die Oberkante des Teilgebietes wechselnde Tiefenlagen im Bezug zur Erdoberfläche auf.

Mit der Festlegung einer sogenannten maximalen Suchteufe (maximale Tiefe eines Teilgebiets) von 1.500 m unter GOK (BGE, 2020) liegt auch die Basis des Teilgebiets durchgängig in dieser Tiefe. Daraus ergibt sich auch eine wechselnde Mächtigkeit (Abstand zwischen Basis und Top) des Teilgebiets wie aus der 3D-Darstellung Abbildung 22 ersichtlich ist. Im Süden (Bereich Ebstorf) ist das Teilgebiet bis zu 780 m mächtig und im nördlichen Abschnitt (Wettenbostel) findet sich eine Mächtigkeit von bis zu 350 m. Der Rand des Teilgebiets entspricht einer Mindestmächtigkeit von 100 m (Mindestanforderung nach § 23 StandAG).

Die folgende Abbildung 17 zeigt das Teilgebiet im Salzstock Wettenbostel-Ebstorf in einer Schrägansicht auf das 3D-Modell (Abbildung 23).

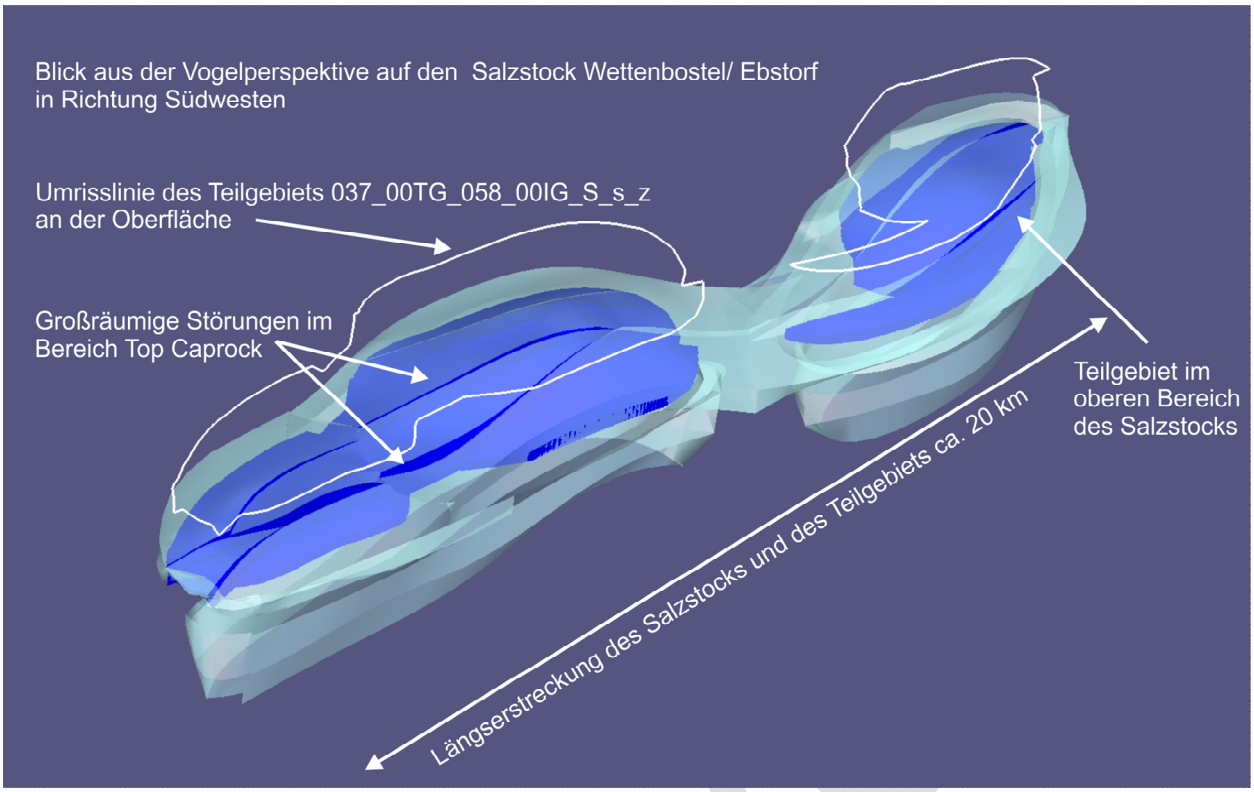


Abbildung 23: Darstellung des Teilgebiets 037_00TG_061_00IG_S_s_z im Salzstock Wettenbostel/ Ebstorf aus der Vogelperspektive

Der Salzstock Wettenbostel-Ebstorf bzw. wie erläutert ein bestimmter Bereich der Salzstruktur ist als Teilgebiet ausgewiesen, da keines der in § 22 StandAG genannten Ausschlusskriterien erfüllt ist, alle in § 23 StandAG genannten Mindestanforderungen zutreffen und nach Anwendung der in § 24 und den Anlagen 1 bis 11 im StandAG aufgeführten geowissenschaftlichen Abwägungskriterien eine günstige geologische Gesamtsituation für die sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle erwarten lassen.

Die Vorgehensweise der BGE bei der Ausweisung des Teilgebiets wird im Folgenden geprüft.

4.7.2 Ausschlusskriterien

Aktive Störungszonen – Tektonische Störungen:

Wie viele norddeutsche Salzstrukturen zeigt auch der Salzstock Wettenbostel-Ebstorf in den Schichten über der Salzstruktur, dem Deckgebirge bzw. den Deckgebirgsschichten, sogenannte Scheitelstörungen (vergleichende Beschreibung Kapitel 4.4.2). Hierbei handelt es sich um ausgeprägte Horst- und Grabenstrukturen. Die tektonischen Strukturen sind im Zuge des Salzaufstiegs entstanden und führten dazu, dass die Schichten oberhalb dieser Salzstruktur um Beträge von mitunter 200 m gegeneinander versetzt wurden (Abbildung 23). Für den betroffenen Bereich im Deckgebirge einer Salzstruktur gilt das Ausschlusskriterium als erfüllt, wenn die Störungszone innerhalb der letzten 34 Millionen Jahre aktiv war und der höchste Punkt der Salzstruktur unterhalb von 300 m unter GOK liegt. Beides kann für den Salzstock Wettenbostel-Ebstorf ausgeschlossen werden.

Entwurf

Aktive Störungszonen - Atektonische bzw. aseismische Vorgänge:

Wie die BGE bemerkt, finden atektonische Vorgänge in einem Salzstock hauptsächlich im Bereich des Salzspiegels statt. Das LBEG ergänzt in seiner Stellungnahme (LBEG, 2021), dass Subrosion auch im Hutgestein stattfindet. Eine geologische Erläuterung erfolgt 4.4.2 bzw. mit der Abbildung 14.

Aus den wenigen Tiefbohrungen die in den Wettenbostel-Ebstorf (Tabelle 22) niedergebracht wurden, hat keine der Bohrungen das Salinar erreicht, somit liegen zum jetzigen Zeitpunkt keine Kenntnisse über den Caprock, dessen Auslaugungsumfang, Mächtigkeiten und Tiefenlagen vor. Hierfür sind weitere Untersuchungen und Nachweise durch Bohrungen notwendig.

Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit:

Die Datenlage zu den Bohrungen, die über dem Wettenbostel-Ebstorf abgeteuft wurden ist sehr gering, sowohl die Stammdaten als auch die Bohrdokumentation betreffend. Im Rahmen der Datenabfrage zum genannten Ausschlusskriterium hat die BGE bei den zuständigen Bundes- und Landesbehörden um Bohrdaten angefragt und daraus für den Bereich Wettenbostel-Ebstorf vier Bohrungen ermittelt, die als ausgeschlossenes Gebiet identifiziert wurden. Folgende Tabelle 22 zeigt alle Tiefbohrungen, mit einer Endteufe größer 275 m, die im Bereich über dem Wettenbostel-Ebstorf abgeteuft wurden.

Name der Bohrung	Ident des ausgeschlossenen Gebietes	Endteufe [m u. GOK]	Endhorizont	Teufe Caprock [m u. GOK]	Teufe Salzspiegel [m u. GOK]
Melzingen 1	0027625AG	4560,2	Rotliegendes	827,0	k.A.
Wettenbostel 2	0027588AG	2468,3	Keuper (Trias)	-	-
Ebstorf	0035520AG	730,0	Kreide	-	-
	0027625AG	Dopplung mit Ebstorf			

Tabelle 22: Tiefbohrungen (Endteufe > 275m) auf dem Salzstock Wettenbostel-Ebstorf (LBEG, 2022a)

Mit dem Ident des ausgeschlossenen Gebiets können die Bohrungen über die interaktive Karte der BGE zugeordnet und bei Bedarf weitere Informationen herangezogen werden. Die Tabelle 22 enthält weiterhin Informationen zur erreichten Endteufe und dem Endhorizont.

Im Bereich des Teilgebiets und der näheren Umgebung befindet ich weder ein Tagebau noch ein Bergwerk, welche Einflüsse auf einen potentiellen Endlagerbereich haben können.

4.7.3 Mindestanforderungen

Aufgrund der allgemeingültigen Annahmen zum Wirtsgestein Steinsalz erfolgt die Bewertung der Mindestanforderungen zur Gebirgsdurchlässigkeit auf Seite 51 im Kapitel 4.4.3.

Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Die Bewertung zur Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs ist analog auf alle Teilgebiete im Wirtsgestein Steinsalz zu betrachten und erfolgt im Wesentlichen auf Seite 51 im Kapitel 4.4.3.

Bei der Ausweisung des Teilgebiets im Salzstock Wettenbostel-Ebstorf wurde davon ausgegangen, dass das Wirtsgestein Steinsalz über die gesamte Fläche von ca. 43 km² in einer Mächtigkeit von 100 m vorhanden ist.

Entwurf

Basierend auf den allgemeinen Erkenntnissen zum Internbau von Salzstöcken kann festgestellt werden, dass die in der Abbildung 21Abbildung 15 dargestellte Fläche des Wirtsgesteins Steinsalz im Teilgebiet 037_00TG_061_00IG_S_s_z in ihrer Ausdehnung und Mächtigkeit wahrscheinlich überschätzt wird. In den Darstellungen zum Teilgebiet (Abbildung 21 bis Abbildung 23) wird außerdem deutlich, dass sich das Teilgebiet an den Randbereichen sehr nahe bzw. direkt am Salzstockrand befindet. Nach der oben aufgeführten Erläuterung zum Internbau von Salzstrukturen (Kapitel 4.4.3) kann davon ausgegangen werden, dass dort keine geeigneten Steinsalzvorkommen in notwendiger Mächtigkeit und Fläche vorkommen.

Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Die Bedingungen zur Erfüllung der Mindestanforderung zur Minimalen Teufe des ewG's sind in Kapitel 4.4.3 erläutert. Der Salzstock Wettenbostel-Ebstorf befindet sich mindestens 420 m unter der Geländeoberkante.

Für die Ausweisung des Teilgebiets 037_00TG_061_00IG_S_s_z wurde eine Salzschwebe von 300 m zwischen Salzstockdach und Oberkante des Teilgebiets berücksichtigt (Abbildung 22). Die BGE hat allerdings das Vorhandensein eines Hutgesteins (Caprock) und dessen Mächtigkeit bei dieser Methodik außer Acht gelassen (siehe Kapitel 4.4.3).

Wie in Kapitel 4.5.2 erwähnt wurde, sind keine Informationen zur Mächtigkeit des Caprock des Salzstocks Wettenbostel-Ebstorf vorhanden. Generell kann davon ausgegangen werden, dass ein Hutgestein vorhanden ist (siehe Kapitel 4.4.2 Atektonische und Aseismische Störungen). Im weiteren Verfahren ist es notwendig, die Tiefenlage des Teilgebiets um Mächtigkeit des Hutgesteins anzupassen. Zum augenblicklichen Stand der Endlagersuche, mit der Herangehensweise der BGE und unter Berücksichtigung der Ungenauigkeiten die in 3D-Modellen auftreten können (zu Grunde gelegte Daten) kann die Anforderung bezüglich der Salzschwebe als erfüllt angesehen werden.

Bisher wurde lediglich die Salzschwebe zur Abgrenzung des ewG zum umgebenden Gestein, als Sicherheitsbereich angewendet. Wie die BGE anmerkt (BGE, 2020l, Teil 2) werden erst im weiteren Verfahren, Sicherheitsabstände zu den Randbereichen (Salzstockflanke) betrachtet.

Somit kann auch für das Kriterium Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs festgestellt werden, dass die in der Abbildung 21 dargestellte Fläche des Teilgebiets 037_00TG_061_00IG_S_s_z in ihrer Ausdehnung wahrscheinlich überschätzt wird und unter Berücksichtigung festgelegter Sicherheitsabstände kleiner ausfallen würde.

Fläche des Endlagers

Die ausgewiesene Fläche von 43 km² für das Teilgebiet 039_00TG_061_00IG_S_s_z erfüllt die Bedingung von mindestens 3 km² für die Realisierung eines Endlagers. Die Anforderung kann unter Berücksichtigung der zu Grunde gelegten Daten als erfüllt angesehen werden. Wie bereits erläutert, ist die ausgewiesene Fläche des Teilgebiets in ihrer Ausdehnung sehr wahrscheinlich überschätzt, da der teils komplexe Internbau einer Salzstruktur mit den entsprechenden Auswirkungen auf die Verteilung des Wirtsgesteins nicht betrachtet wird.

Erhalt der Barrierewirkung

Die bisher angewandte Methodik zur Ausweisung des Teilgebiets lässt den Erhalt der Barrierewirkung nicht anzweifeln, so dass die Mindestanforderung zunächst als erfüllt angesehen werden kann. Die Methodik berücksichtigt zum jetzigen Zeitpunkt allerdings nicht, wie in der Mindestanforderung zur „Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs" erläutert wird, die Definition von Sicherheitsabständen zum Salzstockrandbereich, ohne die der Erhalt der Barrierewirkung nicht gewährleistet werden kann.

Entwurf

4.7.4 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien

Die Prüfung der Vorgehensweise der BGE bei der Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien ist unter Berücksichtigung der Stellungsnahmen des LBEG (LBEG, 2021) und der Anmerkungen der BGR (BGR, 2021) erfolgt. Das Resultat der Bewertung für das Teilgebiet 037_00TG_061_00IG_S_s_z ist in Tabelle 23 zusammengefasst. Die Tabelle basiert auf der Darstellung der Bewertungsergebnisse im Zwischenbericht Teilgebiete (Kompaktsteckbrief).

Die BGE hat im Teilgebiet Wettenbostel/ Ebstorf eine individuelle Bewertung für die Kriterien 2 (Konfiguration der Gesteinskörper), 3 (räumliche Charakterisierbarkeit) und 11 (Deckgebirge) anhand der vorliegenden gebietsspezifischen Daten (BGE, 2020ak) und/ oder Fachliteratur (BGE, 2020ai) vorgenommen.

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
Kriterium 2 	Die Konfiguration der Gesteinskörper ist gerechtfertigt und nachvollziehbar als günstig eingestuft, dabei wurden vier Indikatoren verwendet. Die *Barrierenmächtigkeit* liegt mit maximal 780 m deutlich über der Mindestmächtigkeit von 100 m. Eine Mächtigkeit größer 300 m wird innerhalb des Teilgebiets für eine Fläche von 20,8 km² (aus einer Gesamtfläche von 43 km²) berechnet und liegt damit über dem Flächenbedarf von 3 km². Der *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch den ewG* stellt sicher, dass der Einlagerungsbereich in jedem Fall von einem ewG umschlossen wird. Hier wird zum jetzigen Zeitpunkt die Annahme getroffen, dass das Wirtgestein und ewG Teil ein und desselben Gesteinskörpers sind und somit generell als günstig bewertet. Die Einordnung der *Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen ewG* erfolgt günstig, da das Teilgebiet eine Mindestmächtigkeit von 100 m in einer Teufe größer 500 m (hier 720 m u. GOK) aufweist. Allerdings kann zum jetzigen Zeitpunkt die genaue Lage des ewG nicht konkret räumlich ausgewiesen werden, und erfolgt deshalb für den Teufenbereich des identifizierten Gebiets. Die ausgewiesene Fläche des Teilgebiets beträgt 43 km², ist damit größer gleich 9 km² (>>2-fache flächenhafte Ausdehnung), so dass der Indikator zur *Flächenhaften Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit* als günstig bewertet wird.
Kriterium 3 	Der „günstigen“ Bewertung zur räumlichen Charakterisierbarkeit wird im Wesentlichen zugestimmt, allerdings kann kein konkreter Bezug der verwendeten Fachliteratur auf die Salzstruktur Wettenbostel/Ebstorf hergestellt werden (siehe Bewertung Tabelle 15). Die Bewertung der einzelnen Indikatoren ist identisch zu denen anderer Teilgebiete im Steinsalz in steiler Lagerung. Daher wird für die Bewertung der Indikatoren des Kriteriums 3 auf die Aussagen in Tabelle 15 verwiesen.
Kriterium 11 	Das Kriterium zur Bewertung des Schutzes des ewG durch das Deckgebirge wird mit gebietsspezifischen Daten für das Teilgebiet nachvollziehbar bedingt günstig eingestuft. Die Daten des geologischen 3D-Modells (Baldschuhn, et al., 2001) belegen die Existenz von Störungen über dem Salzstock Wettenbostel/ Ebstorf *(Ausprägung struktureller Komplikationen)*. Die BGE nimmt zum jetzigen Zeitpunkt an,

ENWA

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
	dass die Störungen keine hydraulische Wirksamkeit auf den ewG haben und die Bewertung erfolgt entsprechend bedingt günstig. Der Salzstock Wettenbostel/ Ebstorf befindet sich, wie die Indikatoren voraussetzen in einer Tiefe größer 100 m unter GOK und wird vollständig von Gesteinen des Tertiärs oder älteren überdeckt *(Überdeckung)*. Bislang werden nur Ablagerungen des Quartärs als *nicht grundwasserhemmend bzw. erosionshemmend* angesehen. Hier ist nachzuweisen, dass keine Ablagerungen oder Schichten existieren, die potentielle Fließwege darstellen, wie es z.B Störungen, wenn sie nicht abdichtend wirken, sein können. Die Ausprägung des Deckgebirges ist standortspezifisch zu untersuchen und dazu gehört, die Bohrungen über dem Salzstock Wettenbostel/ Ebstorf und weitere Erkundungsdaten wie Seismik zu integrieren.
Die Bewertung der Kriterien 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9 und 10 erfolgt in 4.14	
günstig bedingt günstig weniger günstig nicht günstig nicht anwendbar	

Tabelle 23: Prüfung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Teilgebiet Wettenbostel/ Ebstorf (037_00TG_061_00IG_S_s_z).

Entwurf

4.8 Struktur Rosenthal - 038_00TG_063_00IG_S_s_z

4.8.1 Darstellung

Das Teilgebiet befindet sich in einer Tiefe von 1.040 m bis 1.500 m unter GOK. Es erstreckt sich auf einer Fläche von 25 km² zwischen den Ortsteilen Breetze (Bleckede) im Süden und der Gemeinde Hohnstorf im Norden (Abbildung 24). Tabelle 24 enthält die wesentlichen Kenndaten des Teilgebiets.

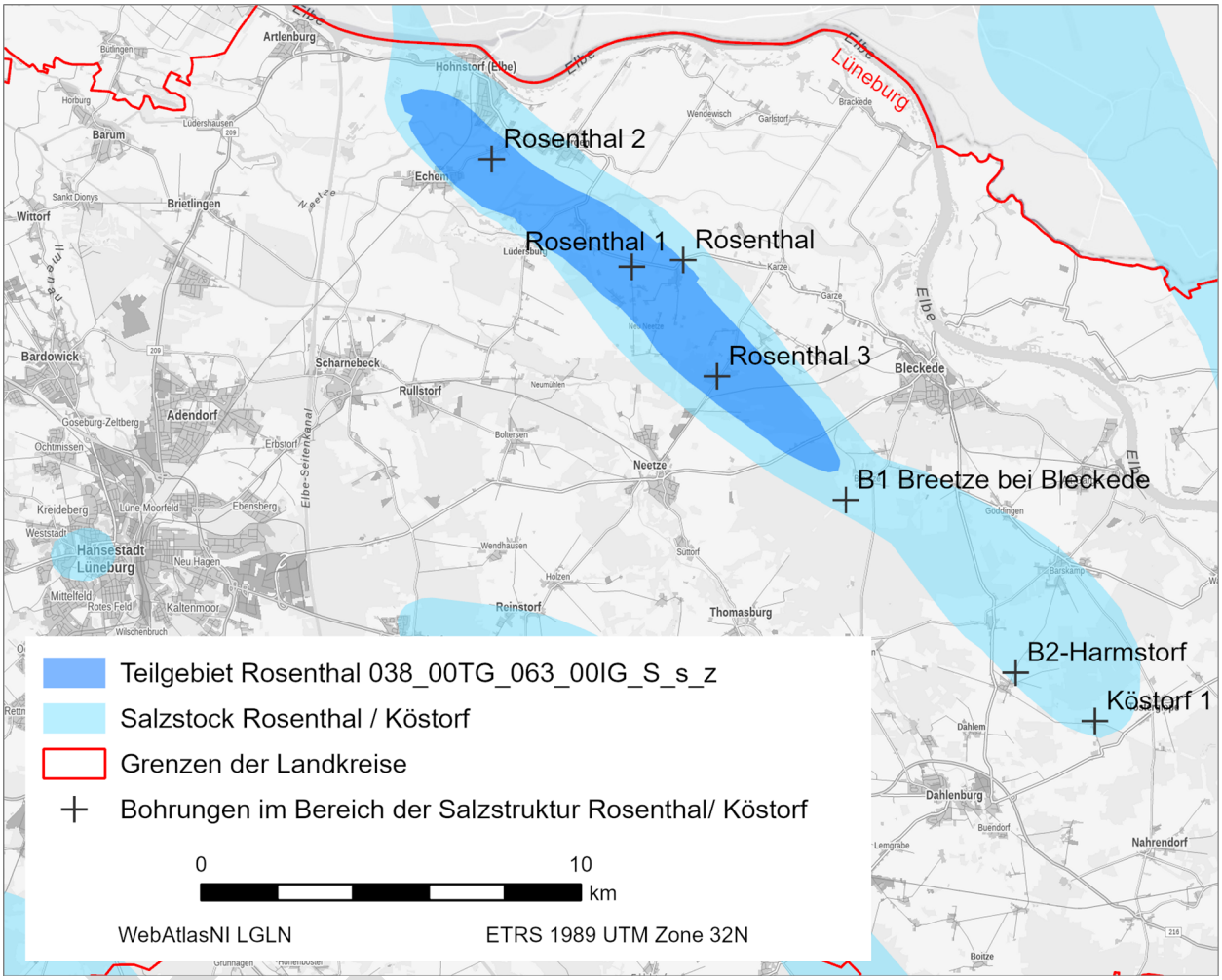


Abbildung 24: Übersichtskarte des Teilgebiets 038_00TG_063_00IG_S_s_z

Charakteristika des Teilgebiets 038_00TG_063_00IG_S_s_z	
IG-Kennung	063_00IG_S_s_z
Wirtsgesteinstyp und Konfiguration	Steinsalz in steiler Lagerung
Geographische Verortung	Das Teilgebiet liegt im Bundesland Niedersachsen, ca. 4 km südlich des Drei-Länder-Ecks Niedersachsen/ SchleswigHolstein/ Mecklenburg-Vorpommern.
Gesamtfläche	25 km²
Geologische Charakteristika	Das Teilgebiet befindet sich im Zechstein der Salzstruktur Rosenthal und weist eine Mächtigkeit von 460 m auf, in einer Teufenlage von 1.040 m bis 1.500 m unterhalb GOK.

Tabelle 24: Charakteristika des Teilgebiets 038_00TG_063_00IG_S_s_z

Das Teilgebiet ist Teil der langgestreckten Salzstruktur Juliusburg-Rosenthal-Köstorf, welche aus überwiegend steilstehenden Schichten des Zechsteinsalinars (Oberes Perm) aufgebaut wird. Der Salzstock hat im Bereich der Struktur Rosenthal, in welcher das Teilgebiet ausgewiesen wurde, eine Längserstreckung von etwa 16 km in Richtung Nordwest-Südost und eine Breite von etwa 3 km in Richtung Südwest-Nordost.

Die Salzstruktur hat eine vertikale Erstreckung (Höhe) von mehr als 4.000 m und besitzt im Bereich Rosenthal eine gleichmäßige Tiefenlage der Salzstockoberfläche von etwa 800 m unter GOK. Im nördlichsten Abschnitt der Struktur reicht die Salzstockoberfläche bis auf 740 m unter GOK. Diese Werte lassen sich mit Hilfe des 3D-Modells des Geotektonischen Atlas, GTA3D (Baldschuhn, et al., 2001) ermitteln.

Die Salzstruktur Rosenthal ist zusammen mit dem ausgewiesenen Teilgebiet in nachfolgender Abbildung 25 basierend auf den Daten des GTA3D (Baldschuhn, et al., 2001) als dreidimensionaler Körper mit Blickrichtung nach Nordosten auf die Längsachse dargestellt.

Entwurf

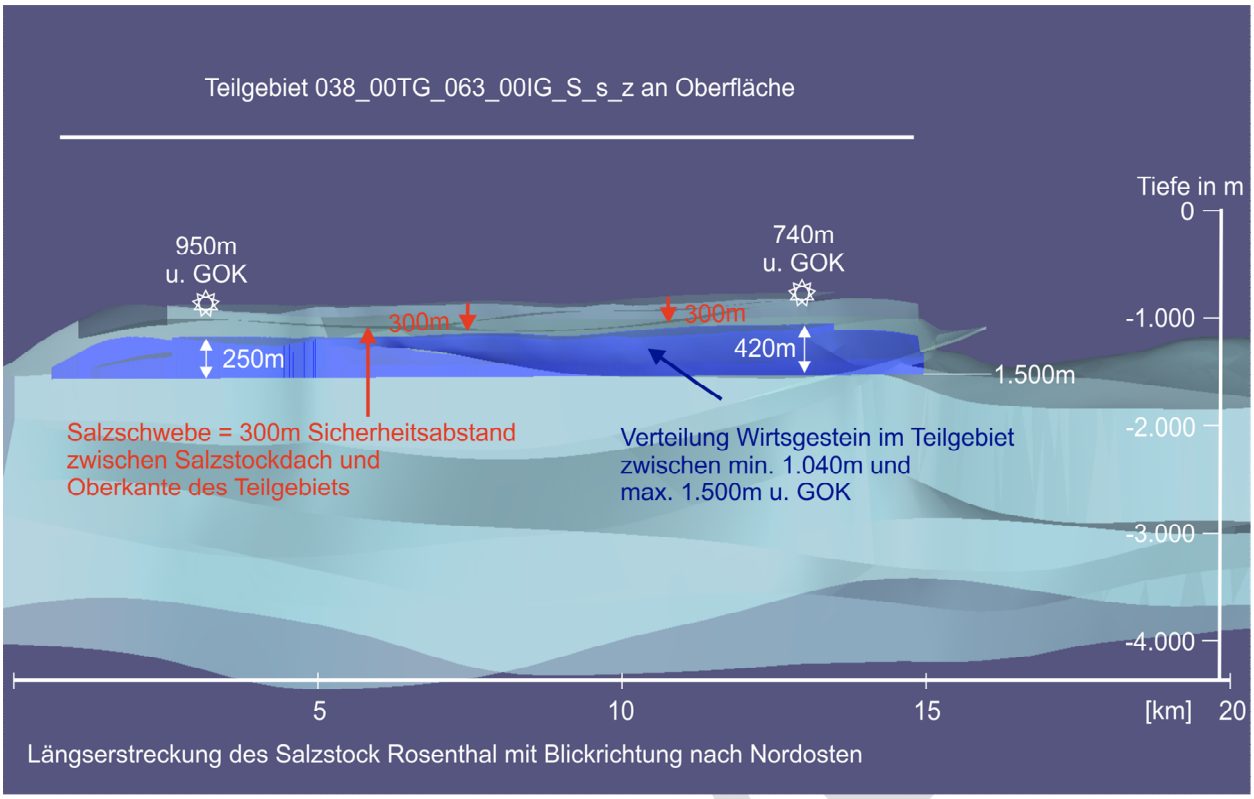


Abbildung 25: Perspektivische Darstellung des Teilgebiets 038_00TG_063_00IG_S_s_z im Salzstock Rosenthal

Das Teilgebiet befindet sich im oberen Bereich des Salzstocks. Die Oberkante des Teilgebiets befindet sich von jedem beliebigen Punkt des Salzstockdachs aus gesehen 300 m tiefer. Der Bereich zwischen dem Salzstockdach und der Oberkante des Teilgebietes entspricht der sogenannten Salzschwebe von 300 m Mächtigkeit, einer Mindestanforderung nach § 23 StandAG. Da das Salzstockdach keine ebene Fläche ist, weist auch die Oberkante des Teilgebietes wechselnde Tiefenlagen im Bezug zur Erdoberfläche auf.

Mit der Festlegung einer sogenannten maximalen Suchteufe (maximale Tiefe eines Teilgebiets) von 1.500 m unter GOK (BGE, 2020) liegt auch die Basis des Teilgebiets durchgängig in dieser Tiefe. Daraus ergibt sich auch eine wechselnde Mächtigkeit (Abstand zwischen Basis und Top) des Teilgebiets wie aus der 3D-Darstellung in Abbildung 25 ersichtlich ist. Im Süden ist das Teilgebiet etwa 250 m mächtig, die Mächtigkeit nimmt im Norden des Teilgebiets bis auf 420 m zu. Der Rand des Teilgebiets entspricht einer Mindestmächtigkeit von 100 m (Mindestanforderung nach § 23 StandAG).

Die folgende Abbildung 26 zeigt das Teilgebiet im Salzstock Rosenthal in einer Schrägansicht auf das 3D-Modell.

ERW

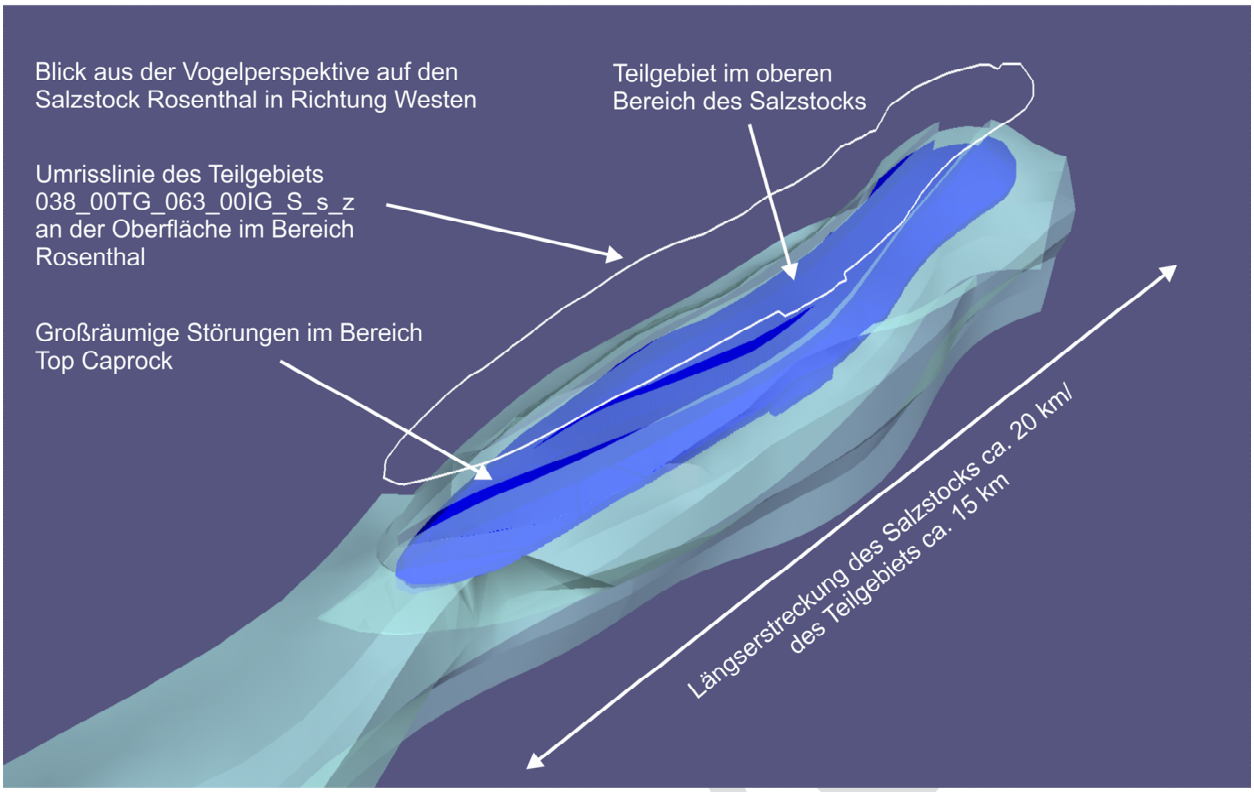


Abbildung 26: Darstellung des Teilgebiets 038_00TG_063_00IG_S_s_z im Salzstock Rosenthal aus der Vogelperspektive

Der Salzstock Rosenthal bzw. wie erläutert ein bestimmter Bereich der Salzstruktur ist als Teilgebiet ausgewiesen, da keines der in § 22 StandAG genannten Ausschlusskriterien erfüllt ist, alle in § 23 StandAG genannten Mindestanforderungen zutreffen und nach Anwendung der in § 24 und den Anlagen 1 bis 11 im StandAG aufgeführten geowissenschaftlichen Abwägungskriterien eine günstige geologische Gesamtsituation für die sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle erwarten lassen.

Die Vorgehensweise der BGE bei der Ausweisung des Teilgebiets wird im Folgenden geprüft.

4.8.2 Ausschlusskriterien

Aktive Störungszonen – Tektonische Störungen:

Wie viele norddeutsche Salzstrukturen zeigt auch der Salzstock Rosenthal in den Schichten über der Salzstruktur, dem Deckgebirge bzw. den Deckgebirgsschichten, sogenannte Scheitelstörungen (vergleichende Beschreibung Kapitel 4.4.2). Hierbei handelt es sich um ausgeprägte Horst- und Grabenstrukturen. Die tektonischen Strukturen sind im Zuge des Salzaufstiegs entstanden und führten dazu, dass die Schichten oberhalb dieser Salzstruktur um Beträge von mitunter 300 m gegeneinander versetzt wurden (Abbildung 26). Für den betroffenen Bereich im Deckgebirge einer Salzstruktur gilt das Ausschlusskriterium als erfüllt, wenn die Störungszone innerhalb der letzten 34 Millionen Jahre aktiv war und der höchste Punkt der Salzstruktur unterhalb von 300 m unter GOK liegt. Beides kann für den Salzstock Rosenthal ausgeschlossen werden.

Aktive Störungszonen - Atektonische bzw. aseismische Vorgänge:

Wie die BGE bemerkt, finden atektonische Vorgänge in einem Salzstock hauptsächlich im Bereich des Salzspiegels statt. Das LBEG ergänzt in seiner Stellungnahme (LBEG, 2021), dass Subrosion auch im Hutgestein stattfindet. Eine geologische Erläuterung erfolgt 4.4.2 bzw. mit der Abbildung 14.

Aus den wenigen Tiefbohrungen die in den Salzstock Rosenthal (Tabelle 25) niedergebracht wurden, haben drei der Bohrungen das Salinar erreicht. Die zur Verfügung stehenden Schichtenverzeichnisse enthalten keine detaillierten Informationen zu den durchteuften Einheiten, somit liegen zum jetzigen Zeitpunkt keine Kenntnisse über den Caprock, dessen Auslaugungsumfang, Mächtigkeiten und Tiefenlagen vor. Hierfür sind weitere Untersuchungen und Nachweise durch Bohrungen notwendig.

Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit:

Die Datenlage zu den Bohrungen, die über dem Salzstock Rosenthal abgeteuft wurden ist sehr gering, sowohl die Stammdaten als auch die Bohrdokumentation betreffend. Im Rahmen der Datenabfrage zum genannten Ausschlusskriterium hat die BGE bei den zuständigen Bundes- und Landesbehörden um Bohrdaten angefragt und daraus für den Bereich Rosenthal sieben Bohrungen ermittelt, die als ausgeschlossenes Gebiet identifiziert wurden. Folgende Tabelle 25 zeigt alle Tiefbohrungen, mit einer Endteufe größer 275 m, die über der Gesamtstruktur Juliusburg-Rosenthal-Köstorf abgeteuft wurden. Davon liegen vier Bohrungen (Rosenthal, Rosenthal 1 bis 3) im Teilgebiet.

Name der Bohrung	Ident des ausgeschlossenen Gebietes	Endteufe [m u. GOK]	Endhorizont	Teufe Caprock [m u. GOK]	Teufe Salzspiegel [m u. GOK]
Rosenthal	0035470AG	600,0	Tertiär	-	k.A
Rosenthal 1	0027599AG	914,7	Zechstein	814,0	k.A
Rosenthal 2	0035469AG	849,55	Zechstein	826,3	k.A
Rosenthal 3	0027600AG	730,0	Zechstein	k.A.	k.A
B1 Breetze bei Bleckede		867,75	Kreide	-	-
B 2 - Harmstorf		821,0	Tertiär	-	-
Köstorf 1		1577,4	Keuper	k.A.	k.A.

Tabelle 25: Tiefbohrungen (Endteufe > 275m) auf dem Salzstock Rosenthal (LBEG, 2022a)

Mit dem Ident des ausgeschlossenen Gebiets können die Bohrungen über die interaktive Karte der BGE zugeordnet und bei Bedarf weitere Informationen herangezogen werden. Die Tabelle 25 enthält weiterhin Informationen zur erreichten Endteufe und dem Endhorizont.

Im Bereich des Teilgebiets und der näheren Umgebung befindet ich weder ein Tagebau noch ein Bergwerk, der Einfluss auf einen potentiellen Endlagerbereich haben können.

4.8.3 Mindestanforderungen

Aufgrund der allgemeingültigen Annahmen zum Wirtsgestein Steinsalz erfolgt die Bewertung der Mindestanforderungen zur Gebirgsdurchlässigkeit auf Seite 51 im Kapitel 4.4.3.

Entwurf

Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Die Bewertung zur Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs ist analog auf alle Teilgebiete im Wirtsgestein Steinsalz zu betrachten und erfolgt im Wesentlichen auf Seite 51 im Kapitel 4.4.3.

Bei der Ausweisung des Teilgebiets im Salzstock Rosenthal wurde davon ausgegangen, dass das Wirtsgestein Steinsalz über die gesamte Fläche von ca. 25 km² in einer Mächtigkeit von 100 m vorhanden ist.

Basierend auf den allgemeinen Erkenntnissen zum Internbau von Salzstöcken kann festgestellt werden, dass die in der Abbildung 24 dargestellte Fläche des Wirtsgesteins Steinsalz im Teilgebiets 038_00TG_063_00IG_S_s_z in ihrer Ausdehnung und Mächtigkeit wahrscheinlich überschätzt wird. Vorallem in Bereichen, in denen sich das Teilgebiet sehr nahe am Salzstockrand befindet, kann davon ausgegangen werden, dass dort keine geeigneten Steinsalzvorkommen in notwendiger Mächtigkeit und Fläche vorkommen (siehe Erläuterung zum Internbau von Salzstrukturen Kapitel 4.4.3.

Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Die Bedingungen zur Erfüllung der Mindestanforderung zur Minimalen Teufe des ewG's sind in Kapitel 4.4.3 erläutert. Der Salzstock Rosenthal-Todtshorn befindet sich mindestens 740 m unter der Geländeoberkante.

Für die Ausweisung des Teilgebiets 038_00TG_063_00IG_S_s_z wurde eine Salzschwebe von 300 m zwischen Salzstockdach und Oberkante des Teilgebiets berücksichtigt (Abbildung 25). Die BGE hat allerdings das Vorhandensein eines Hutgesteins (Caprock) und dessen Mächtigkeit bei dieser Methodik außer Acht gelassen (siehe Kapitel 4.4.3).

Wie in Kapitel 4.5.2 erwähnt wurde, sind keine Informationen zur Mächtigkeit des Caprock des Salzstocks Rosenthal vorhanden. Generell kann davon ausgegangen werden, dass ein Hutgestein vorhanden ist (siehe Kapitel 4.4.2 Atektonische und Aseismische Störungen). Im weiteren Verfahren ist es notwendig, die Tiefenlage des Teilgebiets um Mächtigkeit des Hutgesteins anzupassen. Zum augenblicklichen Stand der Endlagersuche, mit der Herangehensweise der BGE und unter Berücksichtigung der Ungenauigkeiten die in 3D-Modellen auftreten können (zu Grunde gelegte Daten) kann die Anforderung bezüglich der Salzschwebe als erfüllt angesehen werden.

Bisher wurde lediglich die Salzschwebe zur Abgrenzung des ewG zum umgebenden Gestein, als Sicherheitsbereich angewendet. Wie die BGE anmerkt (BGE, 2020l, Teil 2) werden erst im weiteren Verfahren, Sicherheitsabstände zu den Randbereichen (Salzstockflanke) betrachtet.

Somit kann auch für das Kriterium Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs festgestellt werden, dass die in der Abbildung 24 dargestellte Fläche des Teilgebiets 038_00TG_063_00IG_S_s_z in ihrer Ausdehnung wahrscheinlich überschätzt wird und unter Berücksichtigung festgelegter Sicherheitsabstände kleiner ausfallen würde.

Fläche des Endlagers

Die ausgewiesene Fläche von 25 km² für das Teilgebiet 038_00TG_063_00IG_S_s_z erfüllt die Bedingung von mindestens 3 km² für die Realisierung eines Endlagers. Die Anforderung kann unter Berücksichtigung der zu Grunde gelegten Daten als erfüllt angesehen werden. Wie bereits erläutert, ist die ausgewiesene Fläche des Teilgebiets in ihrer Ausdehnung sehr wahrscheinlich überschätzt, da der teils komplexe Internbau einer Salzstruktur mit den entsprechenden Auswirkungen auf die Verteilung des Wirtsgesteins nicht betrachtet wird.

Entwurf

Erhalt der Barrierewirkung

Die bisher angewandte Methodik zur Ausweisung des Teilgebiets lässt den Erhalt der Barrierewirkung nicht anzweifeln, so dass die Mindestanforderung zunächst als erfüllt angesehen werden kann. Die Methodik berücksichtigt zum jetzigen Zeitpunkt allerdings nicht, wie in der Mindestanforderung zur „Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ erläutert wird, die Definition von Sicherheitsabständen zum Salzstockrandbereich, ohne die der Erhalt der Barrierewirkung nicht gewährleistet werden kann.

4.8.4 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien

Die Prüfung der Vorgehensweise der BGE bei der Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien ist unter Berücksichtigung der Stellungsnahmen des LBEG (LBEG, 2021) und der Anmerkungen der BGR (BGR, 2021) erfolgt. Das Resultat der Bewertung für das Teilgebiet 038_00TG_063_00IG_S_s_z ist in Tabelle 26 zusammengefasst. Die Tabelle basiert auf der Darstellung der Bewertungsergebnisse im Zwischenbericht Teilgebiete (Kompaktsteckbrief).

Die BGE hat im Teilgebiet Rosenthal eine individuelle Bewertung für die Kriterien 2 (Konfiguration der Gesteinskörper), 3 (räumliche Charakterisierbarkeit) und 11 (Deckgebirge) anhand der vorliegenden gebietsspezifischen Daten (BGE, 2020ak) und/ oder Fachliteratur (BGE, 2020ai) vorgenommen.

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
Kriterium 2 	Die Konfiguration der Gesteinskörper ist gerechtfertigt und nachvollziehbar als günstig eingestuft, dabei wurden vier Indikatoren verwendet. Die *Barrierenmächtigkeit* liegt mit maximal 460 m vergleichsweise geringfügig über der Mindestmächtigkeit von 100 m. Eine Mächtigkeit größer 300 m wird innerhalb des Teilgebiets für eine Fläche von 4,9 km² (aus einer Gesamtfläche von 25 km²) berechnet und liegt damit etwas über dem Flächenbedarf von 3 km². Der *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch den ewG* stellt sicher, dass der Einlagerungsbereich in jedem Fall von einem ewG umschlossen wird. Hier wird zum jetzigen Zeitpunkt die Annahme getroffen, dass das Wirtgestein und ewG Teil ein und desselben Gesteinskörpers sind und somit generell als günstig bewertet. Die Einordnung der *Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen ewG* erfolgt günstig, da das Teilgebiet eine Mindestmächtigkeit von 100 m in einer Teufe größer 500 m (hier 1.040 m u. GOK) aufweist. Allerdings kann zum jetzigen Zeitpunkt die genaue Lage des ewG nicht konkret räumlich ausgewiesen werden, und erfolgt deshalb für den Teufenbereich des identifizierten Gebiets. Die ausgewiesene Fläche des Teilgebiets beträgt 25 km², ist damit größer gleich 9 km² (>>2-fache flächenhafte Ausdehnung), so dass der Indikator zur *Flächenhaften Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit* als günstig bewertet wird.
Kriterium 3 	Der „günstigen“ Bewertung zur räumlichen Charakterisierbarkeit wird im Wesentlichen zugestimmt, allerdings kann kein konkreter Bezug der verwendeten Fachliteratur auf die Salzstruktur Rosenthal hergestellt werden (siehe Bewertung Tabelle 15). Die Bewertung der einzelnen Indikatoren ist identisch zu denen anderer Teilgebiete im Steinsalz in steiler Lagerung. Daher wird für die

Entwurf

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
	Bewertung der Indikatoren des Kriteriums 3 auf die Aussagen in Tabelle 15 verwiesen.
Kriterium 11 	Das Kriterium zur Bewertung des Schutzes des ewG durch das Deckgebirge wird mit gebietsspezifischen Daten für das Teilgebiet nachvollziehbar bedingt günstig eingestuft. Die Daten des geologischen 3D-Modells (Baldschuhn, et al., 2001) belegen die Existenz von Störungen über dem Salzstock Rosenthal *(Ausprägung struktureller Komplikationen)*. Die BGE nimmt zum jetzigen Zeitpunkt an, dass die Störungen keine hydraulische Wirksamkeit auf den ewG haben und die Bewertung erfolgt entsprechend bedingt günstig. Der Salzstock Rosenthal befindet sich, wie die Indikatoren voraussetzen in einer Tiefe größer 100 m unter GOK und wird vollständig von Gesteinen des Tertiärs oder älteren überdeckt *(Überdeckung)*. Bislang werden nur Ablagerungen des Quartärs als *nicht grundwasserhemmend bzw. erosionshemmend* angesehen. Hier ist nachzuweisen, dass keine Ablagerungen oder Schichten existieren, die potentielle Fließwege darstellen, wie es z.B Störungen, wenn sie nicht abdichtend wirken, sein können. Die Ausprägung des Deckgebirges ist standortspezifisch zu untersuchen und dazu gehört, die Bohrungen über dem Salzstock Rosenthal und weitere Erkundungsdaten wie Seismik zu integrieren.
Die Bewertung der Kriterien 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9 und 10 erfolgt in 4.14	
günstig **bedingt günstig** **weniger günstig** **nicht günstig** **nicht anwendbar**	

Tabelle 26: Prüfung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Teilgebiet Rosenthal (038_00TG_063_00IG_S_s_z).

Entwurf

4.9 Struktur Horndorf - 039_00TG_064_00IG_S_s_z

4.9.1 Darstellung

Das Teilgebiet befindet sich in einer Tiefe zwischen 750 m und 1.500 m unter GOK. Es erstreckt sich auf einer Fläche von 15 km² zwischen den Ortschaften Aljarn im Süden und Horndorf im Norden und ist Teil des Salzstocks Horndorf (Abbildung 27). Tabelle 27 enthält die wesentlichen Kenndaten des Teilgebiets.

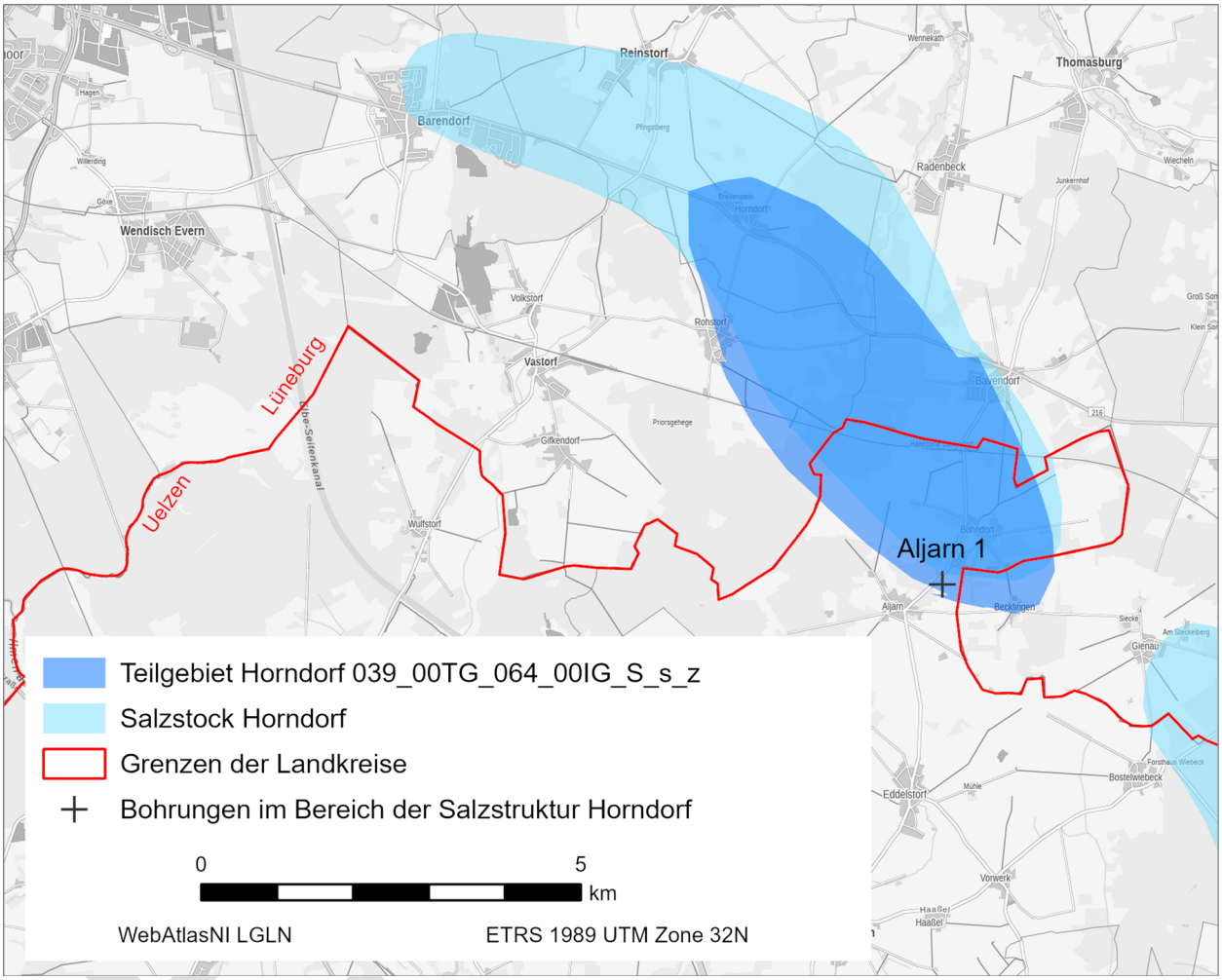


Abbildung 27: Übersichtskarte des Teilgebiets 039_00TG_064_00IG_S_s_z

Charakteristika des Teilgebiets 039_00TG_064_00IG_S_s_z	
IG-Kennung	064_00IG_S_s_z
Wirtsgesteinstyp und Konfiguration	Steinsalz in steiler Lagerung
Geographische Verortung	Das Teilgebiet liegt im Bundeslandes Niedersachsen, ca. 16 km südlich des Drei-Länder-Ecks Niedersachsen/ Schleswig-Holstein/ Mecklenburg-Vorpommern.
Gesamtfläche	15 km²
Geologische Charakteristika	Das Teilgebiet befindet sich im Zechstein der Salzstruktur Horndorf und weist eine Mächtigkeit von 750 Metern auf, in einer Teufenlage von 750 m bis 1.500 m unterhalb GOK.

Tabelle 27: Charakteristika des Teilgebiets 039_00TG_064_00IG_S_s_z

Das Teilgebiet ist Teil des Salzstocks Horndorf, welcher aus überwiegend steilstehenden Schichten des Zechsteinsalinars (Oberes Perm) aufgebaut wird. Der Salzstock hat eine Längserstreckung von 10 km in Richtung Nordwest-Südost und eine Breite von etwa 3 km in Richtung Südwest-Nordost.

Die Salzstruktur hat eine vertikale Erstreckung (Höhe) von mehr als 4.000 m und reicht an ihrer höchsten Erhebung bis auf etwa 450 m unter GOK. Das Dach des Salzstocks liegt vorwiegend in Tiefenlagen zwischen 450m bis 550m unter GOK. An den Rändern des Salzstocks liegt das Dach in einer Tiefe bis zu 1.050 m unter GOK bzw. in seinem nördlichen Abschnitt bis zu 2.500m unter GOK. Diese Werte lassen sich mit Hilfe des 3D-Modells des Geotektonischen Atlas, GTA3D (Baldschuhn, et al., 2001) ermitteln.

Die Salzstruktur Horndorf ist zusammen mit dem ausgewiesenen Teilgebiet in nachfolgender Abbildung 28 basierend auf den Daten des GTA3D (Baldschuhn, et al., 2001) als dreidimensionaler Körper mit Blickrichtung nach Süden auf die Längsachse dargestellt.

Entwurf

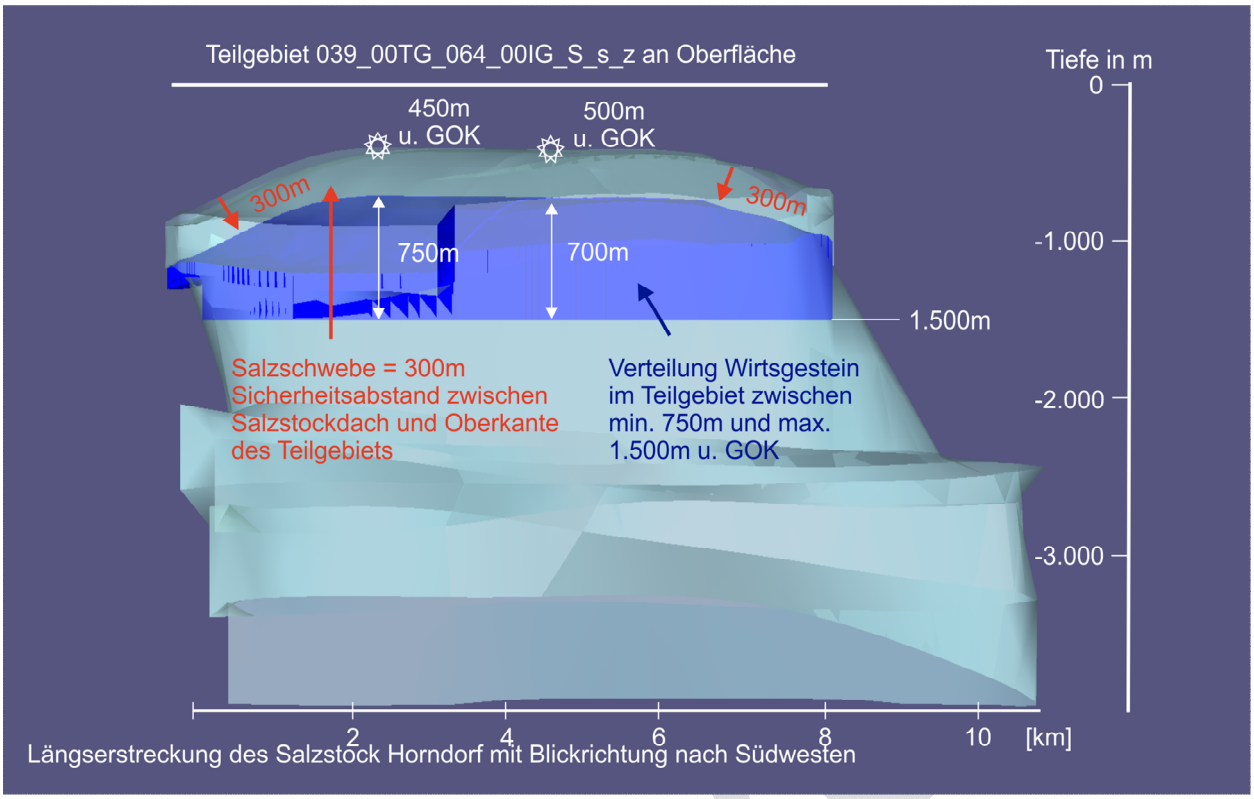


Abbildung 28: Perspektivische Darstellung des Teilgebiets 039_00TG_064_00IG_S_s_z im Salzstock Horndorf

Das Teilgebiet befindet sich im oberen Bereich des Salzstocks. Die Oberkante des Teilgebiets befindet sich von jedem beliebigen Punkt des Salzstockdachs aus gesehen 300 m tiefer. Der Bereich zwischen dem Salzstockdach und der Oberkante des Teilgebietes entspricht der sogenannten Salzschwebe von 300 m Mächtigkeit, einer Mindestanforderung nach § 23 StandAG. Da das Salzstockdach keine ebene Fläche ist, weist auch die Oberkante des Teilgebietes wechselnde Tiefenlagen im Bezug zur Erdoberfläche auf.

Mit der Festlegung einer sogenannten maximalen Suchteufe (maximale Tiefe eines Teilgebiets) von 1.500 m unter GOK (BGE, 2020) liegt auch die Basis des Teilgebiets durchgängig in dieser Tiefe. Daraus ergibt sich auch eine wechselnde Mächtigkeit (Abstand zwischen Basis und Top) des Teilgebiets wie aus der 3D-Darstellung Abbildung 28 ersichtlich ist. Im zentralen Bereich ist das Teilgebiet etwa 750 m mächtig, die Mächtigkeit verringert sich zu den Rändern des Teilgebiets bis auf durchschnittlich 300 m zu. Es existieren auch Randbereiche mit einer Mindestmächtigkeit von 100 m (Mindestanforderung nach § 23 StandAG).

Die folgende Abbildung 29 zeigt das Teilgebiet im Salzstock Horndorf in einer Schrägansicht auf das 3D-Modell.

ERDW

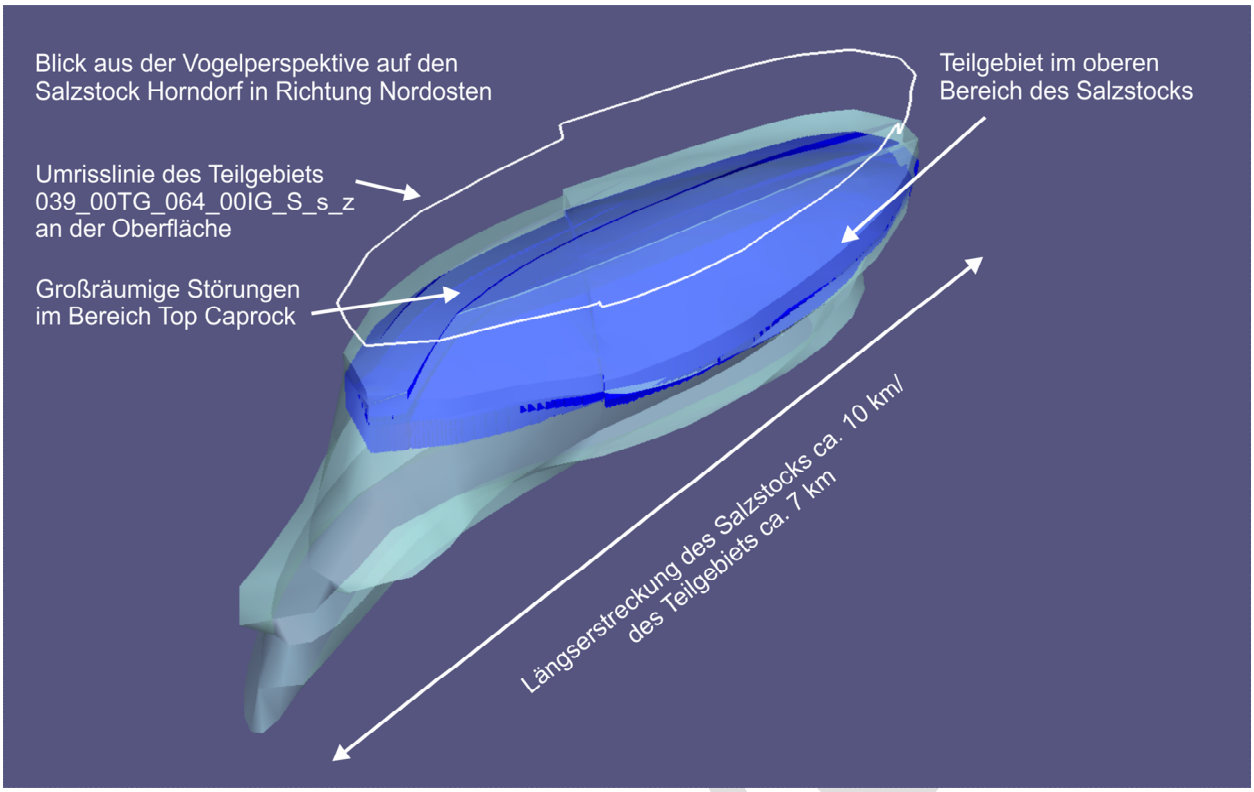


Abbildung 29: Darstellung des Teilgebiets 039_00TG_064_00IG_S_s_z im Salzstock Horndorf aus der Vogelperspektive

Ein bestimmter Bereich innerhalb der Salzstruktur Horndorf ist als Teilgebiet ausgewiesen, da keines der in § 22 StandAG genannten Ausschlusskriterien erfüllt ist, alle in § 23 StandAG genannten Mindestanforderungen zutreffen und nach Anwendung der in § 24 und den Anlagen 1 bis 11 im StandAG aufgeführten geowissenschaftlichen Abwägungskriterien eine günstige geologische Gesamtsituation für die sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle erwarten lassen.

Die Vorgehensweise der BGE bei der Ausweisung des Teilgebiets wird im Folgenden geprüft.

4.9.2 Ausschlusskriterien

Aktive Störungszonen – Tektonische Störungen:

Wie viele norddeutsche Salzstrukturen zeigt auch der Salzstock Horndorf in den Schichten über der Salzstruktur, dem Deckgebirge bzw. den Deckgebirgsschichten, sogenannte Scheitelstörungen (vergleichende Beschreibung Kapitel 4.4.2). Hierbei handelt es sich um ausgeprägte Horst- und Grabenstrukturen. Die tektonischen Strukturen sind im Zuge des Salzaufstiegs entstanden und führten dazu, dass die Schichten oberhalb dieser Salzstruktur um Beträge von etwa 100 m gegeneinander versetzt wurden (Abbildung 29). Für den betroffenen Bereich im Deckgebirge einer Salzstruktur gilt das Ausschlusskriterium als erfüllt, wenn die Störungszone innerhalb der letzten 34 Millionen Jahre aktiv war und der höchste Punkt der Salzstruktur unterhalb von 300 m unter GOK liegt. Beides kann für den Salzstock Horndorf ausgeschlossen werden.

Aktive Störungszonen - Atektonische bzw. aseismische Vorgänge:

Wie die BGE bemerkt, finden atektonische Vorgänge in einem Salzstock hauptsächlich im Bereich des Salzspiegels statt. Das LBEG ergänzt in seiner Stellungnahme (LBEG, 2021), dass Subrosion auch im Hutgestein stattfindet. Eine geologische Erläuterung erfolgt 4.4.2 bzw. mit der Abbildung 14.

Im Bereich des Salzstocks Horndorf wurde die Bohrung Aljarn 1 niedergebracht (Tabelle 28). Die Bohrung liegt am Salzstockrand und wurde zweimal zurück zementiert und neu abgelenkt, so dass sich zwei weitere Bohrpfade ergeben (Bohrungen Aljarn 1a und Aljarn 1a (2.). Die Bohrungen haben das Salinar, bedingt durch die Randlage, mehrmals durchteuft. Die Schichtenverzeichnisse zeigen Caprockmächtigkeiten zwischen 40 bis 60 m. Zum jetzigen Zeitpunkt liegen für den zentralen Bereich des Salzstocks keine Kenntnisse über den Caprock, dessen Auslaugungsumfang, Mächtigkeiten und Tiefenlagen vor. Hierfür sind weitere Untersuchungen und Nachweise durch Bohrungen notwendig.

Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit:

Die Datenlage zu den Bohrungen, die über dem Salzstock Horndorf abgeteuft wurden ist sehr gering, sowohl die Stammdaten als auch die Bohrdokumentation betreffend. Im Rahmen der Datenabfrage zum genannten Ausschlusskriterium hat die BGE bei den zuständigen Bundes- und Landesbehörden um Bohrdaten angefragt und daraus für den Bereich Horndorf drei Bohrungen ermittelt, die als ausgeschlossene Gebiete identifiziert wurden. Folgende Tabelle 28 zeigt die Tiefbohrungen, mit einer Endteufe größer 275 m, die im Bereich über dem Salzstock Horndorf abgeteuft wurden.

Name der Bohrung	Ident des ausgeschlossenen Gebietes	Endteufe [m u. GOK]	Endhorizont	Teufe Caprock [m u. GOK]	Teufe Salzspiegel [m u. GOK]
Aljarn 1	0033800AG	1.662,5	Keuper	785,5	825,0
Aljarn 1a	0035482AG	1.897,2	Jura	792,5	853,5
Aljarn 1a (2.)	0033799AG	2.133,0	Jura	792,5	853,5

Tabelle 28: Tiefbohrungen (Endteufe > 275m) auf dem Salzstock Horndorf (LBEG, 2022a)

Mit dem Ident des ausgeschlossenen Gebiets können die Bohrungen über die interaktive Karte der BGE zugeordnet und bei Bedarf weitere Informationen herangezogen werden. Die Tabelle 28 enthält weiterhin Informationen zur erreichten Endteufe und dem Endhorizont.

Im Bereich des Teilgebiets und der näheren Umgebung befindet ich weder ein Tagebau noch ein Bergwerk, der Einfluss auf einen potentiellen Endlagerbereich haben können.

4.9.3 Mindestanforderungen

Aufgrund der allgemeingültigen Annahmen zum Wirtsgestein Steinsalz erfolgt die Bewertung der Mindestanforderungen zur Gebirgsdurchlässigkeit auf Seite 51 im Kapitel 4.4.3.

Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Die Bewertung zur Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs ist analog auf alle Teilgebiete im Wirtsgestein Steinsalz zu betrachten und erfolgt im Wesentlichen auf Seite 51 im Kapitel 4.4.3.

Bei der Ausweisung des Teilgebiets im Salzstock Horndorf wurde davon ausgegangen, dass das Wirtsgestein Steinsalz über die gesamte Fläche von ca. 15 km² in einer Mächtigkeit von 100 m vorhanden ist.

Basierend auf den allgemeinen Erkenntnissen zum Internbau von Salzstöcken kann festgestellt werden, dass die in der Abbildung 27 dargestellte Fläche des Wirtsgesteins Steinsalz im Teilgebiets 039_00TG_064_00IG_S_s_z in ihrer Ausdehnung und Mächtigkeit wahrscheinlich überschätzt wird. In Abbildung 29 wird außerdem deutlich, dass sich das Teilgebiet an seinen Randbereichen durchgängig direkt am Salzstockrand befindet. Nach der oben aufgeführten Erläuterung zum Internbau von Salzstrukturen

(Kapitel 4.4.3) kann davon ausgegangen werden, dass dort keine geeigneten Steinsalzvorkommen in notwendiger Mächtigkeit und Fläche vorkommen.

Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Die Bedingungen zur Erfüllung der Mindestanforderung zur Minimalen Teufe des ewG's sind in Kapitel 4.4.3 erläutert. Der Salzstock Horndorf befindet sich mindestens 450 m unter der Geländeoberkante.

Für die Ausweisung des Teilgebiets 039_00TG_064_00IG_S_s_z wurde eine Salzschwebe von 300 m zwischen Salzstockdach und Oberkante des Teilgebiets berücksichtigt (Abbildung 16). Die BGE hat allerdings das Vorhandensein eines Hutgesteins (Caprock) und dessen Mächtigkeit bei dieser Methodik außer Acht gelassen (siehe Kapitel 4.4.3).

Wie in Kapitel 4.9.2 erwähnt wurde, sind wenige Informationen zur Mächtigkeit des Caprock des Salzstocks Horndorf vorhanden. Die Mächtigkeit des Hutgesteins beträgt im Randbereich der Struktur 40 bis 60 m. Würde man dies berücksichtigen, so müsste die ausgewiesene Oberfläche des Teilgebiets um mindestens 60 m tiefer gesetzt werden. Zum augenblicklichen Stand der Endlagersuche, mit der Herangehensweise der BGE und unter Berücksichtigung der Ungenauigkeiten die in 3D-Modellen auftreten können (zu Grunde gelegte Daten) kann die Anforderung bezüglich der Salzschwebe als erfüllt angesehen werden.

Bisher wurde lediglich die Salzschwebe zur Abgrenzung des ewG zum umgebenden Gestein, als Sicherheitsbereich angewendet. Wie die BGE anmerkt (BGE, 2020l, Teil 2) werden erst im weiteren Verfahren, Sicherheitsabstände zu den Randbereichen (Salzstockflanke) betrachtet.

Somit kann auch für das Kriterium Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs festgestellt werden, dass die in der Abbildung 27 dargestellte Fläche des Teilgebiets 039_00TG_064_00IG_S_s_z in ihrer Ausdehnung wahrscheinlich überschätzt wird und unter Berücksichtigung festgelegter Sicherheitsabstände kleiner ausfallen würde.

Fläche des Endlagers

Die ausgewiesene Fläche von 15 km² für das Teilgebiet 039_00TG_064_00IG_S_s_z erfüllt die Bedingung von mindestens 3 km² für die Realisierung eines Endlagers. Die Anforderung kann unter Berücksichtigung der zu Grunde gelegten Daten als erfüllt angesehen werden. Wie bereits erläutert, ist die ausgewiesene Fläche des Teilgebiets in ihrer Ausdehnung sehr wahrscheinlich überschätzt, da der teils komplexe Internbau einer Salzstruktur mit den entsprechenden Auswirkungen auf die Verteilung des Wirtsgesteins nicht betrachtet wird.

Erhalt der Barrierewirkung

Die bisher angewandte Methodik zur Ausweisung des Teilgebiets lässt den Erhalt der Barrierewirkung nicht anzweifeln, so dass die Mindestanforderung zunächst als erfüllt angesehen werden kann. Die Methodik berücksichtigt zum jetzigen Zeitpunkt allerdings nicht, wie in der Mindestanforderung zur „Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs" erläutert wird, die Definition von Sicherheitsabständen zum Salzstockrandbereich, ohne die der Erhalt der Barrierewirkung nicht gewährleistet werden kann.

4.9.4 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien

Die Prüfung der Vorgehensweise der BGE bei der Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien ist unter Berücksichtigung der Stellungsnahmen des LBEG (LBEG, 2021) und der Anmerkungen der BGR (BGR, 2021) erfolgt. Das Resultat der Bewertung für das Teilgebiet 039_00TG_064_00IG_S_s_z ist in Tabelle 29 zusammengefasst. Die Tabelle basiert auf der Darstellung der Bewertungsergebnisse im Zwischenbericht Teilgebiete (Kompaktsteckbrief).

Entwurf

Die BGE hat im Teilgebiet Horndorf eine individuelle Bewertung für die Kriterien 2 (Konfiguration der Gesteinskörper), 3 (räumliche Charakterisierbarkeit) und 11 (Deckgebirge) anhand der vorliegenden gebietsspezifischen Daten (BGE, 2020ak) und/ oder Fachliteratur (BGE, 2020ai) vorgenommen.

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
Kriterium 2 	Die Konfiguration der Gesteinskörper ist gerechtfertigt und nachvollziehbar als günstig eingestuft, dabei wurden vier Indikatoren verwendet. Die *Barrierenmächtigkeit* liegt mit maximal 750 m über der Mindestmächtigkeit von 100 m. Eine Mächtigkeit größer 300 m wird innerhalb des Teilgebiets für eine Fläche von 12,8 km² (aus einer Gesamtfläche von 15 km²) berechnet und liegt damit über dem Flächenbedarf von 3 km². Der *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch den ewG* stellt sicher, dass der Einlagerungsbereich in jedem Fall von einem ewG umschlossen wird. Hier wird zum jetzigen Zeitpunkt die Annahme getroffen, dass das Wirtgestein und ewG Teil ein und desselben Gesteinskörpers sind und somit generell als günstig bewertet. Die Einordnung der *Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen ewG* erfolgt günstig, da das Teilgebiet eine Mindestmächtigkeit von 100 m in einer Teufe größer 500 m (hier 750 m u. GOK) aufweist. Allerdings kann zum jetzigen Zeitpunkt die genaue Lage des ewG nicht konkret räumlich ausgewiesen werden, und erfolgt deshalb für den Teufenbereich des identifizierten Gebiets. Die ausgewiesene Fläche des Teilgebiets beträgt 15 km², ist damit größer gleich 9 km² (>>2-fache flächenhafte Ausdehnung), so dass der Indikator zur *Flächenhaften Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit* als günstig bewertet wird.
Kriterium 3 	Der „günstigen“ Bewertung zur räumlichen Charakterisierbarkeit wird im Wesentlichen zugestimmt, allerdings kann kein konkreter Bezug der verwendeten Fachliteratur auf die Salzstruktur Horndorf hergestellt werden (siehe Bewertung Tabelle 15). Die Bewertung der einzelnen Indikatoren ist identisch zu denen anderer Teilgebiete im Steinsalz in steiler Lagerung. Daher wird für die Bewertung der Indikatoren des Kriteriums 3 auf die Aussagen in Tabelle 15 verwiesen.
Kriterium 11 	Das Kriterium zur Bewertung des Schutzes des ewG durch das Deckgebirge wird mit gebietsspezifischen Daten für das Teilgebiet nachvollziehbar bedingt günstig eingestuft. Die Daten des geologischen 3D-Modells (Baldschuhn, et al., 2001) belegen die Existenz von Störungen über dem Salzstock Horndorf *(Ausprägung struktureller Komplikationen*. Die BGE nimmt zum jetzigen Zeitpunkt an, dass die Störungen keine hydraulische Wirksamkeit auf den ewG haben und die Bewertung erfolgt entsprechend bedingt günstig. Der Salzstock Horndorf befindet sich, wie die Indikatoren voraussetzen in einer Tiefe größer 100 m unter GOK und wird vollständig von Gesteinen des Tertiärs oder älteren überdeckt *(Überdeckung)*. Bislang werden nur Ablagerungen des Quartärs als *nicht grundwasserhemmend bzw. erosionshemmend* angesehen. Hier ist nachzuweisen, dass keine

Entwurf

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
	Ablagerungen oder Schichten existieren, die potentielle Fließwege darstellen, wie es z.B Störungen, wenn sie nicht abdichtend wirken, sein können. Die Ausprägung des Deckgebirges ist standortspezifisch zu untersuchen und dazu gehört, die Bohrungen über dem Salzstock Horndorf und weitere Erkundungsdaten wie Seismik zu integrieren.
Die Bewertung der Kriterien 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9 und 10 erfolgt in 4.14	
günstig	bedingt günstig	weniger günstig	nicht günstig	nicht anwendbar	

Tabelle 29: Prüfung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Teilgebiet Horndorf (039_00TG_064_00IG_S_s_z).

Entwurf

4.10 Struktur Niendorf II/ Wieren/ Bodenteich - 040_00TG_067_00IG_S_s_z

4.10.1 Darstellung

Das Teilgebiet befindet sich in einer Tiefe zwischen 580 m und 1.500 m unter GOK. Es erstreckt sich auf einer Fläche von 42 km² zwischen den Ortschaften Bad Bodenteich im Süden über Stedersdorf und Niendorf im Norden und ist Teil der Salzstruktur Niendorf II-Wieren-Bodenteich (Abbildung 30). Tabelle 30 enthält die wesentlichen Kenndaten des Teilgebiets.

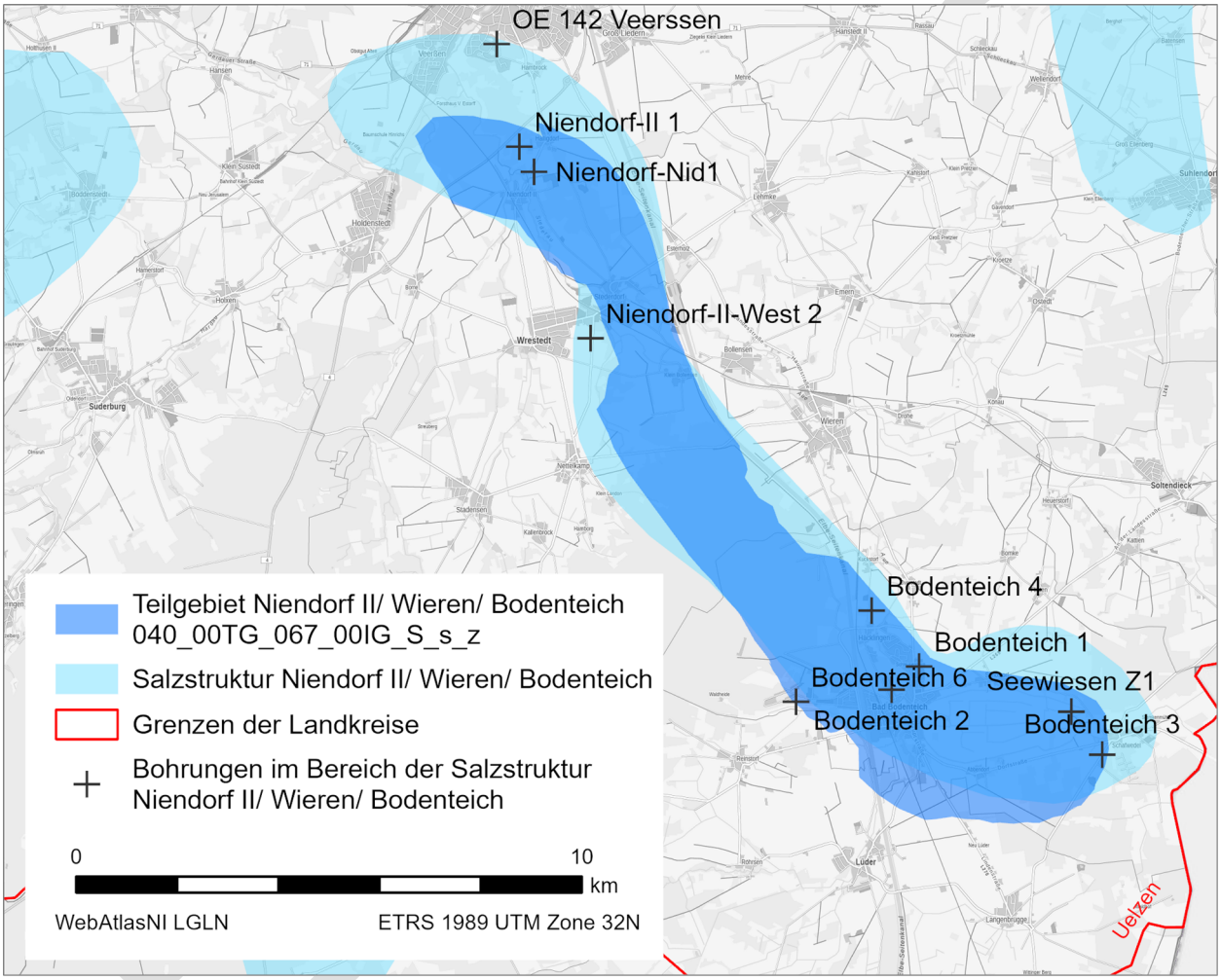


Abbildung 30: Übersichtskarte des Teilgebiets 040_00TG_067_S_s_z

Charakteristika des Teilgebiets 040_00TG_067_00IG_S_s_z	
IG-Kennung	067_00IG_S_s_z
Wirtsgesteinstyp und Konfiguration	Steinsalz in steiler Lagerung
Geographische Verortung	Das Teilgebiet liegt im Bundesland Niedersachsen, ca. 1,5 km nordwestlich des Bundeslandes Sachsen-Anhalt.
Gesamtfläche	42 km²
Geologische Charakteristika	Das Teilgebiet befindet sich im Zechstein der Salzstruktur Niendorf II / Wieren / Bodenteich und weist eine Mächtigkeit von 920 Metern auf, in einer Teufenlage von 580 m bis 1.500 m unterhalb GOK.

Tabelle 30: Charakteristika des Teilgebiets 040_00TG_067_S_s_z

Das Teilgebiet ist Teil der langgestreckten Salzstruktur Niendorf II-Wieren-Bodenteich, welche aus überwiegend steilstehenden Schichten des Zechsteinsalinars (Oberes Perm) aufgebaut wird. Der Salzstock hat eine Längserstreckung von 20 km in Richtung Nordwest-Südost und eine Breite von etwa 3 km in Richtung Südwest-Nordost.

Die Salzstruktur hat eine vertikale Erstreckung (Höhe) von 4.000 m und besitzt zwei Kulminationspunkte (höchste Erhebungen), bedingt dadurch, dass Salinareinheiten an zwei Bereichen bevorzugt aufgestiegen sind. Im Bereich Niendorf im Norden reicht die Salzstruktur bis auf etwa 330 m unter GOK. In seinem zentralen Bereich der Struktur (Bereich Wieren) liegt das Dach des Salzstocks bei 700 m unter GOK und der Bereich im Süden (Bodenteich) liegt bei 280 m unter GOK. Diese Werte lassen sich mit Hilfe des 3D-Modells des Geotektonischen Atlas, GTA3D (Baldschuhn, et al., 2001) ermitteln.

Die Salzstruktur Niendorf-Wieren-Bodenteich ist zusammen mit dem ausgewiesenen Teilgebiet in nachfolgender Abbildung 31 basierend auf den Daten des GTA3D (Baldschuhn, et al., 2001) als dreidimensionaler Körper mit Blickrichtung nach Südwesten auf die Längsachse dargestellt.

Entwurf

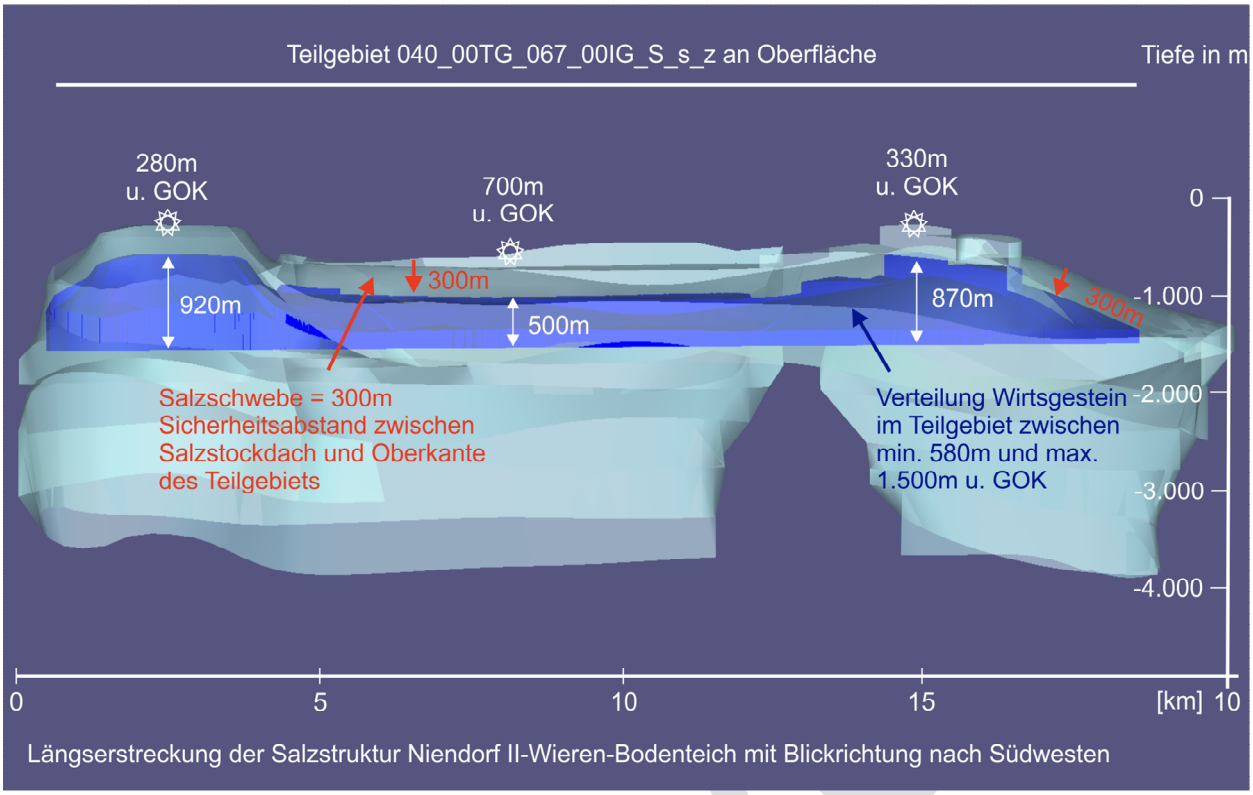


Abbildung 31: Perspektivische Darstellung des Teilgebiets 040_00TG_067_00IG_S_s_z im Salzstock Niendorf II-Wieren-Bodenteich

Das Teilgebiet befindet sich im oberen Bereich des Salzstocks. Die Oberkante des Teilgebiets befindet sich von jedem beliebigen Punkt des Salzstockdachs aus gesehen 300 m tiefer. Der Bereich zwischen dem Salzstockdach und der Oberkante des Teilgebietes entspricht der sogenannten Salzschwebe von 300 m Mächtigkeit, einer Mindestanforderung nach § 23 StandAG. Da das Salzstockdach keine ebene Fläche ist, weist auch die Oberkante des Teilgebietes wechselnde Tiefenlagen im Bezug zur Erdoberfläche auf.

Mit der Festlegung einer sogenannten maximalen Suchteufe (maximale Tiefe eines Teilgebiets) von 1.500 m unter GOK (BGE, 2020) liegt auch die Basis des Teilgebiets durchgängig in dieser Tiefe. Daraus ergibt sich auch eine wechselnde Mächtigkeit (Abstand zwischen Basis und Top) des Teilgebiets wie aus der 3D-Darstellung in Abbildung 31 ersichtlich ist. Im Süden (Bereich Bodenteich) ist das Teilgebiet etwa 920 m mächtig, im zentralen Bereich beträgt die Mächtigkeit etwa 500 m und im Norden (Bereich Niendorf) findet sich eine Mächtigkeit von bis zu 870 m. Der Rand des Teilgebiets entspricht einer Mindestmächtigkeit von 100 m (Mindestanforderung nach § 23 StandAG).

Die folgende Abbildung 32 zeigt das Teilgebiet im Salzstock Niendorf II-Wieren-Bodenteich in einer Schrägansicht auf das 3D-Modell.

ENTWURF

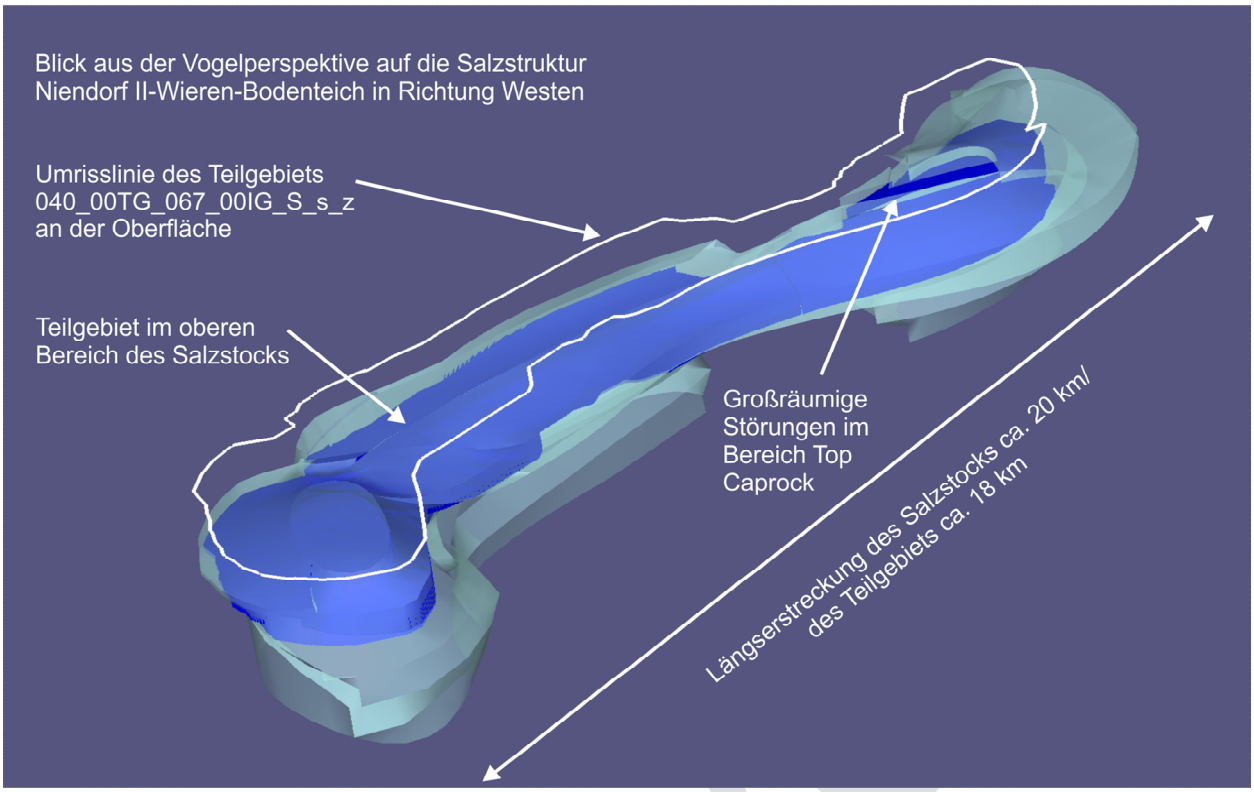


Abbildung 32: Darstellung des Teilgebiets 040_00TG_067_00IG_S_s_z im Salzstock Niendorf II-Wieren-Bodenteich aus der Vogelperspektive

Ein bestimmter Bereich innerhalb der Salzstruktur Niendorf II-Wieren-Bodenteich ist als Teilgebiet ausgewiesen, da keines der in § 22 StandAG genannten Ausschlusskriterien erfüllt ist, alle in § 23 StandAG genannten Mindestanforderungen zutreffen und nach Anwendung der in § 24 und den Anlagen 1 bis 11 im StandAG aufgeführten geowissenschaftlichen Abwägungskriterien eine günstige geologische Gesamtsituation für die sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle erwarten lassen.

Die Vorgehensweise der BGE bei der Ausweisung des Teilgebiets wird im Folgenden geprüft.

4.10.2 Ausschlusskriterien

Aktive Störungszonen – Tektonische Störungen:

Wie viele norddeutsche Salzstrukturen zeigt auch der Salzstock Niendorf II-Wieren-Bodenteich in den Schichten über der Salzstruktur, dem Deckgebirge bzw. den Deckgebirgsschichten, sogenannte Scheitelstörungen (vergleichende Beschreibung Kapitel 4.4.2). Hierbei handelt es sich um ausgeprägte Horst- und Grabenstrukturen. Die tektonischen Strukturen sind im Zuge des Salzaufstiegs entstanden und führten dazu, dass die Schichten oberhalb dieser Salzstruktur um Beträge von mitunter 250 m gegeneinander versetzt wurden (Abbildung 32). Für den betroffenen Bereich im Deckgebirge einer Salzstruktur gilt das Ausschlusskriterium als erfüllt, wenn die Störungszone innerhalb der letzten 34 Millionen Jahre aktiv war und der höchste Punkt der Salzstruktur unterhalb von 300 m unter GOK liegt. Beides kann für den Salzstock Niendorf II-Wieren-Bodenteich ausgeschlossen werden.

Entwurf

Aktive Störungszonen - Atektonische bzw. aseismische Vorgänge:

Wie die BGE bemerkt, finden atektonische Vorgänge in einem Salzstock hauptsächlich im Bereich des Salzspiegels statt. Das LBEG ergänzt in seiner Stellungnahme (LBEG, 2021), dass Subrosion auch im Hutgestein stattfindet. Eine geologische Erläuterung erfolgt 4.4.2 bzw. mit der Abbildung 14.

Im Bereich des Salzstruktur Niendorf II-Wieren-Bodenteich wurden eine Vielzahl von Bohrungen abgeteuft. In sechs Bohrungen wurde das Salinar durchteuft, nur in der Bohrung Seewiesen Z1 wurde der Caprock im Schichtenverzeichnis differenziert. Es tritt eine Caprockmächtigkeit von etwa 50 m auf. Zum jetzigen Zeitpunkt liegen für den zentralen Bereich des Salzstocks keine Kenntnisse über den Caprock, dessen Auslaugungsumfang, Mächtigkeiten und Tiefenlagen vor. Hierfür sind weitere Untersuchungen und Nachweise durch Bohrungen notwendig

Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit:

Folgende Tabelle 31 zeigt alle Tiefbohrungen, mit einer Endteufe größer 275 m, die im Bereich über dem Salzstock Niendorf II-Wieren-Bodenteich abgeteuft wurden. Mit dem Ident des ausgeschlossenen Gebiets können die Bohrungen über die interaktive Karte der BGE zugeordnet und bei Bedarf weitere Informationen herangezogen werden. Die Tabelle 31 enthält Informationen zur erreichten Endteufe, Endhorizont und sofern vorhanden Informationen zur Lage des Caprocks bzw. des Salzspiegels.

Insgesamt existieren 10 Bohrungen mit Endteufen zwischen 328,0 m und 4.415 m unter GOK im Bereich des Salzstock Niendorf II-Wieren-Bodenteich, acht davon liegen im Teilgebiet selbst. Die Bohrungen wurden über einen Zeitraum von etwa 50 Jahren, beginnend mit der ältesten Bohrung (Bodenteich 1) im Jahr 1941 bis ins Jahr 1987 (Seewiesen Z1). Die Datenlage zu den Bohrungen, die über bzw. im Salzstock Bahlburg abgeteuft wurden ist sehr unterschiedlich, sowohl die Stammdaten als auch die Bohrdokumentation (z.B. Schichtenverzeichnisse, Zementation, Verfüllung) betreffend.

Die Gegenüberstellung der Bohrungsdaten aus den Quellen der BGE und des NIBIS-Kartenserver bzw. der Bohrpunktekarte Deutschland ergab, dass alle der ausgeschlossenen Gebiete, als Bohrungen im entsprechenden Teufenbereich identifiziert werden und sich im Teilgebiet befinden.

Name der Bohrung	Ident des ausgeschlossenen Gebietes	Endteufe [m u. GOK]	Endhorizont	Teufe Caprock [m u. GOK]	Teufe Salzspiegel [m u. GOK]
Bodenteich 1	0028691AG	900,0	Zechstein	878,0	k.A.
Bodenteich 2	0028695AG	822,5	Zechstein	808,0	k.A.
Bodenteich 3	0028696AG	1.049,35	Zechstein	1.031,1	k.A.
Bodenteich 4	0028698AG	1.840,8	Unterer Jura	-	-
Bodenteich 6	0028700AG	1.906,6	Keuper	-	-
Niendorf-II-West 2	0028733AG	688,8	Keuper	-	-
Niendorf-II 1	0028734AG	651,35	Zechstein	582,0	k.A.
Niendorf-Nid1	0023494AG	461,1	Zechstein	k.A.	k.A.
OE 142 Veerssen	0023498AG	328,0	k.A.	k.A.	k.A.
Seewiesen Z1	0028736AG	4.415,0	Karbon	227,0	275,0

Tabelle 31: Tiefbohrungen (Endteufe > 275m) auf dem Salzstock Niendorf II-Wieren-Bodenteich (LBEG, 2022a)

Im Bereich des Teilgebiets und der näheren Umgebung befindet ich weder ein Tagebau noch ein Bergwerk, der Einfluss auf einen potentiellen Endlagerbereich haben können.

4.10.3 Mindestanforderungen

Aufgrund der allgemeingültigen Annahmen zum Wirtsgestein Steinsalz erfolgt die Bewertung der Mindestanforderungen zur Gebirgsdurchlässigkeit auf Seite 51 im Kapitel 4.4.3.

Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Die Bewertung zur Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs ist analog auf alle Teilgebiete im Wirtsgestein Steinsalz zu betrachten und erfolgt im Wesentlichen auf Seite 51 im Kapitel 4.4.3.

Bei der Ausweisung des Teilgebiets im Salzstock Niendorf II-Wieren-Bodenteich wurde davon ausgegangen, dass das Wirtsgestein Steinsalz über die gesamte Fläche von ca. 42 km² in einer Mächtigkeit von 100 m vorhanden ist.

Basierend auf den allgemeinen Erkenntnissen zum Internbau von Salzstöcken kann festgestellt werden, dass die in der Abbildung 30 dargestellte Fläche des Wirtsgesteins Steinsalz im Teilgebiets 040_00TG_067_00IG_S_s_z in ihrer Ausdehnung und Mächtigkeit wahrscheinlich überschätzt wird. In Abbildung 30 wird außerdem deutlich, dass sich das Teilgebiet teilweise an seinen Randbereichen direkt am Salzstockrand befindet. Nach der oben aufgeführten Erläuterung zum Internbau von Salzstrukturen (Kapitel 4.4.3) kann davon ausgegangen werden, dass dort keine geeigneten Steinsalzvorkommen in notwendiger Mächtigkeit und Fläche vorkommen.

Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Die Bedingungen zur Erfüllung der Mindestanforderung zur Minimalen Teufe des ewG's sind in Kapitel 4.4.3 erläutert. Der Salzstock Niendorf II-Wieren-Bodenteich befindet sich mindestens 280 m unter der Geländeoberkante.

Für die Ausweisung des Teilgebiets 040_00TG_067_00IG_S_s_z wurde eine Salzschwebe von 300 m zwischen Salzstockdach und Oberkante des Teilgebiets berücksichtigt (Abbildung 16). Die BGE hat allerdings das Vorhandensein eines Hutgesteins (Caprock) und dessen Mächtigkeit bei dieser Methodik außer Acht gelassen (siehe Kapitel 4.4.3).

Wie in Kapitel 4.9.2 erwähnt wurde, sind wenige Informationen zur Mächtigkeit des Caprock des Salzstocks Niendorf II-Wieren-Bodenteich vorhanden. Die Mächtigkeit des Hutgesteins beträgt im Bereich Bodenteich etwa 50 m. Würde man dies berücksichtigen, so müsste die ausgewiesene Oberfläche des Teilgebiets um mindestens 60 m tiefer gesetzt werden. Zum augenblicklichen Stand der Endlagersuche, mit der Herangehensweise der BGE und unter Berücksichtigung der Ungenauigkeiten die in 3D-Modellen auftreten können (zu Grunde gelegte Daten) kann die Anforderung bezüglich der Salzschwebe als erfüllt angesehen werden.

Bisher wurde lediglich die Salzschwebe zur Abgrenzung des ewG zum umgebenden Gestein, als Sicherheitsbereich angewendet. Wie die BGE anmerkt (BGE, 2020l, Teil 2) werden erst im weiteren Verfahren, Sicherheitsabstände zu den Randbereichen (Salzstockflanke) betrachtet.

Somit kann auch für das Kriterium Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs festgestellt werden, dass die in der Abbildung 30 dargestellte Fläche des Teilgebiets 040_00TG_067_00IG_S_s_z in ihrer Ausdehnung wahrscheinlich überschätzt wird und unter Berücksichtigung festgelegter Sicherheitsabstände kleiner ausfallen würde.

Entwurf

Fläche des Endlagers

Die ausgewiesene Fläche von 42 km² für das Teilgebiet 040_00TG_067_00IG_S_s_z erfüllt die Bedingung von mindestens 3 km² für die Realisierung eines Endlagers. Die Anforderung kann unter Berücksichtigung der zu Grunde gelegten Daten als erfüllt angesehen werden. Wie bereits erläutert, ist die ausgewiesene Fläche des Teilgebiets in ihrer Ausdehnung sehr wahrscheinlich überschätzt, da der teils komplexe Internbau einer Salzstruktur mit den entsprechenden Auswirkungen auf die Verteilung des Wirtsgesteins nicht betrachtet wird.

Erhalt der Barrierewirkung

Die bisher angewandte Methodik zur Ausweisung des Teilgebiets lässt den Erhalt der Barrierewirkung nicht anzweifeln, so dass die Mindestanforderung zunächst als erfüllt angesehen werden kann. Die Methodik berücksichtigt zum jetzigen Zeitpunkt allerdings nicht, wie in der Mindestanforderung zur „Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ erläutert wird, die Definition von Sicherheitsabständen zum Salzstockrandbereich, ohne die der Erhalt der Barrierewirkung nicht gewährleistet werden kann.

4.10.4 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien

Die Prüfung der Vorgehensweise der BGE bei der Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien ist unter Berücksichtigung der Stellungsnahmen des LBEG (LBEG, 2021) und der Anmerkungen der BGR (BGR, 2021) erfolgt. Das Resultat der Bewertung für das Teilgebiet 040_00TG_067_00IG_S_s_z ist in Tabelle 32 zusammengefasst. Die Tabelle basiert auf der Darstellung der Bewertungsergebnisse im Zwischenbericht Teilgebiete (Kompaktsteckbrief).

Die BGE hat im Teilgebiet Niendorf II-Wieren-Bodenteich eine individuelle Bewertung für die Kriterien 2 (Konfiguration der Gesteinskörper), 3 (räumliche Charakterisierbarkeit) und 11 (Deckgebirge) anhand der vorliegenden gebietsspezifischen Daten (BGE, 2020ak) und/ oder Fachliteratur (BGE, 2020ai) vorgenommen.

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
Kriterium 2 	Die Konfiguration der Gesteinskörper ist gerechtfertigt und nachvollziehbar als günstig eingestuft, dabei wurden vier Indikatoren verwendet. Die *Barrierenmächtigkeit* liegt mit maximal 920 m über der Mindestmächtigkeit von 100 m. Eine Mächtigkeit größer 300 m wird innerhalb des Teilgebiets für eine Fläche von 20,1 km² (aus einer Gesamtfläche von 42 km²) berechnet und liegt damit über dem Flächenbedarf von 3 km². Der *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch den ewG* stellt sicher, dass der Einlagerungsbereich in jedem Fall von einem ewG umschlossen wird. Hier wird zum jetzigen Zeitpunkt die Annahme getroffen, dass das Wirtgestein und ewG Teil ein und desselben Gesteinskörpers sind und somit generell als günstig bewertet. Die Einordnung der *Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen ewG* erfolgt günstig, da das Teilgebiet eine Mindestmächtigkeit von 100 m in einer Teufe größer 500 m (hier 580 m u. GOK) aufweist, Allerdings kann zum jetzigen Zeitpunkt die genaue Lage des ewG nicht konkret räumlich ausgewiesen werden, und erfolgt deshalb für den Teufenbereich des identifizierten Gebiets.

Entwurf

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
	Die ausgewiesene Fläche des Teilgebiets beträgt 42 km², ist damit größer gleich 9 km² (>>2-fache flächenhafte Ausdehnung), so dass der Indikator zur *Flächenhaften Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit* als günstig bewertet wird.
Kriterium 3 	Der „günstigen“ Bewertung zur räumlichen Charakterisierbarkeit wird im Wesentlichen zugestimmt, allerdings kann kein konkreter Bezug der verwendeten Fachliteratur auf die Salzstruktur Niendorf II-Wieren-Bodenteich hergestellt werden (siehe Bewertung Tabelle 15). Die Bewertung der einzelnen Indikatoren ist identisch zu denen anderer Teilgebiete im Steinsalz in steiler Lagerung. Daher wird für die Bewertung der Indikatoren des Kriteriums 3 auf die Aussagen in Tabelle 15 verwiesen.
Kriterium 11 	Das Kriterium zur Bewertung des Schutzes des ewG durch das Deckgebirge wird mit gebietsspezifischen Daten für das Teilgebiet nachvollziehbar bedingt günstig eingestuft. Die Daten des geologischen 3D-Modells (Baldschuhn, et al., 2001) belegen die Existenz von Störungen über dem Salzstock Niendorf II-Wieren-Bodenteich *(Ausprägung struktureller Komplikationen)*. Die BGE nimmt zum jetzigen Zeitpunkt an, dass die Störungen keine hydraulische Wirksamkeit auf den ewG haben und die Bewertung erfolgt entsprechend bedingt günstig. Der Salzstock Niendorf II-Wieren-Bodenteich befindet sich, wie die Indikatoren voraussetzen in einer Tiefe größer 100 m unter GOK und wird vollständig von Gesteinen des Tertiärs oder älteren überdeckt *(Überdeckung)*. Bislang werden nur Ablagerungen des Quartärs als *nicht grundwasserhemmend bzw. erosionshemmend* angesehen. Hier ist nachzuweisen, dass keine Ablagerungen oder Schichten existieren, die potentielle Fließwege darstellen, wie es z.B Störungen, wenn sie nicht abdichtend wirken, sein können. Die Ausprägung des Deckgebirges ist standortspezifisch zu untersuchen und dazu gehört, die Bohrungen über dem Salzstock Niendorf II-Wieren-Bodenteich und weitere Erkundungsdaten wie Seismik zu integrieren.
Die Bewertung der Kriterien 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9 und 10 erfolgt in 4.14	
günstig **bedingt günstig** **weniger günstig** **nicht günstig** **nicht anwendbar**	

Tabelle 32: Prüfung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Teilgebiet Niendorf II-Wieren-Bodenteich (040_00TG_067_00IG_S_s_z).

Entwurf

4.11 Struktur Rosche-Thondorf - 041_00TG_068_00IG_S_s_z

4.11.1 Darstellung

Das Teilgebiet befindet sich in einer Tiefe zwischen 600 m und 1.500 m unter GOK. Es erstreckt sich auf einer Fläche von 30 km² zwischen den Gemeinden Suhlendorf im Süden, Rosche im zentralen Bereich und dem Ortsteil Groß Thondorf im Norden und ist Teil der Salzstruktur Rosche-Thondorf (Abbildung 33). Tabelle 33 enthält die wesentlichen Kenndaten des Teilgebiets.

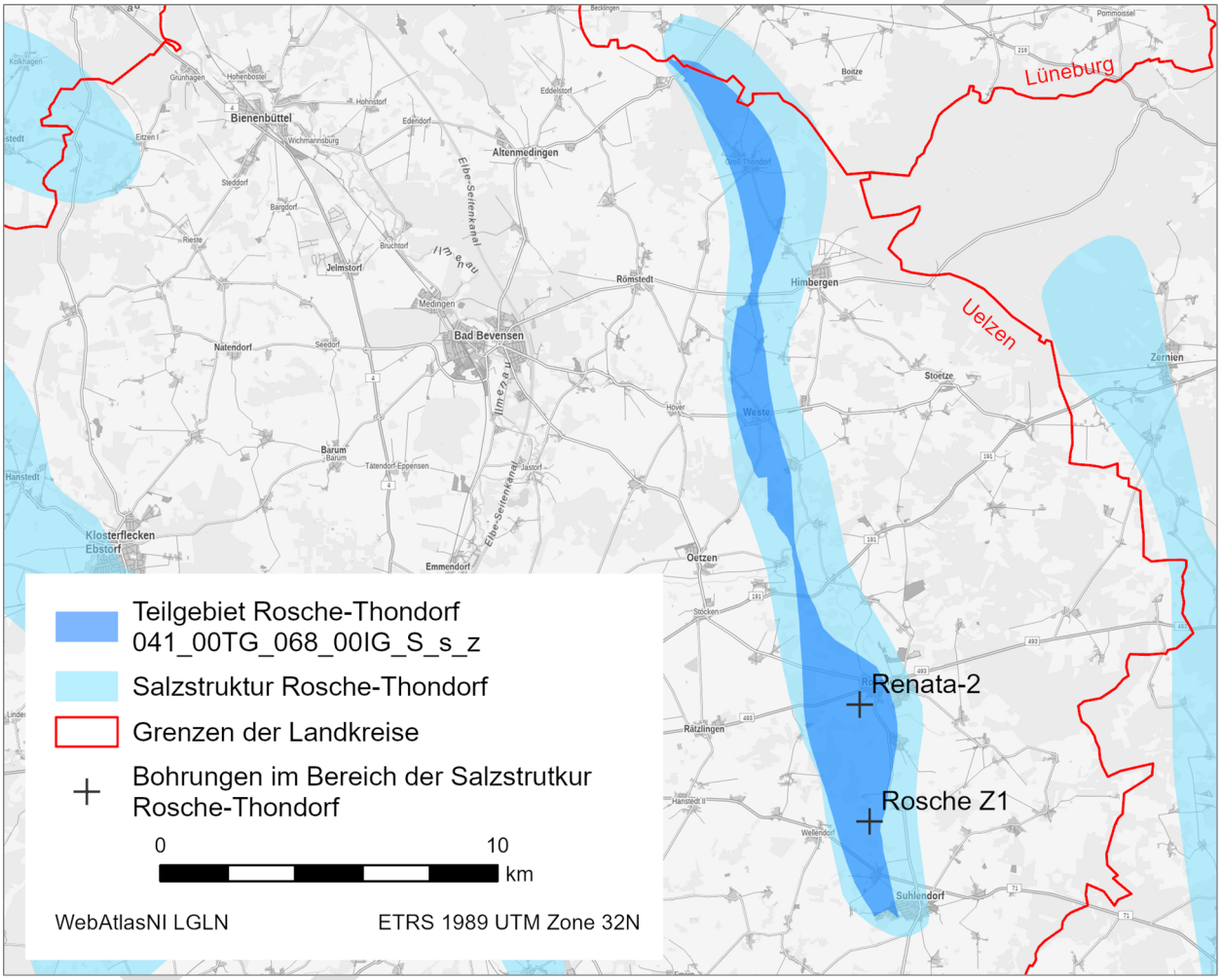


Abbildung 33: Übersichtskarte des Teilgebiets 041_00TG_068_00IG_S_s_z

Charakteristika des Teilgebiets 041_00TG_068_00IG_S_s_z	
IG-Kennung	068_00IG_S_s_z
Wirtsgesteinstyp und Konfiguration	Steinsalz in steiler Lagerung
Geographische Verortung	Das Teilgebiet liegt im Bundesland Niedersachsen, ca. 9 km nordwestlich des Bundeslandes Sachsen-Anhalt.
Gesamtfläche	30 km²
Geologische Charakteristika	Das Teilgebiet befindet sich im Zechstein der Salzstruktur Rosche-Thondorf und weist eine Mächtigkeit von 890 m auf, in einer Teufenlage von 600 m bis 1.500 m unterhalb GOK.

Tabelle 33: Charakteristika des Teilgebiets 041_00TG_068_00IG_S_s_z

Das Teilgebiet ist Teil der langgestreckten Salzstruktur Rosche-Thondorf, welche aus überwiegend steilstehenden Schichten des Zechsteinsalinars (Oberes Perm) aufgebaut wird. Der Salzstock hat eine Längserstreckung von 28 km in Richtung Nord-Süd und eine Breite von durchschnittlich 2,5 km in Richtung West-Ost.

Die Salzstruktur hat eine vertikale Erstreckung (Höhe) von mehr als 4.000 m und besitzt zwei Kulminationspunkte (höchste Erhebungen), bedingt dadurch, dass Salinareinheiten an zwei Bereichen bevorzugt aufgestiegen sind. Im Bereich Rosche im Süden reicht die Salzstruktur bis auf etwa 300 m unter GOK. In seinem zentralen Bereich der Struktur liegt das Dach des Salzstocks bei 1.000 m unter GOK und der Bereich im Norden (Thondorf) liegt bei 800 m unter GOK. Diese Werte lassen sich mit Hilfe des 3D-Modells des Geotektonischen Atlas, GTA3D (Baldschuhn, et al., 2001) ermitteln, eines auch von der BGE zur Ermittlung der Teilgebiete eingesetztes geologisches Untergrundmodell.

Die Salzstruktur Rosche-Thondorf ist zusammen mit dem ausgewiesenen Teilgebiet in nachfolgender Abbildung 34 basierend auf den Daten des GTA3D (Baldschuhn, et al., 2001) als dreidimensionaler Körper mit Blickrichtung nach Südwesten auf die Längsachse dargestellt.

Entwurf

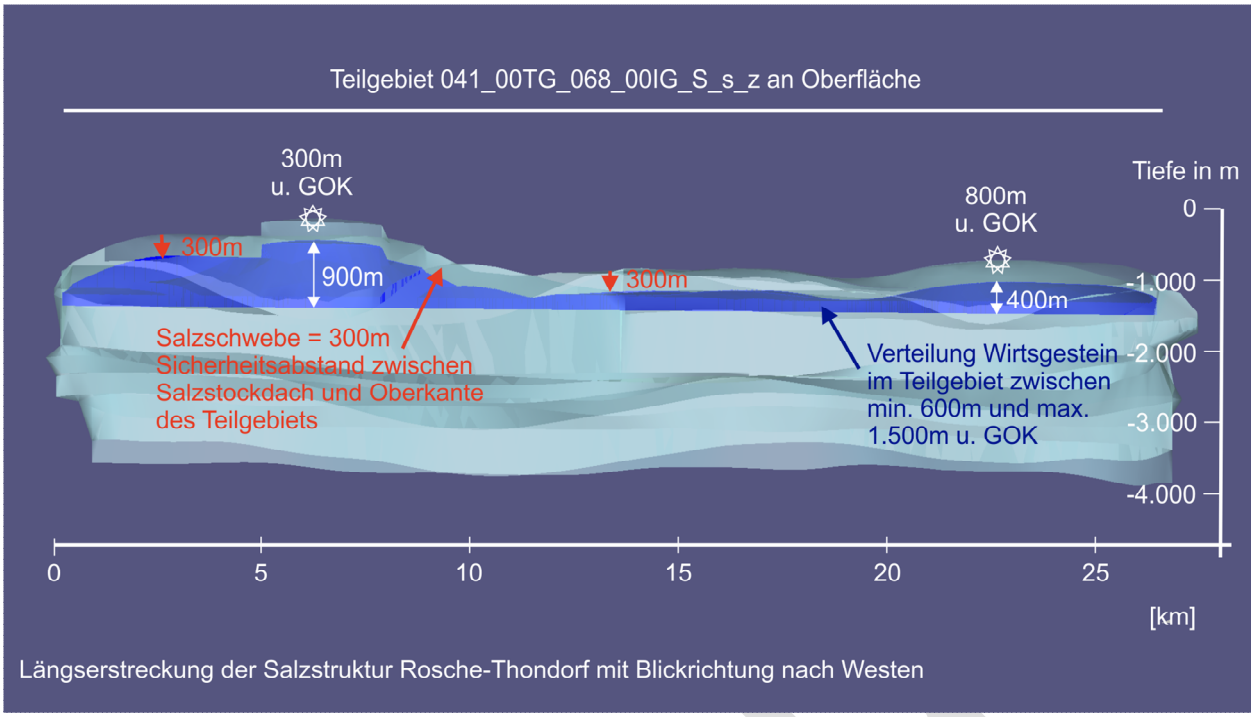


Abbildung 34: Perspektivische Darstellung des Teilgebiets 041_00TG_068_00IG_S_s_z im Salzstock Rosche-Thondorf

Das Teilgebiet befindet sich im oberen Bereich des Salzstocks. Die Oberkante des Teilgebiets befindet sich von jedem beliebigen Punkt des Salzstockdachs aus gesehen 300 m tiefer. Der Bereich zwischen dem Salzstockdach und der Oberkante des Teilgebietes entspricht der sogenannten Salzschwebe von 300 m Mächtigkeit, einer Mindestanforderung nach § 23 StandAG. Da das Salzstockdach keine ebene Fläche ist, weist auch die Oberkante des Teilgebietes wechselnde Tiefenlagen im Bezug zur Erdoberfläche auf.

Mit der Festlegung einer sogenannten maximalen Suchteufe (maximale Tiefe eines Teilgebiets) von 1.500 m unter GOK (BGE, 2020) liegt auch die Basis des Teilgebiets durchgängig in dieser Tiefe. Daraus ergibt sich auch eine wechselnde Mächtigkeit (Abstand zwischen Basis und Top) des Teilgebiets wie aus der 3D-Darstellung Abbildung 34 ersichtlich ist. Im Süden (Bereich Rosche) ist das Teilgebiet etwa 900 m mächtig, im zentralen Bereich beträgt die Mächtigkeit etwa 200 m und im Norden (Bereich Thondorf) findet sich eine Mächtigkeit von bis zu 400 m. Der Rand des Teilgebiets entspricht einer Mindestmächtigkeit von 100 m (Mindestanforderung nach § 23 StandAG).

Die folgende Abbildung 35 zeigt das Teilgebiet im Salzstock Rosche-Thondorf in einer Schrägansicht auf das 3D-Modell.

Entwurf

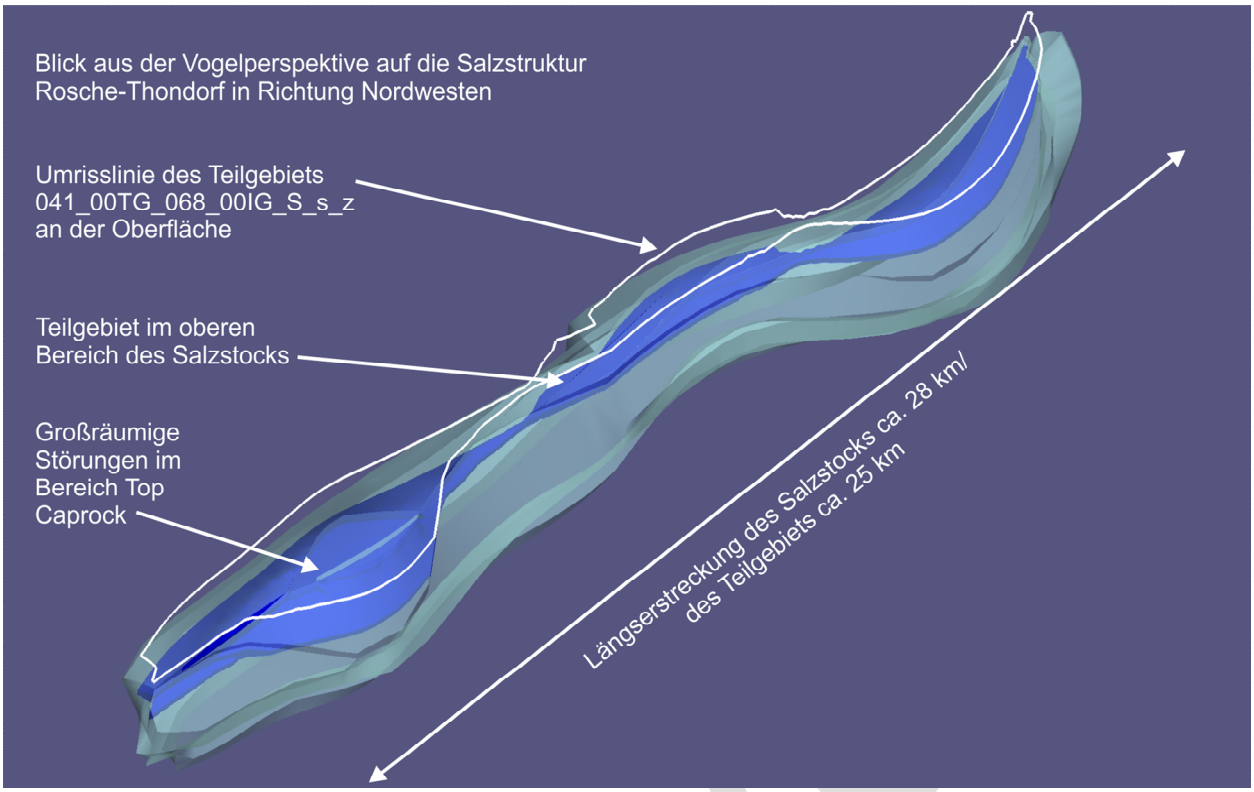


Abbildung 35: Darstellung des Teilgebiets 041_00TG_068_00IG_S_s_z im Salzstock Rosche-Thondorf aus der Vogelperspektive

Ein bestimmter Bereich innerhalb der Salzstruktur Rosche-Thondorf ist als Teilgebiet ausgewiesen, da keines der in § 22 StandAG genannten Ausschlusskriterien erfüllt ist, alle in § 23 StandAG genannten Mindestanforderungen zutreffen und nach Anwendung der in § 24 und den Anlagen 1 bis 11 im StandAG aufgeführten geowissenschaftlichen Abwägungskriterien eine günstige geologische Gesamtsituation für die sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle erwarten lassen.

Die Vorgehensweise der BGE bei der Ausweisung des Teilgebiets wird im Folgenden geprüft.

4.11.2 Ausschlusskriterien

Aktive Störungszonen – Tektonische Störungen:

Wie viele norddeutsche Salzstrukturen zeigt auch der Salzstock Rosche-Thondorf den Schichten über der Salzstruktur, dem Deckgebirge bzw. den Deckgebirgsschichten, sogenannte Scheitelstörungen (vergleichende Beschreibung Kapitel 4.4.2). Hierbei handelt es sich um ausgeprägte Horst- und Grabenstrukturen. Die tektonischen Strukturen sind im Zuge des Salzaufstiegs entstanden und führten dazu, dass die Schichten oberhalb dieser Salzstruktur um Beträge bis zu 300 m gegeneinander versetzt wurden (Abbildung 35). Für den betroffenen Bereich im Deckgebirge einer Salzstruktur gilt das Ausschlusskriterium als erfüllt, wenn die Störungszone innerhalb der letzten 34 Millionen Jahre aktiv war und der höchste Punkt der Salzstruktur unterhalb von 300 m unter GOK liegt. Beides kann für den Salzstock Rosche-Thondorf ausgeschlossen werden.

Entwurf

Aktive Störungszonen - Atektonische bzw. aseismische Vorgänge:

Wie die BGE bemerkt, finden atektonische Vorgänge in einem Salzstock hauptsächlich im Bereich des Salzspiegels statt. Das LBEG ergänzt in seiner Stellungnahme (LBEG, 2021), dass Subrosion auch im Hutgestein stattfindet. Eine geologische Erläuterung erfolgt 4.4.2 bzw. mit der Abbildung 14.

Im Bereich des Salzstruktur Rosche-Thondorf wurden drei Bohrungen abgeteuft. In zwei Bohrungen wurde das Salinar durchteuft. Die zur Verfügung stehenden Schichtenverzeichnisse enthalten keine Informationen über den Caprock, dessen Auslaugungsumfang, Mächtigkeiten und Tiefenlagen vor. Hierfür sind weitere Untersuchungen und Nachweise durch Bohrungen notwendig.

Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit:

Folgende Tabelle 34 zeigt alle Tiefbohrungen, mit einer Endteufe größer 275 m, die im Bereich über dem Salzstock Rosche-Thondorf abgeteuft wurden. Mit dem Ident des ausgeschlossenen Gebiets können die Bohrungen über die interaktive Karte der BGE zugeordnet und bei Bedarf weitere Informationen herangezogen werden. Die Tabelle 34 enthält Informationen zur erreichten Endteufe, Endhorizont und sofern vorhanden Informationen zur Lage des Caprocks bzw. des Salzspiegels.

Insgesamt existieren drei Bohrungen mit Endteufen zwischen 496,0 m und 4.230 m unter GOK im Bereich des Salzstocks Rosche-Thondorf. Die Gegenüberstellung der Bohrungsdaten aus den Quellen der BGE und des NIBIS-Kartenserver bzw. der Bohrpunktekarte Deutschland ergab, dass alle der ausgeschlossenen Gebiete, als Bohrungen im entsprechenden Teufenbereich identifiziert werden und sich im Teilgebiet befinden.

Name der Bohrung	Ident des ausgeschlossenen Gebietes	Endteufe [m u. GOK]	Endhorizont	Teufe Caprock [m u. GOK]	Teufe Salzspiegel [m u. GOK]
Rosche Z1	0027646AG	3726,0,0	Rotliegend	624,0	k.A.
Rosche Z1 (2.)	0027647AG	4230,0	Rotliegend	624,0	k.A.
Renata-2	0023500AG	496,0	Eozän	-	-

Tabelle 34: Tiefbohrungen (Endteufe > 275m) auf dem Salzstock Rosche-Thondorf (LBEG, 2022a)

Im Bereich des Teilgebiets und der näheren Umgebung befindet ich weder ein Tagebau noch ein Bergwerk, der Einfluss auf einen potentiellen Endlagerbereich haben können.

4.11.3 Mindestanforderungen

Aufgrund der allgemeingültigen Annahmen zum Wirtsgestein Steinsalz erfolgt die Bewertung der Mindestanforderungen zur Gebirgsdurchlässigkeit auf Seite 51 im Kapitel 4.4.3.

Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Die Bewertung zur Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs ist analog auf alle Teilgebiete im Wirtsgestein Steinsalz zu betrachten und erfolgt im Wesentlichen auf Seite 51 im Kapitel 4.4.3.

Bei der Ausweisung des Teilgebiets im Salzstock Rosche-Thondorf wurde davon ausgegangen, dass das Wirtsgestein Steinsalz über die gesamte Fläche von ca. 30 km² in einer Mächtigkeit von 100 m vorhanden ist.

Basierend auf den allgemeinen Erkenntnissen zum Internbau von Salzstöcken kann festgestellt werden, dass die in der Abbildung 33 dargestellte Fläche des Wirtsgesteins Steinsalz im Teilgebiets

Entwurf

041_00TG_068_00IG_S_s_z in ihrer Ausdehnung und Mächtigkeit wahrscheinlich überschätzt wird. Das Teilgebiet ist bedingt durch die Form des Salzstocks, sehr langgestreckt und weist vor allem über dem gesamten mittleren Bereich Mächtigkeiten von maximal 200 m auf. In Abbildung 33 wird außerdem deutlich, dass sich die Randbereiche des Teilgebiets im Süden unmittelbar am Salzstockrand befinden. Nach der oben aufgeführten Erläuterung zum Internbau von Salzstrukturen (Kapitel 4.4.3) kann davon ausgegangen werden, dass dort keine geeigneten Steinsalzvorkommen in notwendiger Mächtigkeit und Fläche vorkommen. Mit der Bohrung Rosche Z1 wurden mächtige Steinsalzschichten durchteuft, die aber in verschiedenen Teufenbereichen von Kalisalzen voneinander getrennt werden. Für den Bereich um die Bohrung Rosche Z1 ist entsprechend von einer geringeren verfügbaren Mächtigkeit für das Wirtsgestein auszugehen.

Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Die Bedingungen zur Erfüllung der Mindestanforderung zur Minimalen Teufe des ewG's sind in Kapitel 4.4.3 erläutert. Der Salzstock Rosche-Thondorf befindet sich mindestens 300 m unter der Geländeoberkante.

Für die Ausweisung des Teilgebiets 041_00TG_068_00IG_S_s_z wurde eine Salzschwebe von 300 m zwischen Salzstockdach und Oberkante des Teilgebiets berücksichtigt (Abbildung 34). Die BGE hat allerdings das Vorhandensein eines Hutgesteins (Caprock) und dessen Mächtigkeit bei dieser Methodik außer Acht gelassen (siehe Kapitel 4.4.3).

Wie in Kapitel 4.9.2 erwähnt wurde, sind keine Informationen zur Mächtigkeit des Caprock des Salzstocks Rosche-Thondorf vorhanden. Generell kann davon ausgegangen werden, dass ein Hutgestein vorhanden ist (siehe Kapitel 4.4.2 Atektonische und Aseismische Störungen). Im weiteren Verfahren ist es notwendig, die Tiefenlage des Teilgebiets um die Mächtigkeit des Hutgesteins anzupassen. Zum augenblicklichen Stand der Endlagersuche, mit der Herangehensweise der BGE und unter Berücksichtigung der Ungenauigkeiten die in 3D-Modellen auftreten können (zu Grunde gelegte Daten) kann die Anforderung bezüglich der Salzschwebe als erfüllt angesehen werden.

Bisher wurde lediglich die Salzschwebe zur Abgrenzung des ewG zum umgebenden Gestein, als Sicherheitsbereich angewendet. Wie die BGE anmerkt (BGE, 2020l, Teil 2) werden erst im weiteren Verfahren, Sicherheitsabstände zu den Randbereichen (Salzstockflanke) betrachtet.

Somit kann auch für das Kriterium Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs festgestellt werden, dass die in der Abbildung 33 dargestellte Fläche des Teilgebiets 041_00TG_068_00IG_S_s_z in ihrer Ausdehnung wahrscheinlich überschätzt wird und unter Berücksichtigung festgelegter Sicherheitsabstände kleiner ausfallen würde.

Fläche des Endlagers

Die ausgewiesene Fläche von 30 km² für das Teilgebiet 041_00TG_068_00IG_S_s_z erfüllt die Bedingung von mindestens 3 km² für die Realisierung eines Endlagers. Die Anforderung kann unter Berücksichtigung der zu Grunde gelegten Daten als erfüllt angesehen werden. Wie bereits erläutert, ist die ausgewiesene Fläche des Teilgebiets in ihrer Ausdehnung sehr wahrscheinlich überschätzt, da der teils komplexe Internbau einer Salzstruktur mit den entsprechenden Auswirkungen auf die Verteilung des Wirtsgesteins nicht betrachtet wird.

Erhalt der Barrierewirkung

Die bisher angewandte Methodik zur Ausweisung des Teilgebiets lässt den Erhalt der Barrierewirkung nicht anzweifeln, so dass die Mindestanforderung zunächst als erfüllt angesehen werden kann. Die Methodik berücksichtigt zum jetzigen Zeitpunkt allerdings nicht, wie in der Mindestanforderung zur „Minimale Teufe

Entwurf

des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ erläutert wird, die Definition von Sicherheitsabständen zum Salzstockrandbereich, ohne die der Erhalt der Barrierewirkung nicht gewährleistet werden kann.

4.11.4 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien

Die Prüfung der Vorgehensweise der BGE bei der Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien ist unter Berücksichtigung der Stellungsnahmen des LBEG (LBEG, 2021) und der Anmerkungen der BGR (BGR, 2021) erfolgt. Das Resultat der Bewertung für das Teilgebiet 041_00TG_068_00IG_S_s_z ist in Tabelle 35 zusammengefasst. Die Tabelle basiert auf der Darstellung der Bewertungsergebnisse im Zwischenbericht Teilgebiete (Kompaktsteckbrief).

Die BGE hat im Teilgebiet Rosche-Thondorf eine individuelle Bewertung für die Kriterien 2 (Konfiguration der Gesteinskörper), 3 (räumliche Charakterisierbarkeit) und 11 (Deckgebirge) anhand der vorliegenden gebietsspezifischen Daten (BGE, 2020ak) und/ oder Fachliteratur (BGE, 2020ai) vorgenommen.

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
Kriterium 2 	Die Konfiguration der Gesteinskörper ist gerechtfertigt und nachvollziehbar als günstig eingestuft, dabei wurden vier Indikatoren verwendet. Die *Barrierenmächtigkeit* liegt mit maximal 890 m über der Mindestmächtigkeit von 100 m. Eine Mächtigkeit größer 300 m wird innerhalb des Teilgebiets für eine Fläche von 12,7 km² (aus einer Gesamtfläche von 30 km²) berechnet und liegt damit über dem Flächenbedarf von 3 km². Der *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch den ewG* stellt sicher, dass der Einlagerungsbereich in jedem Fall von einem ewG umschlossen wird. Hier wird zum jetzigen Zeitpunkt die Annahme getroffen, dass das Wirtgestein und ewG Teil ein und desselben Gesteinskörpers sind und somit generell als günstig bewertet. Die Einordnung der *Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen ewG* erfolgt günstig, da das Teilgebiet eine Mindestmächtigkeit von 100 m in einer Teufe größer 500 m (hier 600 m u. GOK) aufweist. Allerdings kann zum jetzigen Zeitpunkt die genaue Lage des ewG nicht konkret räumlich ausgewiesen werden, und erfolgt deshalb für den Teufenbereich des identifizierten Gebiets. Die ausgewiesene Fläche des Teilgebiets beträgt 30 km², ist damit größer gleich 9 km² (>>2-fache flächenhafte Ausdehnung), so dass der Indikator zur *Flächenhaften Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit* als günstig bewertet wird.
Kriterium 3 	Der „günstigen“ Bewertung zur räumlichen Charakterisierbarkeit wird im Wesentlichen zugestimmt, allerdings kann kein konkreter Bezug der verwendeten Fachliteratur auf die Salzstruktur Rosche-Thondorf hergestellt werden (siehe Bewertung Tabelle 15). Die Bewertung der einzelnen Indikatoren ist identisch zu denen anderer Teilgebiete im Steinsalz in steiler Lagerung. Daher wird für die Bewertung der Indikatoren des Kriteriums 3 auf die Aussagen in Tabelle 15 verwiesen.

Entwurf

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
Kriterium 11 	Das Kriterium zur Bewertung des Schutzes des ewG durch das Deckgebirge wird mit gebietsspezifischen Daten für das Teilgebiet nachvollziehbar bedingt günstig eingestuft. Die Daten des geologischen 3D-Modells (Baldschuhn, et al., 2001) belegen die Existenz von Störungen über dem Salzstock Rosche-Thondorf *(Ausprägung struktureller Komplikationen)*. Die BGE nimmt zum jetzigen Zeitpunkt an, dass die Störungen keine hydraulische Wirksamkeit auf den ewG haben und die Bewertung erfolgt entsprechend bedingt günstig. Der Salzstock Rosche-Thondorf befindet sich, wie die Indikatoren voraussetzen in einer Tiefe größer 100 m unter GOK und wird vollständig von Gesteinen des Tertiärs oder älteren überdeckt *(Überdeckung)*. Bislang werden nur Ablagerungen des Quartärs als *nicht grundwasserhemmend bzw. erosionshemmend* angesehen. Hier ist nachzuweisen, dass keine Ablagerungen oder Schichten existieren, die potentielle Fließwege darstellen, wie es z.B Störungen, wenn sie nicht abdichtend wirken, sein können. Die Ausprägung des Deckgebirges ist standortspezifisch zu untersuchen und dazu gehört, die Bohrungen über dem Salzstock Rosche-Thondorf und weitere Erkundungsdaten wie Seismik zu integrieren.
Die Bewertung der Kriterien 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9 und 10 erfolgt in 4.14	
günstig **bedingt günstig** **weniger günstig** **nicht günstig** **nicht anwendbar**	

Tabelle 35: Prüfung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Teilgebiet Rosche-Thondorf (041_00TG_068_00IG_S_s_z).

Entwurf

4.12 Struktur Meckelfeld - 064_00TG_151_00IG_S_s_z-ro

4.12.1 Darstellung

Das Teilgebiet befindet sich in einer Tiefe zwischen 420 m und 1.500 m unter GOK. Es erstreckt sich auf einer Fläche von 7 km² südlich der Stadt Hansestadt Hamburg und ist Teil der Salzstruktur Meckelfeld (Abbildung 36). Tabelle 36 enthält die wesentlichen Kenndaten des Teilgebiets.

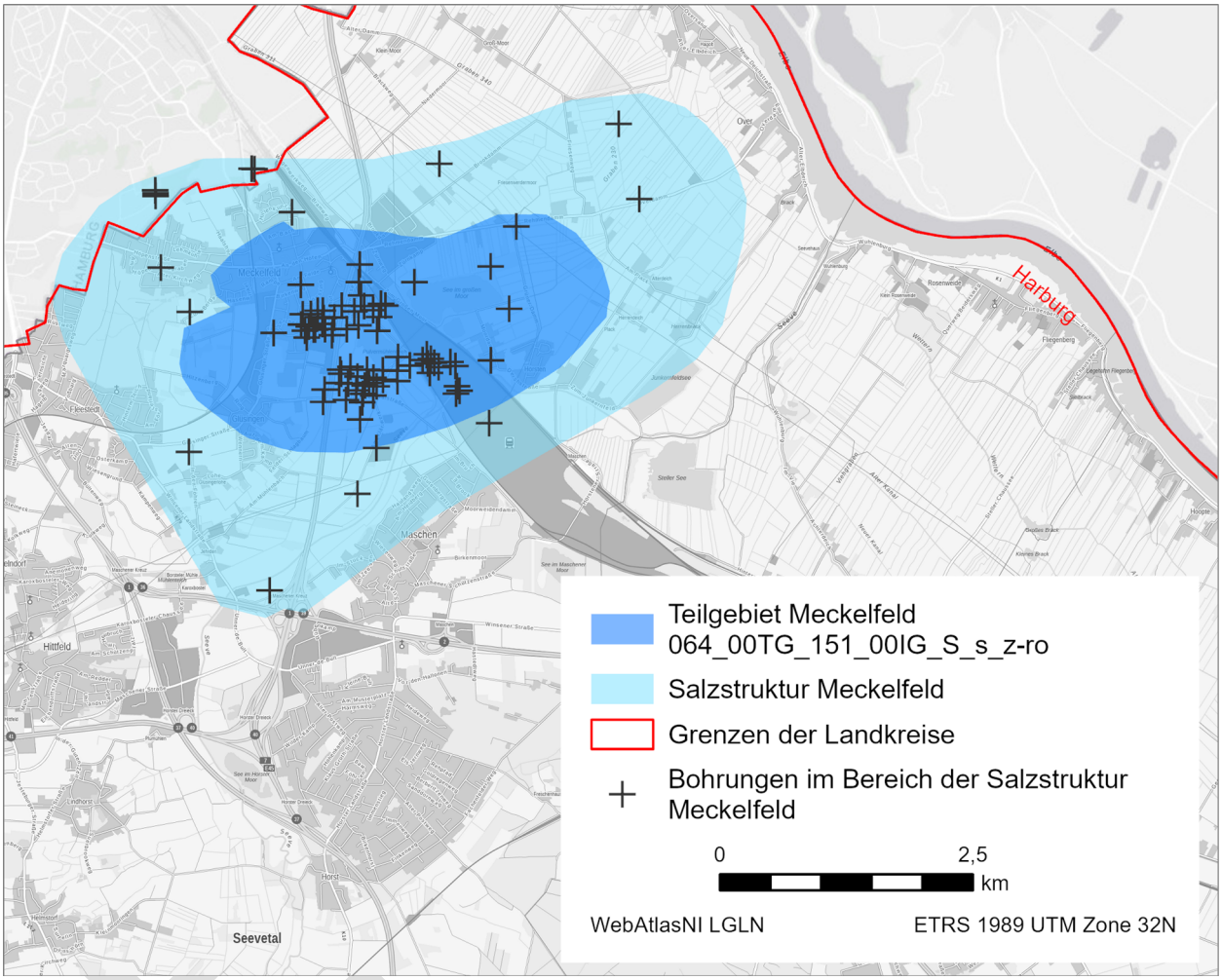


Abbildung 36: Übersichtskarte des Teilgebiets 064_00TG_151_00IG_S_s_z-ro

Charakteristika des Teilgebiets 064_00TG_151_00IG_S_s_z-ro	
IG-Kennung	0151_00IG_S_s_z-ro
Wirtsgesteinstyp und Konfiguration	Steinsalz in steiler Lagerung
Geographische Verortung	Das Teilgebiet liegt im Norden des Bundeslandes Niedersachsen, ca. 1 km südlich des Bundeslandes Hamburg.
Gesamtfläche	7 km²
Geologische Charakteristika	Das Teilgebiet befindet sich im Zechstein / Rotliegend der Salzstruktur Meckelfeld und weist eine Mächtigkeit von 1.090 m auf, in einer Teufenlage von 420 m bis 1.500 m unterhalb der GOK.

Tabelle 36: Charakteristika des Teilgebiets 064_00TG_151_00IG_S_s_z-ro

Das Teilgebiet ist Teil Salzstruktur Meckelfeld, welche aus überwiegend steilstehenden Schichten des Rotliegendsalinars (Unteres Perm) und des Zechsteinsalinars (Oberes Perm) aufgebaut wird. Der Salzstock ist in seiner äußeren Form oval, an seiner breitesten Stelle etwa 4 km breit, und in der Längserstreckung etwa 6 km lang.

Die Salzstruktur hat eine vertikale Erstreckung (Höhe) von 4.000 m und reicht an ihrer höchsten Erhebung (Kulminationspunkt) im Zentrum der Struktur bis auf etwa 420 m unter GOK. Am Strukturrand liegt das Dach des Salzstocks bei etwa 1.000 m unter GOK. Diese Werte lassen sich mit Hilfe des 3D-Modells des Geotektonischen Atlas, GTA3D (Baldschuhn, et al., 2001) ermitteln, eines auch von der BGE zur Ermittlung der Teilgebiete eingesetztes geologisches Untergrundmodell.

Die Salzstruktur Meckelfeld ist zusammen mit dem ausgewiesenen Teilgebiet in nachfolgender Abbildung 37 basierend auf den Daten des GTA3D (Baldschuhn, et al., 2001) als dreidimensionaler Körper mit Blickrichtung nach Süden dargestellt.

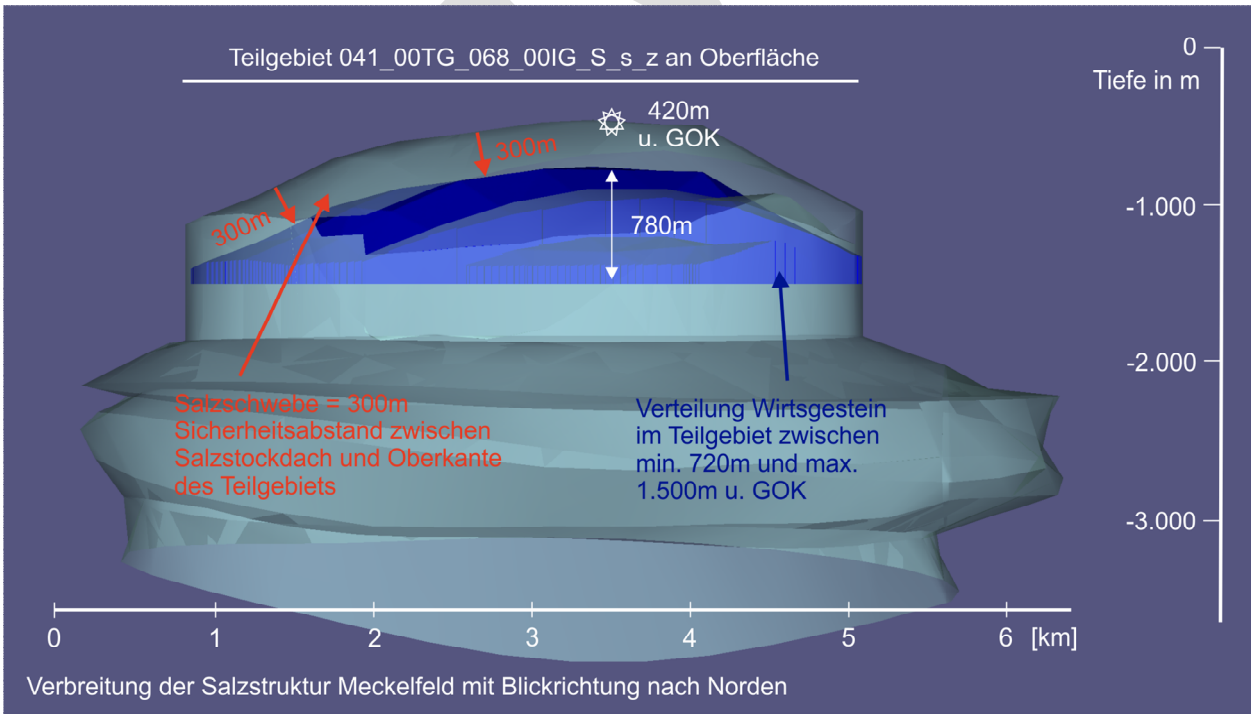


Abbildung 37: Perspektivische Darstellung des Teilgebiets 064_00TG_151_00IG_S_s_z-ro im Salzstock Meckelfeld

Das Teilgebiet befindet sich im oberen Bereich des Salzstocks. Die Oberkante des Teilgebiets befindet sich von jedem beliebigen Punkt des Salzstockdachs aus gesehen 300 m tiefer. Der Bereich zwischen dem Salzstockdach und der Oberkante des Teilgebietes entspricht der sogenannten Salzschwebe von 300 m Mächtigkeit, einer Mindestanforderung nach § 23 StandAG. Da das Salzstockdach keine ebene Fläche ist, weist auch die Oberkante des Teilgebietes wechselnde Tiefenlagen im Bezug zur Erdoberfläche auf.

Mit der Festlegung einer sogenannten maximalen Suchteufe (maximale Tiefe eines Teilgebiets) von 1.500 m unter GOK (BGE, 2020) liegt auch die Basis des Teilgebiets durchgängig in dieser Tiefe. Daraus ergibt sich auch eine wechselnde Mächtigkeit (Abstand zwischen Basis und Top) des Teilgebiets wie aus der 3D-Darstellung Abbildung 37 ersichtlich ist. Im Zentrum ist das Teilgebiet etwa 780 m mächtig, die Ränder des Teilgebiets weisen eine Mindestmächtigkeit von 100 m auf (Mindestanforderung nach § 23 StandAG).

Die folgende Abbildung 38 zeigt das Teilgebiet im Salzstock Meckelfeld in einer Schrägansicht auf das 3D-Modell.

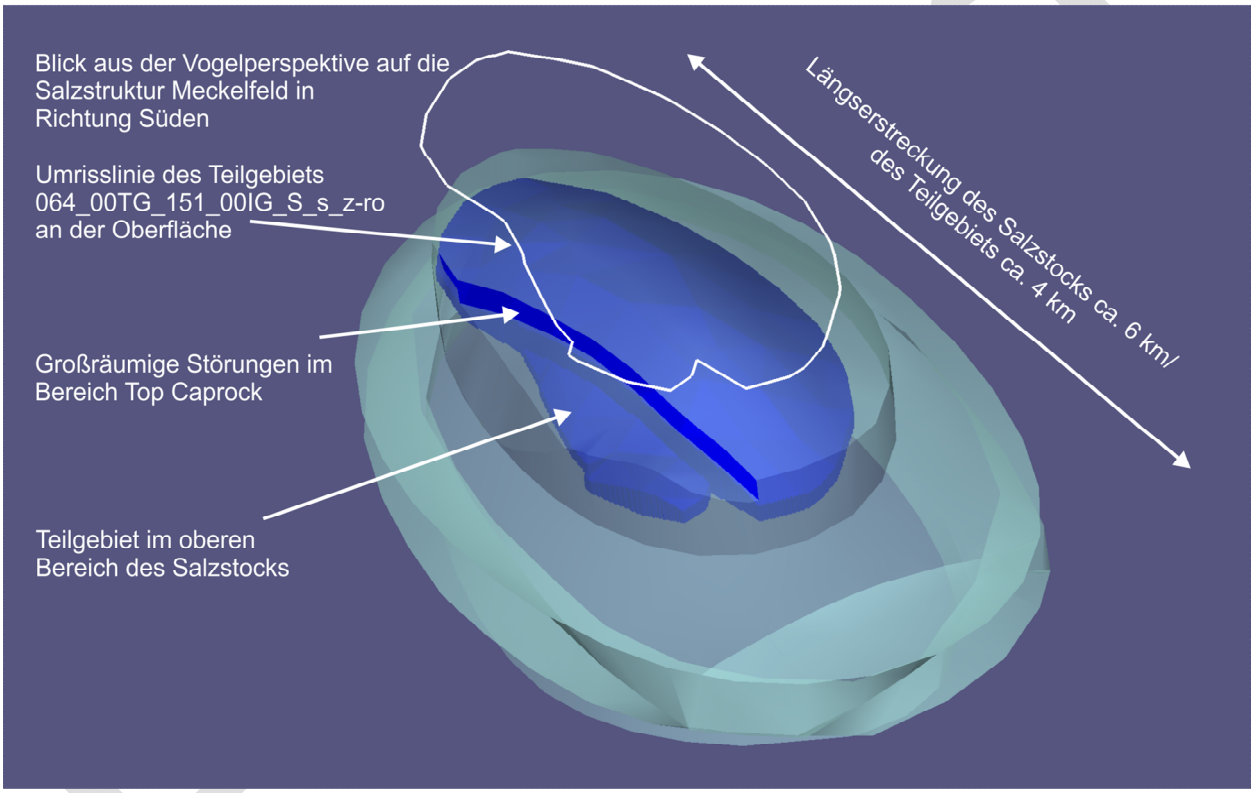


Abbildung 38: Darstellung des Teilgebiets 064_00TG_151_00IG_S_s_z-ro im Salzstock Meckelfeld aus der Vogelperspektive

Ein bestimmter Bereich innerhalb der Salzstruktur Meckelfeld ist als Teilgebiet ausgewiesen, da keines der in § 22 StandAG genannten Ausschlusskriterien erfüllt ist, alle in § 23 StandAG genannten Mindestanforderungen zutreffen und nach Anwendung der in § 24 und den Anlagen 1 bis 11 im StandAG aufgeführten geowissenschaftlichen Abwägungskriterien eine günstige geologische Gesamtsituation für die sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle erwarten lassen.

Die Vorgehensweise der BGE bei der Ausweisung des Teilgebiets wird im Folgenden geprüft.

4.12.2 Ausschlusskriterien

Aktive Störungszonen – Tektonische Störungen:

Wie viele norddeutsche Salzstrukturen zeigt auch der Salzstock Meckelfeld den Schichten über der Salzstruktur, dem Deckgebirge bzw. den Deckgebirgsschichten, sogenannte Scheitelstörungen (vergleichende Beschreibung Kapitel 4.4.2). Hierbei handelt es sich um ausgeprägte Abschiebung. Die tektonische Struktur ist im Zuge des Salzaufstiegs entstanden und führte dazu, dass die Schichten oberhalb dieser Salzstruktur um Beträge von mitunter 250 m gegeneinander versetzt wurden (Abbildung 38). Für den betroffenen Bereich im Deckgebirge einer Salzstruktur gilt das Ausschlusskriterium als erfüllt, wenn die Störungszone innerhalb der letzten 34 Millionen Jahre aktiv war und der höchste Punkt der Salzstruktur unterhalb von 300 m unter GOK liegt. Beides kann für den Salzstock Meckelfeld ausgeschlossen werden.

Aktive Störungszonen - Atektonische bzw. aseismische Vorgänge:

Wie die BGE bemerkt, finden atektonische Vorgänge in einem Salzstock hauptsächlich im Bereich des Salzspiegels statt. Das LBEG ergänzt in seiner Stellungnahme (LBEG, 2021), dass Subrosion auch im Hutgestein stattfindet. Eine geologische Erläuterung erfolgt 4.4.2 bzw. mit der Abbildung 14.

Im Bereich des Salzstruktur Meckelfeld wurden, bedingt durch die bergbauliche Nutzung, über 90 Bohrungen abgeteuft. In über 50 Bohrungen wurde das Salinar durchteuft. Die Schichtenverzeichnisse zeigen Caprockmächtigkeiten zwischen durchschnittlich 10 m bis 60 m. Das Vorhandensein von weiterführenden Informationen zu Mächtigkeiten, Auslaugungsumfang und Tiefenlagen des Caprocks kann mangels Zugangs nicht geprüft werden.

Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit:

In Abbildung 36 sind alle Tiefbohrungen, mit einer Endteufe größer 275 m, die im Bereich über dem Salzstock Meckelfeld abgeteuft wurden, dargestellt. Es handelt sich um 92 Aufschluss- und Produktionsbohrungen Bohrungen, die in einem Zeitraum zwischen 1937 und 1969 abgeteuft wurden. Es wurden 5 Bohrungen ausgewählt, die ein möglichst repräsentatives Bild über die Tiefenlage und Mächtigkeit der Salzstruktur wiedergeben. In Tabelle 37 sind die Bohrungen aufgelistet.

Mit dem Ident des ausgeschlossenen Gebiets können die Bohrungen über die interaktive Karte der BGE zugeordnet und bei Bedarf weitere Informationen herangezogen werden. Tabelle 37 enthält Informationen zur erreichten Endteufe, Endhorizont und sofern vorhanden Informationen zur Lage des Caprocks bzw. des Salzspiegels.

Name der Bohrung	Ident des ausgeschlossenen Gebietes	Endteufe [m u. GOK]	Endhorizont	Teufe Caprock [m u. GOK]	Teufe Salzspiegel [m u. GOK]
Meckelfeld 13	0027116AG	750,0	Zechstein	731,0	742,0
Meckelfeld 1	0033743AG	670,0	Zechstein	614,0	634,0
Meckelfeld 12	0035432AG	898,0	Zechstein	887,0	889,0
Meckelfeld 4	0033744AG	602,0	Zechstein	584,0	590,0
Meckelfeld 48	0027129AG	669,0	Zechstein, Caprock	667,0	-

Tabelle 37: Ausgewählte Tiefbohrungen (Endteufe > 275m) auf dem Salzstock Meckelfeld (LBEG, 2022a)

Im Bereich oberhalb des Teilgebiets befinden sich zwei großflächige Altbergbau beeinflusste Standorte, in denen Erdöl in den Schichten der Kreide und im Hutgestein über Bohrungen gewonnen wurde. Der mögliche Einfluss der Altbergbaugebiete auf ein potentielles Endlager wäre zu prüfen.

4.12.3 Mindestanforderungen

Gebirgsdurchlässigkeit

Die BGE nimmt für das Wirtsgestein Steinsalz grundsätzlich an, dass aufgrund dessen bekannter Eigenschaften die Gebirgsdurchlässigkeit ausreichend gering ist und die nach § 23 StandAG gesetzte Forderung von weniger als 10^{-10} m/s erfüllt. Siehe hierzu auch die weiteren Ausführungen auf Seite 51 im Kapitel 4.4.3. Der Salzstock Meckelfeld ist ein sogenanntes Doppelsalinar, da sich die Salzstruktur sowohl aus dem Zechsteinsalinar, als auch aus dem stratigraphisch älteren Rotliegendsalinar zusammensetzt. In Doppelsalinaren liegen die Salzgesteinsfolgen des Rotliegendsalinars im zentralen Strukturbereich, die Salzgesteine des Zechsteinsalinars konzentrieren hingegen meist an den Rändern. Der Anteil der beiden Salinartypen liegt in etwa bei jeweils 50 % (Fleig, et al., 2019).

Das Rotliegendsalinar ist ein Mischgestein aus halitischen und siliziklastisch-karbonatischen Phasen, die zwischen 1 Gew.-% und 56 Gew.-% am Gesteinsanteil einnehmen können (Röhling, et al., 2020). Damit weicht die Zusammensetzung des Rotliegendsalinars von der des Zechsteins ab. Die für das Wirtsgestein Steinsalz verwendeten Gebirgsdurchlässigkeitswerte beziehen sich auf Salzgesteine aus dem Zechsteinsalinar. Untersuchungen zur Gebirgsdurchlässigkeit des Rotliegendsalinars sind kaum vorhanden. Es ist bekannt, dass im Rahmen von gebirgsmechanischen Untersuchungen für einen Kavernenspeicher in einem Doppelsalinar Gebirgsdurchlässigkeitswerte abgeleitet wurden. Die Ergebnisse weichen von denen ab, die an Probenmaterial an Salzgestein aus dem Zechsteinsalinar erfolgten. Sie liegen dennoch deutlich unterhalb der Mindestforderung von 10^{-10} m/s.

Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Die Bewertung zur Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs ist analog auf alle Teilgebiete im Wirtsgestein Steinsalz zu betrachten und erfolgt im Wesentlichen auf Seite 51 im Kapitel 4.4.3. Bei der Ausweisung des Teilgebiets im Salzstock Meckelfeld wurde davon ausgegangen, dass das Wirtsgestein Steinsalz über die gesamte Fläche von ca. 7 km² in einer Mächtigkeit von 100 m vorhanden ist.

Basierend auf den allgemeinen Erkenntnissen zum Internbau von Salzstöcken kann festgestellt werden, dass die in der Abbildung 36 dargestellte Fläche des Wirtsgesteins Steinsalz im Teilgebiets 064_00TG_151_00IG_S_s_z-ro in ihrer Ausdehnung und Mächtigkeit wahrscheinlich überschätzt wird.

Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Die Bedingungen zur Erfüllung der Mindestanforderung zur Minimalen Teufe des ewG's sind in Kapitel 4.4.3 erläutert. Der Salzstock Meckelfeld befindet sich mindestens 420 m unter der Geländeoberkante.

Für die Ausweisung des Teilgebiets 064_00TG_151_00IG_S_s_z-ro wurde eine Salzschwebe von 300 m zwischen Salzstockdach und Oberkante des Teilgebiets berücksichtigt (Abbildung 37). Die BGE hat allerdings das Vorhandensein eines Hutgesteins (Caprock) und dessen Mächtigkeit bei dieser Methodik außer Acht gelassen (siehe Kapitel 4.4.3).

Wie in Kapitel 4.12.2 erwähnt wurde, sind Informationen zur Mächtigkeit des Caprock des Salzstocks Meckelfeld vorhanden. Die Mächtigkeit des Hutgesteins beträgt im Bereich Bodenteich bis zu 60 m. Würde man dies berücksichtigen, so müsste die ausgewiesene Oberfläche des Teilgebiets um mindestens 60 m tiefer gesetzt werden. Zum augenblicklichen Stand der Endlagersuche, mit der Herangehensweise der

Entwurf

BGE und unter Berücksichtigung der Ungenauigkeiten die in 3D-Modellen auftreten können (zu Grunde gelegte Daten) kann die Anforderung bezüglich der Salzschwebe als erfüllt angesehen werden.

Fläche des Endlagers

Die ausgewiesene Fläche von 7 km² für das Teilgebiet 064_00TG_151_00IG_S_s_z-ro erfüllt die Bedingung von mindestens 3 km² für die Realisierung eines Endlagers. Die Anforderung kann unter Berücksichtigung der zu Grunde gelegten Daten als erfüllt angesehen werden. Wie bereits erläutert, ist die ausgewiesene Fläche des Teilgebiets in ihrer Ausdehnung sehr wahrscheinlich überschätzt, da der teils komplexe Internbau einer Salzstruktur mit den entsprechenden Auswirkungen auf die Verteilung des Wirtsgesteins nicht betrachtet wird.

Erhalt der Barrierewirkung

Die bisher angewandte Methodik zur Ausweisung des Teilgebiets lässt den Erhalt der Barrierewirkung nicht anzweifeln, so dass die Mindestanforderung zunächst als erfüllt angesehen werden kann. Die Methodik berücksichtigt zum jetzigen Zeitpunkt allerdings nicht, wie in der Mindestanforderung zur „Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ erläutert wird, die Definition von Sicherheitsabständen zum Salzstockrandbereich, ohne die der Erhalt der Barrierewirkung nicht gewährleistet werden kann.

4.12.4 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien

Die Prüfung der Vorgehensweise der BGE bei der Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien ist unter Berücksichtigung der Stellungsnahmen des LBEG (LBEG, 2021) und der Anmerkungen der BGR (BGR, 2021) erfolgt. Das Resultat der Bewertung für das Teilgebiet 064_00TG_151_00IG_S_s_z-ro ist in Tabelle 38 zusammengefasst. Die Tabelle basiert auf der Darstellung der Bewertungsergebnisse im Zwischenbericht Teilgebiete (Kompaktsteckbrief).

Die BGE hat im Teilgebiet Meckelfeld eine individuelle Bewertung für die Kriterien 2 (Konfiguration der Gesteinskörper), 3 (räumliche Charakterisierbarkeit) und 11 (Deckgebirge) anhand der vorliegenden gebietsspezifischen Daten (BGE, 2020ak) und/ oder Fachliteratur (BGE, 2020ai) vorgenommen.

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
Kriterium 2 	Die Konfiguration der Gesteinskörper ist gerechtfertigt und nachvollziehbar als bedingt günstig eingestuft, dabei wurden vier Indikatoren verwendet. Die *Barrierenmächtigkeit* liegt mit maximal 730 m über der Mindestmächtigkeit von 100 m. Eine Mächtigkeit größer 300 m wird innerhalb des Teilgebiets für eine Fläche von 4,5 km² (aus einer Gesamtfläche von 7 km²) berechnet und liegt damit geringfügig über dem Flächenbedarf von 3 km². Der *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch den ewG* stellt sicher, dass der Einlagerungsbereich in jedem Fall von einem ewG umschlossen wird. Hier wird zum jetzigen Zeitpunkt die Annahme getroffen, dass das Wirtgestein und ewG Teil ein und desselben Gesteinskörpers sind und somit generell als günstig bewertet. Die Einordnung der *Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen ewG* erfolgt günstig, da das Teilgebiet eine Mindestmächtigkeit von 100 m in einer Teufe größer 500 m (hier 760 m u. GOK) aufweist. Allerdings kann zum

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
	jetzigen Zeitpunkt die genaue Lage des ewG nicht konkret räumlich ausgewiesen werden, und erfolgt deshalb für den Teufenbereich des identifizierten Gebiets. Die ausgewiesene Fläche des Teilgebiets beträgt 7 km², ist damit kleiner gleich 9 km² (>>2-fache flächenhafte Ausdehnung), so dass der Indikator zur *Flächenhaften Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit* als bedingt günstig bewertet wird.
Kriterium 3 	Der „günstigen“ Bewertung zur räumlichen Charakterisierbarkeit wird im Wesentlichen zugestimmt, allerdings kann kein konkreter Bezug der verwendeten Fachliteratur auf die Salzstruktur Meckelfeld hergestellt werden (siehe Bewertung Tabelle 15). Die Bewertung der einzelnen Indikatoren ist identisch zu denen anderer Teilgebiete im Steinsalz in steiler Lagerung. Daher wird für die Bewertung der Indikatoren des Kriteriums 3 auf die Aussagen in Tabelle 15 verwiesen.
Kriterium 11 	Das Kriterium zur Bewertung des Schutzes des ewG durch das Deckgebirge wird mit gebietsspezifischen Daten für das Teilgebiet nachvollziehbar bedingt günstig eingestuft. Die Daten des geologischen 3D-Modells (Baldschuhn, et al., 2001) belegen die Existenz von Störungen über dem Salzstock Meckelfeld *(Ausprägung struktureller Komplikationen)*. Die BGE nimmt zum jetzigen Zeitpunkt an, dass die Störungen keine hydraulische Wirksamkeit auf den ewG haben und die Bewertung erfolgt entsprechend bedingt günstig. Der Salzstock Meckelfeld befindet sich, wie die Indikatoren voraussetzen in einer Tiefe größer 100 m unter GOK und wird vollständig von Gesteinen des Tertiärs oder älteren überdeckt *(Überdeckung)*. Bislang werden nur Ablagerungen des Quartärs als *nicht grundwasserhemmend bzw. erosionshemmend* angesehen. Hier ist nachzuweisen, dass keine Ablagerungen oder Schichten existieren, die potentielle Fließwege darstellen, wie es z.B Störungen, wenn sie nicht abdichtend wirken, sein können. Die Ausprägung des Deckgebirges ist standortspezifisch zu untersuchen und dazu gehört, die Bohrungen über dem Salzstock Meckelfeld und weitere Erkundungsdaten wie Seismik zu integrieren.
Die Bewertung der Kriterien 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9 und 10 erfolgt in 4.14	
günstig **bedingt günstig** **weniger günstig** **nicht günstig** **nicht anwendbar**	

Tabelle 38: Prüfung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Teilgebiet Meckelfeld (064_00TG_151_00IG_S_s_z-ro).

Entwurf

4.13 Struktur Nordostdeutsches Tiefland - 076_02TG_191_02IG_S_f_so

4.13.1 Darstellung

Vom gesamten Teilgebiet befindet sich nur ein kleiner Bereich im Landkreis Lüneburg. Dieser Teilbereich erstreckt auf einer Fläche von 8 km² konzentrisch um die Hansestadt Lüneburg und wird stratigraphisch in die Modelleinheit Röt/Muschelkalk eingeordnet. Der Teilgebietsbereich befindet sich in einer Tiefe zwischen 900 m und 1.500 m unter GOK (Abbildung 39). Tabelle 39 enthält die wesentlichen Kenndaten des Teilgebiets.

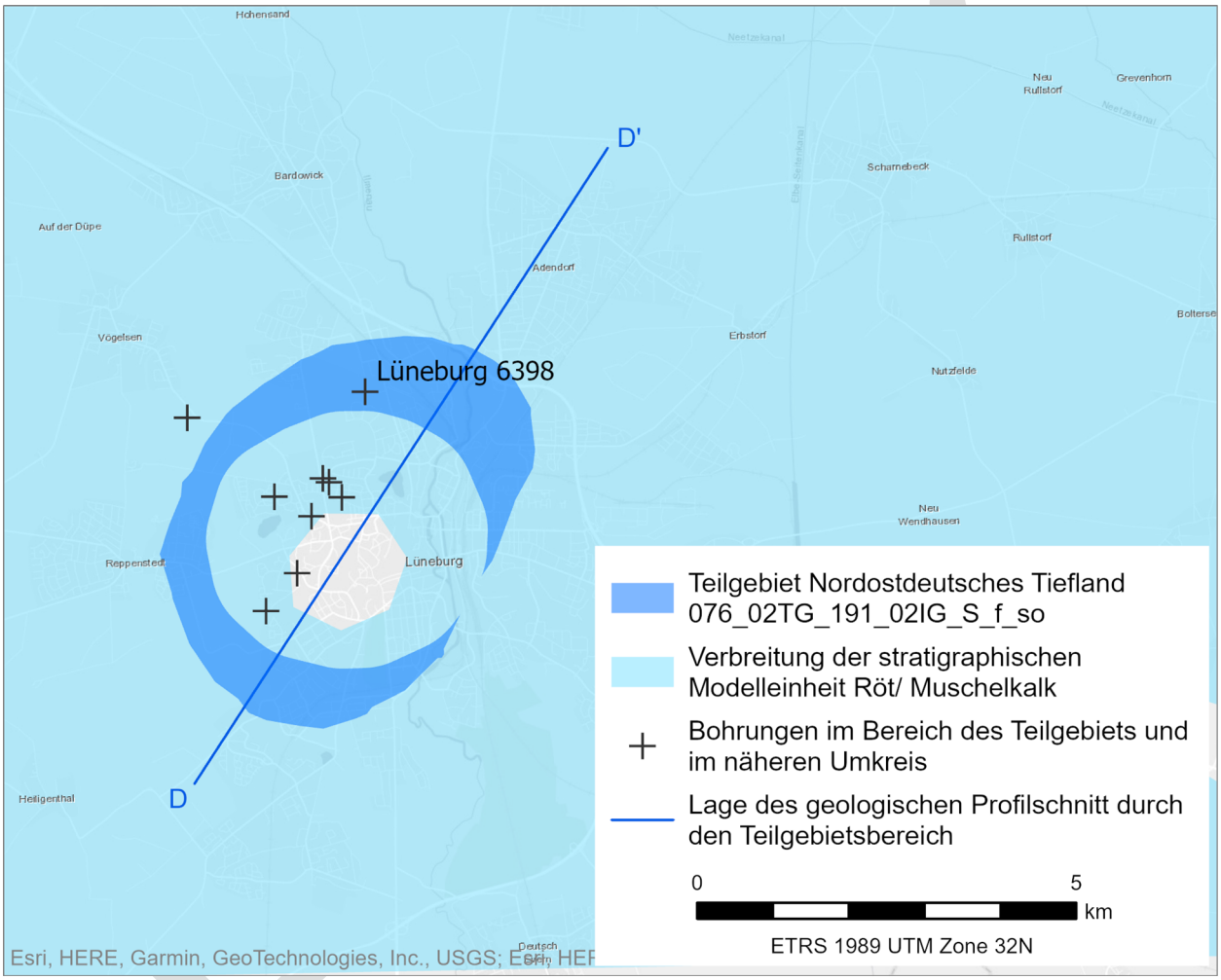


Abbildung 39: Übersichtskarte des Teilgebiets 076_02TG_191_02IG_S_f_so

Charakteristika des Teilgebiets 076_02TG_191_02IG_S_f_so	
IG-Kennung	191_02IG_S_f_so
Wirtsgesteinstyp und Konfiguration	Steinsalz in stratiformer Lagerung
Geographische Verortung	Das gesamte Teilgebiet liegt im Nord-Osten des Bundeslandes Niedersachsen und im Süden des Bundeslandes Schleswig-Holstein. Der Teil des Teilgebiets, der sich über dem Landkreis Lüneburg erstreckt, liegt in direkter Umgebung zur Hansestadt Lüneburg.
Gesamtfläche	123 km²; davon im Landkreis Lüneburg 8 km²
Geologische Charakteristika	Das Teilgebiet befindet sich im nordostdeutschen Tiefland und bezieht sich auf die stratigraphische Modelleinheit Röt/Muschelkalk, die das Wirtsgestein Steinsalz in stratiformer Lagerung einschließt. Es hat eine maximale Mächtigkeit von 580 m. Die Basisfläche des Teilgebiets befindet sich in einer Teufenlage von 1.150 m bis 1.500 m unterhalb GOK. Was den Landkreis Lüneburg betrifft, befindet sich die Basisfläche des Teilgebiets durchgängig in einer Teufenlage von 1.500 m bei einer maximalen Mächtigkeit von 580 m.

Tabelle 39: Charakteristika des Teilgebiets 076_02TG_191_02IG_S_f_so

Das Teilgebiet ist Teil der stratigraphische Modelleinheit Röt/Muschelkalk im nordostdeutschen Tiefland, die das Wirtsgestein Steinsalz in flacher Lagerung enthält. Die Basisfläche des Oberen Buntsandsteins und die Basisfläche des Keupers begrenzen die Schichten des Röt/Muschelkalks und liegen im unmittelbaren Raum um Lüneburg, bedingt durch den Salzaufstieg des Lüneburger Salzstocks in vergleichsweise höheren, und damit für den Bau eines Endlagers geeigneten Teufenlagen (Abbildung 39). Der ausgewiesene Teilgebietsbereich ist in Abbildung 40 basierend auf den Daten des GTA3D (Baldschuhn, et al., 2001) als dreidimensionaler Körper mit Blickrichtung nach Nordwesten dargestellt. Der Salzstock Lüneburg kennzeichnet sich durch seine runde Form, so dass die Schichten des Nebengebirges während des Salzaufstiegs, konzentrisch um den Salzstock gehoben worden.

Entwurf

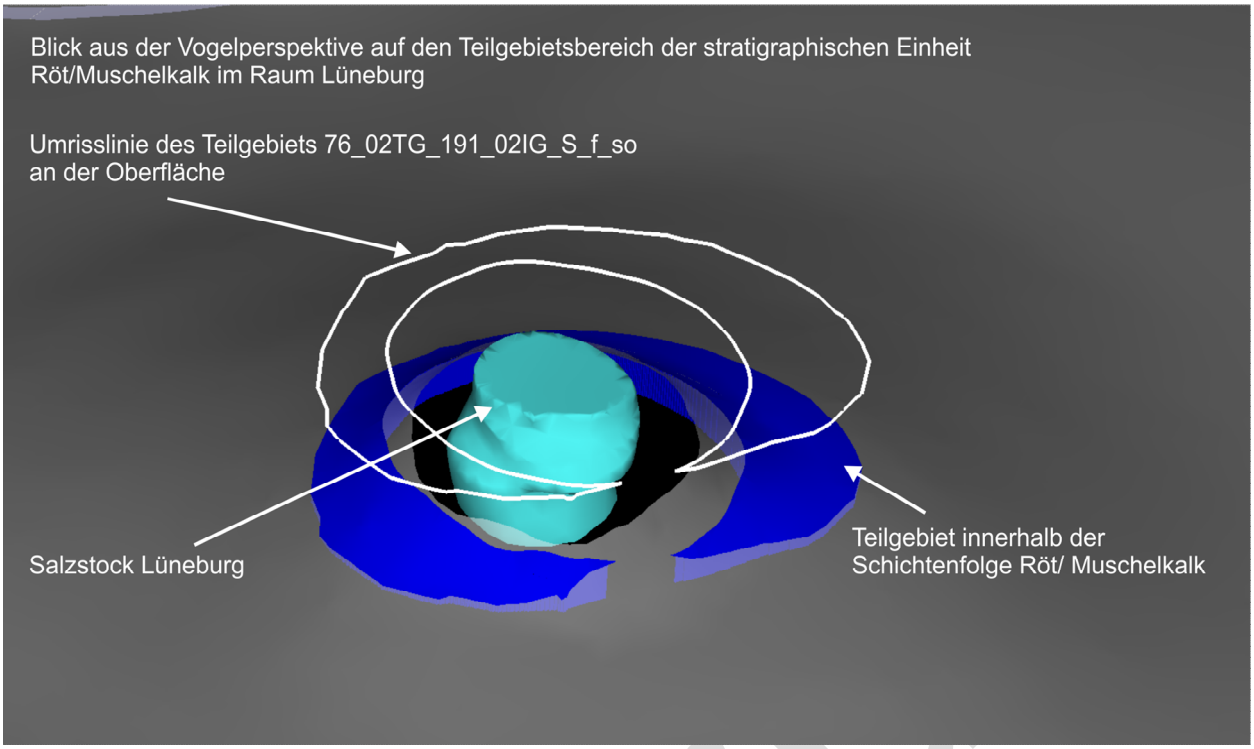


Abbildung 40: Darstellung des Teilgebietsbereich 076_02TG_191_02IG_S_f_so in der stratigraphischen Modelleinheit Röt/Muschelkalk aus der Vogelperspektive

Die Schichten der Einheiten Basis Oberer Buntsandstein bis Basis Keuper befinden sich bis etwa 2 km Entfernung vom Salzstock Lüneburg in Tiefenlagen zwischen 3.000 m bis 4.000 m unter GOK. Mit zunehmender Nähe zum Salzstock nimmt der Abstand der Basis Oberer Buntsandstein zur GOK ab, und befindet direkt am Salzstock bei 1.200 m unter GOK (Abbildung 41).

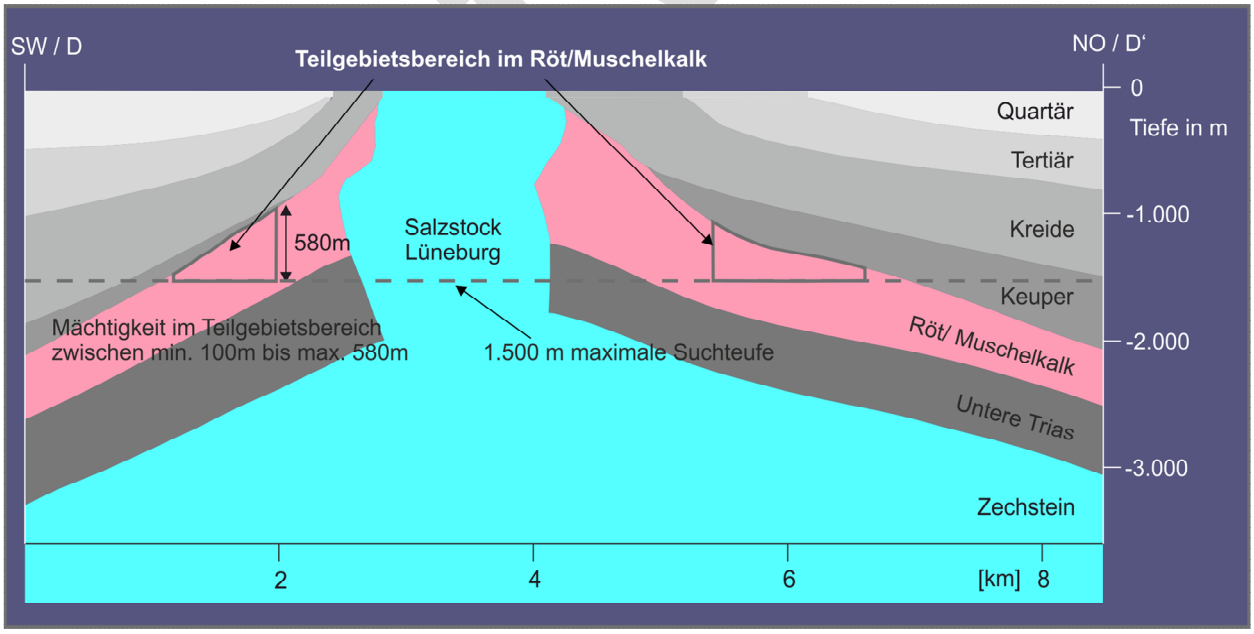


Abbildung 41: Geologischer Profilschnitt durch den Teilgebietsbereich 076_02TG_191_02IG_S_f_so

Die Schichten der Einheiten Basis Oberer Buntsandstein bis Basis Keuper zeigen im Teilgebietsbereich, bedingt durch die maximale Suchteufe von maximal 1.500 m, Mächtigkeiten bis maximal 580 m. Im Bereich Lüneburg erreicht die Basisfläche der stratigraphischen Einheit Keuper ihre höchste Lage bei etwa 920 m unter GOK. Diese Werte lassen sich mit Hilfe des 3D-Modells des Geotektonischen Atlas, GTA3D (Baldschuhn, et al., 2001) ermitteln.

Die Schichtenfolge der stratigraphischen Modelleinheit Röt/Muschelkalk ist als Teilgebiet ausgewiesen, da keines der in § 22 StandAG genannten Ausschlusskriterien erfüllt ist, alle in § 23 StandAG genannten Mindestanforderungen zutreffen und nach Anwendung der in § 24 und den Anlagen 1 bis 11 im StandAG aufgeführten geowissenschaftlichen Abwägungskriterien eine günstige geologische Gesamtsituation für die sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle erwarten lassen.

Die Vorgehensweise der BGE bei der Ausweisung des Teilgebiets wird im Folgenden geprüft.

4.13.2 Ausschlusskriterien

Aktive Störungszonen – Tektonische Störungen:

Die BGE hat die Gebiete innerhalb der Teilgebiete ausgeschlossen, in denen aktive tektonische Störungen anhand vorliegender geologischer Daten nachgewiesen werden konnten. Im Landkreis Lüneburg wurden im Bereich des ausgewiesenen Teilgebiets keine aktiven tektonischen Störungen identifiziert. Es gibt allerdings Hinweise darauf, dass sich der Salzstock Lüneburg, um den sich das Teilgebiet konzentrisch erstreckt, noch im Diapirstadium befindet (Jaritz, 1983). Die Möglichkeit besteht, dass es innerhalb der als Teilgebiet ausgewiesenen Schichtenfolge, im Zuge des weiteren Salzaufstiegs langfristig zu aktiven tektonischen Bewegungen kommen kann.

Aktive Störungszonen - Atektonische bzw. aseismische Vorgänge:

Atektonische Vorgänge sind Lösungsprozesse an Salzen und Sulfaten. Die Teilgebiete im stratiformen Steinsalz wurden so ausgewiesen, dass Lösungsprozesse unwahrscheinlich sind.

Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit:

In Abbildung 39 sind alle Tiefbohrungen, mit einer Endteufe größer 275 m, die im Teilgebiet und der näheren Umgebung abgeteuft wurden, dargestellt. Es existiert eine Bohrung oberhalb des Teilgebiets welche mit einer Endteufe von 800 m, das Teilgebiet nicht erreicht. Im Schichtenverzeichnis der Bohrung wurden mehrere Horizonte Steinsalz in verschiedenen Teufenbereichen ausgewiesen, allerdings ohne eindeutige stratigraphische Zuordnung.

In Tabelle 40 ist die Bohrung aufgelistet. Mit dem Ident des ausgeschlossenen Gebiets kann die Bohrung über die interaktive Karte der BGE zugeordnet und bei Bedarf weitere Informationen herangezogen werden. Tabelle 40 enthält Informationen zur erreichten Endteufe und Endhorizont.

Name der Bohrung	Ident des ausgeschlossenen Gebietes	Endteufe [m u. GOK]	Endhorizont
Lüneburg 6398	0023244AG	800,0	?

Tabelle 40: Tiefbohrung im Teilgebietsbereich (076_02TG_191_02IG_S_f_so) im Raum Lüneburg (LBEG, 2022a)

Entwurf

In der näheren Umgebung des Teilgebiets befinden sich durch Altbergbau beeinflusste Standorte, die durch Sulfatkarstprozesse Senkungsgebiete darstellen. Der Einfluss dieser Bereiche auf den ausgewiesenen Teilgebietsbereich sollte detailliert geprüft werden.

4.13.3 Mindestanforderungen

Aufgrund der allgemeingültigen Annahmen zum Wirtsgestein Steinsalz erfolgt die Bewertung der Mindestanforderungen zur Gebirgsdurchlässigkeit auf 51 im Kapitel 4.4.3.

Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Nach § 2 Abs. 1 Nr. 9 StandAG ist der einschlusswirksame Gebirgsbereich der Teil eines Gebirges, der bei Endlagersystemen die wesentlich auf geologischen Barrieren beruhen, im Zusammenwirken mit den technischen und geotechnischen Verschlüssen den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle in einem Endlager gewährleistet. Dieser Gebirgsbereich muss nach § 23 Abs. 5 Nr. 2 StandAG mindestens 100 m mächtig sein.

Bei der Ausweisung des Teilgebietsbereichs im Raum Lüneburg wurde, basierend auf den Daten des GTA3D (Baldschuhn, et al., 2001) davon ausgegangen, dass das Wirtsgestein Steinsalz über die gesamte Fläche von ca. 8 km² in einer Mächtigkeit größer als 100 m vorhanden ist.

Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Die Bedingungen zur Erfüllung der Mindestanforderung zur Minimalen Teufe des ewG's sind in Kapitel 4.4.3 erläutert. Die Schichtenfolge der stratigraphischen Modelleinheit Röt/ Muschelkalk befindet sich mindestens 980 m unter GOK und erfüllt damit die Bedingung zur Mindestanforderung zur „Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs".

Fläche des Endlagers

Die ausgewiesene Fläche von 8 km² für den Teilgebietsbereich im Raum Lüneburg erfüllt die Bedingung von mindestens 3 km² für die Realisierung eines Endlagers. Die Anforderung kann unter Berücksichtigung der zu Grunde gelegten Daten als erfüllt angesehen werden. Die sichelmondartige Form und die untertägige Mächtigkeitsänderung des Teilgebietsbereichs führen allerdings dazu, dass die Fläche und das Volumen suboptimal für die Errichtung eines Endlagers erscheinen.

Erhalt der Barrierewirkung

Die bisher angewandte Methodik zur Ausweisung des Teilgebiets lässt den Erhalt der Barrierewirkung nicht anzweifeln, so dass die Mindestanforderung zum gegenwärtigen Zeitpunkt als erfüllt angesehen werden kann.

4.13.4 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien

Die Prüfung der Vorgehensweise der BGE bei der Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien ist unter Berücksichtigung der Stellungsnahmen des LBEG (LBEG, 2021) und der Anmerkungen der BGR (BGR, 2021) erfolgt. Das Resultat der Bewertung für das Teilgebiet 076_02TG_191_02IG_S_f_so ist in Tabelle 41 zusammengefasst. Die Tabelle basiert auf der Darstellung der Bewertungsergebnisse im Zwischenbericht Teilgebiete (Kompaktsteckbrief).

Die BGE hat im Teilgebietsbereich 076_02TG_191_02IG_S_f_so eine individuelle Bewertung für die Kriterien 2 (Konfiguration der Gesteinskörper), 3 (räumliche Charakterisierbarkeit) und 11 (Deckgebirge)

Entwurf

anhand der vorliegenden gebietsspezifischen Daten (BGE, 2020ak) und/ oder Fachliteratur (BGE, 2020ai) vorgenommen.

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
Kriterium 2 	Die Konfiguration der Gesteinskörper ist teilweise gerechtfertigt und nachvollziehbar als günstig eingestuft, dabei wurden vier Indikatoren verwendet. Die *Barrierenmächtigkeit* liegt mit maximal 580 m über der Mindestmächtigkeit von 100 m. Es kann davon ausgegangen werden, dass eine Mächtigkeit größer 300 m innerhalb des Teilgebietsbereichs nur für eine geringe Fläche besteht. Der *Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch den ewG* stellt sicher, dass der Einlagerungsbereich in jedem Fall von einem ewG umschlossen wird. Hier wird zum jetzigen Zeitpunkt die Annahme getroffen, dass das Wirtgestein und ewG Teil ein und desselben Gesteinskörpers sind und somit generell als günstig bewertet. Die Einordnung der *Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen ewG* erfolgt günstig, da das Teilgebiet eine Mindestmächtigkeit von 100 m in einer Teufe größer 500 m (hier 1.100 m u. GOK) aufweist. Allerdings kann zum jetzigen Zeitpunkt die genaue Lage des ewG nicht konkret räumlich ausgewiesen werden, und erfolgt deshalb für den Teufenbereich des identifizierten Gebiets. Die ausgewiesene Fläche des Teilgebietsbereichs beträgt 8 km², ist damit kleiner 9 km² (<< 2-fache flächenhafte Ausdehnung), so dass der Indikator zur *Flächenhaften Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit* als bedingt günstig bewertet werden müsste.
Kriterium 3 	Der Indikator zur Gesteinsausbildung in der stratigraphischen Modelleinheit Röt/Muschelkalk wird nur teilweise nachvollziehbar als günstig eingestuft, da fazielle Heterogenitäten über einen entsprechend großen stratigraphischen Abschnitt sehr wahrscheinlich sind. Aufgrund des Salzaufstiegs des Lüneburger Salzstocks ist mit einer „gewissen tektonischen *Überprägung“* der geologischen Einheit zu rechnen, daher ist die Bewertung des Indikators als „günstig“ nur teileweise gerechtfertigt. Die Indikatoren zur *Variationsbreite der Eigenschaften* und die *räumliche Verteilung der Gesteinstypen* wurden mit „günstig“ bewertet aufgrund der Annahme, dass ausreichend große Bereiche innerhalb des identifizierten Teilgebiets existieren. Allerdings ist die stratigraphische Abfolge durch Wechsellagerung unter Anderem von Anydrit, Gips, Dolomit und Tongesteinen gekennzeichnet, welche bei entsprechend mächtiger Ausbildung die Bewertung der Indikatoren beeinflussen könnten. Daher sind standortspezifische Untersuchungen notwendig. Die Bewertung erscheint nur teilweise nachvollziehbar.
Kriterium 11 	Das Kriterium zur Bewertung des Schutzes des ewG durch das Deckgebirge wird mit gebietsspezifischen Daten für das Teilgebiet nachvollziehbar bedingt günstig eingestuft. Obwohl die Daten des geologischen 3D-Modells (Baldschuhn, et al., 2001) keine Störungen, welche Einfluss auf die hydraulische Wirksamkeit des ewG's haben könnten, im Teilgebietsbereich zeigen, könnte es durch den weiteren

Entwurf

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
	Aufstieg des Lüneburger Salzstocks zukünftig zu ebensolchen Störungen kommen (*Ausprägung struktureller Komplikationen)*. Die Überdeckung des ewG's mit *grundwasser- und erosionshemmenden Gesteinen* ist nachvollziehbar günstig eingestuft, aufgrund der Tiefenlage der endlagerrelevanten Salzgesteinsabfolgen.
Die Bewertung der Kriterien 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9 und 10 erfolgt in 4.14	
günstig **bedingt günstig** **weniger günstig** **nicht günstig** **nicht anwendbar**	

Tabelle 41: Prüfung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Teilgebiet Nordostdeutsches Tiefland (076_02TG_191_02IG_S_f_so)

Entwurf

4.14 Bewertung der Referenzdatensätze zur Anwendung der Geowissenschaftlichen Abwägungskriterien

In Tabelle 42 wird eine Übersicht gegeben, für welche Kriterien Referenzdatensätze und standortspezifische Daten verwendet wurden.

LK	Teilgebiet Kriterium	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11
H, L, U	Norddt. Becken im Tertiär - 004_00TG_053_00IG_T_f_tpg											
	Norddt. Becken im Mittl. Jura 005_00TG_055_00IG_T_f_jm											
	Norddt. Becken in der Unterkreide - 007_00TG_202_02IG_T_f_kru											
	Stemmen/ Otter-Todtshorn 034_00TG_054_00IG_S_s_z											
	Bahlburg 035_00TG_057_00IG_S_s_z											
	Egestorf-Soderstorf 036_00TG_058_00IG_S_s_z											
	Wettenbostel/ Ebstorf 037_00TG_061_00IG_S_s_z											
	Rosenthal 038_00TG_063_00IG_S_s_z											
	Horndorf 039_00TG_064_00IG_S_s_z											
	Niendorf II/ Wieren/ Bodenteich 040_00TG_067_00IG_S_s_z											
	Rosche-Thondorf - 041_00TG_068_00IG_S_s_z											
	Meckelfeld 064_00TG_151_00IG_S_s_z-ro											
	Nordostdeutsches Tiefland 076_02TG_191_02IG_S_f_so											

Referenzdatensatz im Tongestein

Kriterien

1 5 6 7 8 9 10

Referenzdatensatz im Salzgestein

Kriterien

1 4 5 6 7 8 9 10

Standortbezogene Daten im Ton- und Salzgestein für die Kriterien

2, 3, 4 (nur Tongestein) und 11

Tabelle 42: Übersicht zur Bewertung der Kriterien zur Anwendung von Referenzdatensätzen für Tongestein (Grüntöne), Salzgestein (Blautöne) und gebietsspezifischer Daten (Grau)

Die Bewertung der Kriterien, bei denen von der BGE standortbezogene Daten verwendet wurden, erfolgt für das jeweilige Teilgebiet individuell (Kapitel 4.1 bis 4.13).

Die folgende Tabelle 43 enthält die Bewertung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien und die verwendeten Referenzdatensätze für alle Teilgebiete im Wirtsgestein Steinsalz. Die Bewertung erfolgte für alle Teilgebiete identisch, da für das jeweilige Kriterium die gleichen Referenzdatensätze angewendet wurde.

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
Kriterium 1	Die Bewertung mit günstig scheint zunächst gerechtfertigt und nachvollziehbar. Die zwingend notwendigen in situ Messungen zu Grundwasserbewegungen sollten gleiche Ergebnisse wie die bewertungsrelevanten Eigenschaften der Kriterien Grundwasserangebot, Grundwasserströmung und Diffusionsgeschwindigkeit liefern, um diese Einstufung zu bestätigen. Es wird angenommen, dass keine Grundwasserbewegung und somit auch kein Transport radioaktiver Stoffe stattfinden, weil die genannten Eigenschaften dies ausschließen.
Kriterium 4	Die Bewertung ist basierend auf den Referenzdatensätzen nachvollziehbar/ gerechtfertigt als günstig bewertet. Für belastbare Aussagen zu den Prozessen und Betrachtungsmerkmalen Mächtigkeit, Ausdehnung und Gebirgsdurchlässigkeit sind allerdings standortspezifische Studien nötig. In Deutschland gibt es eine Vielzahl an Studien, die indirekte Aussagen zu den Indikatoren ableiten lassen und damit auch, dass für die meisten Salzstöcke der Aufstieg im Tertiär abgeschlossen war. Allerdings können nur standortspezifische Untersuchungen, wie z.B. die Erstellung von detaillierten Deckgebirgsmodellen, konkrete Erkenntnisse zur Aufstiegsgeschichte liefern und Störungen ausgeschlossen werden, die Schichten versetzen, welche im Tortonium (Oberes Tertiär) oder später abgelagert wurden.
Kriterium 5	Die Bewertung wird, auch ohne die Verwendung standortspezifischer Daten als gerechtfertigt günstig eingeordnet. Die langjährigen Erfahrungen aus dem Bergbau in Deutschland zeigen, dass Salz standfest ist und keinen tragenden Ausbau benötigt. Dies zeigen z.B. vor Ort Befahrungen aus den Bergwerken in Morsleben und Sigmundshall, in denen auf der tiefsten Sohle (1.400 m u. GOK) kein tragender Ausbau nötig ist. Selbst weniger standfeste Salinargesteine, wie z.B. Anydrit, werden nur zur Konturensicherung und zum Arbeitsschutz durch Matten oder mit Ankern gesichert. Aufgrund des Kriechverhaltens von Steinsalz kann es zu hohen Konvergenzen kommen, die dazu führen können, dass Streckenkonturen nachzuschneiden sind. Die Bohrlochstabilität im Steinsalz selbst ist gut, größere Ausbrüche sind allerdings beim Durchteufen von Kaliflözen zu erwarten, sofern eine ungeeignete Spülung verwendet wird.
Kriterium 6	Die Bewertung des Kriteriums ist gerechtfertigt und nachvollziehbar, basierend auf Referenzdatensätzen, als günstig eingestuft. Wie in (Bertrams, et al., 2020) angemerkt wird enthält Steinsalz keine hydraulisch wirksamen Klüfte und Risse. Die Rissentwicklung ist gering, es findet ein geohydraulisches Verschließen statt. Rissschließungen werden allgemein für

Entwurf

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
	Steinsalz als günstig betrachtet. Geochemische Prozesse, wie Rekristallisation führen zur Rissverheilung, d.h. die erneute Verwachsung von Trennflächen, so dass ehemalige Risse keine Schwächezonen bilden. Aktuelle Vorstudien der BGR bestätigen diese Einschätzungen, weitere Untersuchungen sind allerdings notwendig. Es handelt sich um eine Wirtsgestein basierte Bewertung, ohne dass Werte zu Grunde gelegt werden. Generell wird aufgrund der geochemischen Prozesse die Reversibilität der mechanischen Eigenschaften prognostiziert. Salzformationen sind standortunabhängig bzgl. ihrer Barrierwirksamkeit in die Wertungsgruppe günstig einzuordnen. Salzformationen sind gering durchlässig und gelten als geologisch dicht – als Beispiel werden Kohlenwasserstofflagerstätten aufgeführt, bei denen Salzschichten die abdichtenden Einheiten bilden.
Kriterium 7 günstig	Das Kriterium zur Gasbildung wird als weitestgehend gerechtfertigt günstig eingestuft. Die Gasbildung soll möglichst gering sein, bewertet wird dies mit dem Indikator zum Wassergehalt. Das Wasserangebot im Steinsalz ist prinzipiell günstig, Steinsalz besitzt eine trockene Lithologie (Wassergehalt meist unter 3% durch wasserhaltige Minerale, interkristallines Porenwasser oder Fluideinschlüsse). Beim Kontakt von potentiell vorhandenem Wasser mit Eisen der Abfallbehälter kann es zur Oberflächenkorrosion kommen, was zur Bildung von Wasserstoff führt – dies beeinflusst die Integrität der gebirgsmechanischen Eigenschaften und die Integrität der Behälter. Die BGE berechnet anhand von Referenzdaten zum Wassergehalt im Steinsalz und voraussichtlichen Einlagerungskonzepten bzgl. der Metallmenge, dass 8 m³ Wasserstoff pro Meter Bohrlochlänge entstehen – welche Auswirkungen dies auf die gebirgsmechanischen Eigenschaften hat, wird nicht weiter aufgeführt. Die Korrosion der Behälter betreffend wird angenommen, dass die Dicke der Kontainerwände ausreichend ist um weiterhin stabil zu bleiben. Für die weitere Betrachtung sind standortspezifische Daten notwendig.
Kriterium 8 günstig	Die Bewertung der Temperaturverträglichkeit wird als nachvollziehbar günstig eingestuft, unter der Annahme einer homogenen Steinsalzformation und dem zu Grunde gelegten Referenzdatensatz. Die herangezogenen Daten beruhen aus Modellierungen von in situ Situationen in der Asse bei Wolfenbüttel – standortspezifisch ist ungeklärt, ob bei Materialheterogenitäten ebenfalls mit einem positiven Ausdehnungskoeffizienten (thermische Beanspruchung) zu rechnen ist. In der Ausgangslage wird reines Steinsalz betrachtet, dies ist Kristallwasserfrei, es finden somit keine thermische Zersetzung und Mineralumwandlungen statt. Anders ist es bei nichthomogenen Steinsalzformationen, mit sonstigen Beimengungen bzw. dem Vorkommen von Salzhydraten, diese enthalten Kristallwasser welches durch Temperaturerhöhungen freigesetzt wird (z.B erfolgt bei Carnallit die Kristallwasserfreigabe ab 80°C; Grenztemperaturen sind in der Literatur zusammengestellt)

Entwurf

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
	Die Bewertung ist günstig, wenn das Endlager tatsächlich im reinen Steinsalz gebaut werden könnte, davon ist aufgrund der komplexen internen Struktur von Salzstöcken nicht zwangsläufig auszugehen (Verfaltungen, unterschiedliche Gehalte an Salzhydrate). Es ist entsprechend notwendig, eine standortspezifische Betrachtung zur chemischen Zusammensetzung und der internen Struktur des Salzstocks zu erstellen. Basierend auf den Salzhydratgehalten müssten entsprechend (höhere) Mindestteufen definiert werden, um das Freisetzen zu verhindern. Ungeklärt bleibt in dieser Kriterienanwendung, ob durch den Eintrag von Wärme Kristallwasser freigesetzt wird. An entsprechender Stelle im Verfahren ist es notwendig Simulationen und Berechnungen zu Temperaturanstieg in den verschiedenen Tiefen-/Druckbereichen anzustellen.
Kriterium 9 	Das Kriterium wird entsprechend des als nicht günstig eingeordneten Indikators zum Gehalt an Mineralphasen mit hoher reaktiver Oberfläche insgesamt als nicht günstig eingeordnet, da Halit diese nicht besitzt. Die Bewertung des Rückhaltevermögens beinhaltet den Indikator zur Ionenstärke. Es ist nachvollziehbar, dass salinare Tiefenwässer einen hohen Gehalt an gelösten Ionen aufweisen, aufgrund der Tatsache das Salz wasserlöslich ist und entsprechend eine hohe Ionenstärke mitbringt – dies wird generell als positiv betrachtet, da es dadurch weniger Radionuklide aufnehmen kann. Entsprechend ist die Einstufung als günstig gerechtfertigt. Der Indikator zur Öffnungsweite der Gesteinsporen, ist basierend auf den wenig verfügbaren Literaturdaten (da in der Praxis nicht Teil von geologischen Erkundungen), als nachvollziehbar günstig eingestuft. Anhand der vorhandenen Daten ist davon auszugehen, dass die Porengrößen im Salz im Nanobereich liegen, es insgesamt eine geringe Porosität gibt und die Poren die existieren, gefüllt sind (Fluideinschlüsse) und damit nicht permeabel sind.
Kriterium 10 	Das Kriterium wird nachvollziehbar als nicht günstig eingestuft. Der Indikator zum chemischen Gleichgewicht wird über den Sättigungsindex dargestellt und ist nur eine Annahme. Basierend auf dieser Annahme wird der Indikator als nachvollziehbar günstig eingestuft. Allerdings kann das chemische Gleichgewicht zum jetzigen Zeitpunkt aufgrund fehlender Daten nicht exakt dargestellt werden. Hinweise auf ein chemisches Gleichgewicht geben niedrige Permaebilitäten zusammen mit einer hohen Mächtigkeit als Indiz für lange Transportzeiten. Das chemische Gleichgewicht kann sich durch äußere Einflüsse ändern, wovon mit dem Bau eines Endlagers auszugehen ist. Es liegen schlicht keine „echten“ Daten vor, es sind äußere Einflüsse nötig um diese zu erlangen und damit würde eine Änderung des Gleichgewichts einhergehen. Für verschiedene Salzgesteine in Deutschland werden pH-Werte generell unterhalb von 6 angegeben. In der Eingruppierung wären pH-Werte zwischen 7 und 8 günstig, daher ist der Indikator nachvollziehbar als nicht günstig eingeordnet. Die grundlegenden geochemischen Verhältnisse sind übertragbar und daher gerechtfertigt. Das anoxisch-reduzierende Milieu ist, wie zu erwarten, als günstig

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
	eingestuft, da eingelagerter Sauerstoff verbraucht wird (durch Oxidation von Eisen und mikrobielle Aktivität). Der Indikator zum Gehalt an Kolloiden wird als nachvollziehbar günstig eingestuft, da aufgrund der hohen Ionenstärke von einem sehr geringen Gehalt an Kolloiden im übersättigten Tiefenwasser auszugehen ist. Der Kontakt von Lösungen mit dem Grubengebäude wird wahrscheinlich zu keiner Erhöhung des Radionuklids führen, da nur wenige Kolloide vorhanden sind. So stellt sich der Idealfall dar, dieser wäre im weiteren Verlauf des Verfahrens standortspezifisch zu prüfen. Vereinzelte Studien deuten darauf hin, dass die Karbonatkonzentration (und damit die Rückhaltung der Radionuklide) im Tiefenwasser sehr gering ist, entsprechend günstig wurde der Indikator eingestuft. Der Karbonatgehalt ist standortspezifisch und standortabhängig – zuverlässige Aussagen sind somit erst mit gebietsspezifischen Daten möglich.
günstig bedingt günstig weniger günstig nicht günstig nicht anwendbar	

Tabelle 43: Prüfung und Bewertung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Wirtsgestein Steinsalz, für welche die BGE ein Referenzdatensatz verwendet hat.

Die folgende Tabelle 44 enthält die Bewertung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien bezogen auf die verwendeten Referenzdatensätze für alle Teilgebiete im Wirtsgestein Tongestein. Die Bewertung erfolgte für alle Teilgebiete identisch, da für das jeweilige Kriterium die gleichen Referenzdatensätze angewandt wurden.

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
Kriterium 1	Die Bewertung mit günstig scheint zunächst gerechtfertigt und nachvollziehbar. Die zwingend notwendigen in situ Messungen zu Grundwasserbewegungen sollten gleiche Ergebnisse wie die bewertungsrelevanten Eigenschaften der Kriterien Abstandsgeschwindigkeit des Grundwassers, charakteristische Gebirgsdurchlässigkeit und effektiver Diffusionskoeffizient liefern, um diese Einstufung zu bestätigen. Literaturdaten weisen darauf hin, dass nur geringe Grundwasserbewegung im Tongestein stattfinden, wobei die Durchlässigkeitswerte vermutlich abhängig von der Versenkungstiefe sind. Inwiefern unterschiedliche Tongehalte die Grundwasserbewegung beeinflussen, muss anhand standortspezifischer Daten bewertet werden.
Kriterium 5	Basierend auf Referenzdatensätzen ist die Bewertung des Kriteriums nachvollziehbar als nicht günstig eingestuft. Die endgültige Bewertung der gebirgsmechanischen Eigenschaften ist jedoch von standortspezifischen Untersuchungen abhängig. Literaturdaten weisen zum Beispiel darauf hin, dass vor allem tertiäre Tongesteine relativ hohe Wassergehalte aufweisen, was wiederum zu einer

Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
	Verringerung der Gesteinsdruckfestigkeit führt und daher die bergmännische Auffahrung eines Endlagers erheblich erschwert. Außerdem wurden bezüglich der Entstehung mechanisch bedingter Sekundärpermeabilitäten bisher lediglich generische Berechnungen berücksichtigt.
Kriterium 6 	Die Bewertung des Kriteriums ist nachvollziehbar als günstig eingestuft. Es wird davon ausgegangen, dass ein Bereich ohne Klüfte existiert, der groß genug für die Errichtung eines Endlagers ist. Das Vorhandensein eines solchen Bereichs bedingt das als günstig eingestufte Verhältnis der Gebirgs- zur Gesteinsdurchlässigkeit. Weiterhin sind Tongesteinsformationen generell durch eine geringe Durchlässigkeit charakterisiert, wobei die Neigung zur Rissschließung und Rissverheilung abhängig vom Ton- und Kalkgehalt bzw. von den Druck- und Temperaturbedingungen sowie der zu Verfügung stehenden Feuchte ist. Entsprechend sind die abschließenden Bewertungen nur durch in-situ Messungen möglich.
Kriterium 7 	Die Bewertung ist nur teilweise nachvollziehbar und wird vor allem durch die schlechte hydraulische Konduktivität als Resultat geringer Porengrößen begründet. Allerdings fehlt eine Definition der Bergriffe „trocken“ und „feucht“ auf denen die Bewertung letztendlich basiert.
Kriterium 8 	Die Bewertung erfolgt anhand von Literaturdatensätzen für den thermischen Expansionskoeffizienten. Wenn dieser positiv ist, wird der Indikator als günstig eingestuft. Der thermische Expansionskoeffizient ist sehr variabel wobei die meisten Messwerte in der Literatur positiv sind. Es zeigt sich jedoch auch eine starke Anisotropie mit unterschiedlichen Werten parallel und senkrecht zur Schichtung des Gesteins. Auch die Gefahr von Mineralumwandlungen im Zuge möglicher thermischer Einwirkungen muss standortspezifisch geklärt werden. Vor allem die Illitisierung von Smektit kann zu einer Verschlechterung der endlagerelevanten Eigenschaften des ewG’s führen. Allerdings deuten Untersuchungen daraufhin, dass keine geologisch signifikante Illitisierung der Tonminerale zu erwarten sind. Allgemein ist davon auszugehen, dass die thermische Stabilität der Tonsteine bei höherer Versenkungstiefe zunimmt.
Kriterium 9 	Die Bewertung des Kriteriums mit günstig ist teilweise nachvollziehbar. Tongesteine verhindern wirksam die Ausbreitung von Radionukliden aufgrund ihrer Mineralzusammensetzung und deren hohe Kationenaustauschkapazität. Weiterhin bestehen Tongesteine vorwiegend aus Tonmineralen und anderen Mineralphasen mit großer reaktiver Oberfläche. Die Porengrößen verschiedener Tonsteine befinden sich meist im Nanometerbereich wobei es zu regionalen Schwankungen aufgrund der mineralogischen Zusammensetzung und Korngrößenverteilung kommen kann. Ebenso muss die Ionenstärke des Grundwassers standortspezifisch untersucht werden da diese unabhängig ist von der Art des Wirtsgestein, sondern jeweils von den

Entwurf

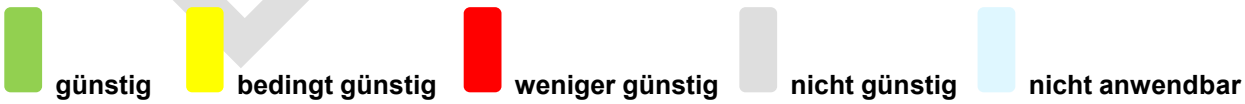
Kriterium inkl. Bewertung/ Indikator Bewertungen	Bewertung
	geologischen Gegebenheiten abhängt. Die Bewertung dieses Indikator Ionenstärke des Grundwassers mit günstig ist daher nur teilweise nachvollziehbar.
Kriterium 10 	Die Bewertung des Kriteriums mit günstig ist teilweise nachvollziehbar. Ein chemisches Gleichgewicht zwischen dem Wirtsgestein Tongestein und dem darin enthaltenen Grundwasser ist abhängig von der Fließgeschwindigkeit des Grundwassers und lithologischer Heterogenitäten im ewG. Aufgrund der langen Verweilzeit des Grundwassers in Tongestein ist davon auszugehen, dass sich das Wirtsgestein im chemischen Gleichgewicht mit dem Grundwasser befindet. Entsprechende Hinweise liefert der Opalinuston (Jura) in der Nordschweiz und der Ypresiumton (Teritär) in Belgien, daher wird der Indikator mit günstig bewertet. Allerdings werden ortsspezifische Daten nötig sein, um die tatsächlichen lithologischen Heterogenitäten und, je nach Kompaktionsgrad, die Häufigkeit von Mikroklüften und sonstigen Wegsamkeiten zu identifizieren. Der Indikator zum pH-Wert wird mit günstig bewertet, da bisherige Untersuchungen unterschiedlicher Tongesteinsformationen in Europa immer neutrale bis leicht alkalische Bedingungen für das Formationswasser ergaben (pH-Werte 6 bis 9). In vielen Tongesteinsformationen liegen natürliche anoxisch-reduzierende Bedingungen im Bereich des Tiefenwassers vor. Dieses geochemische Milieu begünstigt die langfristige Wirksamkeit der technischen Barrieren und Radionuklidrückhaltung. In-situ Messungen stammen unter anderem aus dem Opalinuston der Nordschweiz. Der Indikator wird entsprechend als günstig bewertet. Der Indikator zum Gehalt an Kolloiden wird nur teilweise nachvollziehbar als günstig eingestuft. Anhand von Referenzdatensätzen aus der Nordschweiz und Belgien wird davon ausgegangen, dass die Kolloidkonzentration in Tongesteinen gering ist und die Mobilität vorhandener Kolloide durch die geringe Porengröße limitiert wird. Allerdings gibt es keine Informationen zu Kolloiden in Norddeutschland. Weiterhin wird erwartet, dass die Gehalte an Komplexbildnern, als wichtiger Faktor der Radionuklidmobilität in Tongesteinslösungen, eher nicht gering sind. Der Indikator zur Karbonatkonzentration ist teilweise nachvollziehbar. Obwohl Tongesteine von Tonmineralen dominiert werden, kann der Kalkgehalt über 50% betragen (Mergel). Falls diese Karbonate gelöst werden hätte dies großen Einfluss auf die Alkalität und geochemischen Bedingungen im Tiefenwasser.
	

Tabelle 44: Prüfung und Bewertung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Wirtsgestein Tongestein, für welche die BGE ein Referenzdatensatz verwendet hat.

ENTWURF

5 Fragestellungen und Hinweise zum Verfahren

5.1 Relevante Fragestellungen und Hinweise zur Unterstützung des fachlichen Informationstransports

1. **In welchem Verfahrensschritt und in was für einem Umfang wird eine Differenzierung der Referenzdatensätze für Tongestein hinsichtlich der unterschiedlichen stratigraphischen Einheiten erfolgen?**

   Die Bewertung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien und die verwendeten Referenzdatensätze werden für alle Teilgebiete im Wirtsgestein Tongestein identisch angewendet. Zur Bewertung der Teilgebite erfolgte entsprechend keine Differenzierung der verschiedenen stratigraphischen Einheiten in denen Tongesteine auftreten. Die Bewertung erfolgte für alle Teilgebiete identisch, da für das jeweilige Kriterium die gleichen Referenzdatensätze angewandt wurden.

   Die Referenzdatensätze für Tongestein enthalten bereits individuelle Erfahrungswerte für einige Indikatoren, so dass eine Differenzierung und damit unterschiedliche Bewertungen der Kriterien durchaus möglich sind, aber zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht umgesetzt wurden.

2. **Wie groß ist die Salzschwebe im Steinsalz in flacher Lagerung?**

   Zum gegenwärtigen Zeitpunkt wird für Steinsalz in steiler Lagerung die Mindestanforderung dahingehend definiert, dass eine Salzschwebe von mindestens 300 m über dem ewG eingehalten werden muss. Für Steinsalz in flacher Lagerung liegt eine definierte Größenordnung bislang nicht vor.

3. **Wird der Radius (horizontal/vertikal) um ausgeschlossene Gebiete für „Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit – Bohrungen“ im weiteren Verfahren angepasst?**

   Um Bohrungen, die in Teilgbieten als ausgeschlossene Gebiete gekennzeichnet wurden, wird bislang ein Sicherhetsradius von 25 m angelegt, um mögliche Lageungenauigkeiten der Bohrungen zu berücksichtigen sowie auch potentielle Schädigungen des angrenzenden Gesteins zu erfassen. Die durch Bohrungen beinflussten Bergbaugebiete (Förderung von Rohstoffen) sind weit größer als ein Radius um eine Produktionsbohrung von 25 m abdecken würde. Der Beeinflungsbereich erstreckt sich horizontal und auch vertikal, da die Förderung von Rohstoffen Einfluss auf die Integrität der hangenden und liegenden Gesteinsschichten nehmen kann (Senkung).

4. **Wann im Verfahren findet eine barrierefreie Bereitstellung zu grunde gelegter Daten statt? Inwieweit findet eine Neubewertung bestehender Daten statt?**

   Die Datenbasis, wie die BGE sie verwendet und gegebenenfalls neuinterpretiert, sollte im Sinne eines transparenten Verfahrens zeitnah und barrierefrei über die gängigen Informationssysteme der Öffentlichkeit bereitgestellt werden. Bisher veröffentlichte die BGE nur Schichtenverzeichnisse von Bohrungen, die als entscheidungserheblich eingestuft wurden und damit Einfluss auf den Zwischenbericht Teilgebiete genommen haben. Die Vorgehensweise zur Einstufung entscheidungserheblicher Bohrungen bzw. Daten ist nicht nachvollziehbar. Weiterhin erlauben die bislang hinterlegten Schichtenverzeichnisse keinen Zugriff auf die originalen Bohrdokumentationen, so dass ein Überprüfen der Daten nicht stattfinden kann. Inwieweit eine Neubewertung bestehender Daten stattfindet, wird ebenfalls nicht ausgeführt. Schichtenverzeichnisse, vor allem von „älteren“ Bohrungen, bedürfen möglichlerweise einer Überprüfung.

5. **Inwieweit werden Beeinflussungen künftiger Übertageanlagen durch Hochwasserereignisse evaluiert?**

ENTWURF

6. Generell wird darauf hingewiesen werden, dass im Laufe des Verfahrens fachliche Daten durch Neubetrachtungen und fortdauernde Aufbereitung hinzukommen, und Teilgebiete daraufhin angepasst werden. Die Ausweisung der Teilgebiete im Zwischenbericht wurde im Wesentlichen auf Basis der Auswertungen des geologischen 3D-Modells GTA3D (Baldschuhn, et al., 2001) im Abgleich mit Bohrungsdaten erstellt. Geologische 3D-Modelle werden fortlaufend aktualisert, so dass bereits im Folgeschritt (in Phase I, Schritt 2) des Verfahrens eine Fortführung eines solchen 3D-Modells über das gesamte Norddeutsche Becken zu grunde gelegt wird (BGR, 2021b) .

5.2 Hinweise zu Beteiligungsmöglichkeiten im weiteren Standortauswahlprozessren

Im Rahmen der Suche nach einem geeigneten Endlagerstandort wurden vom Gesetzgeber im StandAG Beteiligungsmöglichkeiten für die Öffentlichkeit festgeschrieben. Hierzu gehören:

- Fachkonferenz Teilgebiete (im August 2021 abgeschlossen)
  Hier wurden die ersten Zwischenergebnisse diskutiert.
  Die Ergebnisse der Fachkonferenz wurden der BGE im September 2021 übergeben und sind in den nachfolgenden Projektphasen von der BGE zu berücksichtigen.
  Im Frühjahr 2022 hat die BGE einen Entwurf vorlegt (representative vorläufige Sicherheitsuntersuchung rvSU), wie die Endlagersuche methodisch fortgeführt wird.
- Regionalkonferenzen
  Am Ende der ersten Phase werden seitens der BGE Vorschläge für die übertägig zu erkundenden Standortregionen übermittelt. In jeder dieser Regionen werden von der BASE Regionalkonferenzen eingerichtet.
- Fachkonferenzen Rat der Regionen
  Dies ist das Beteiligungsformat, welches die Regionalkonferenzen regionenübergreifend begleitet.

Desweiteren besteht die Möglichkeit das Betroffene Einwände und Bedenken äußern können, welche auf Erörterungsterminen behandelt werden.

Um eine Öffentlichkeitsbeteiligung zwischen der bereits abgeschlossenen Fachkonferenz Teilgebiete und den Regionalkonferenzen weiter zu gewährleisten, wurde das Forum Endlagersuche organisiert. Das Forum soll ca. ein- bis zweimal im Jahr tagen und berät über die Arbeitsfortschritte der BGE und ist offen für alle Interressierten. Zum Zeitpunkt dieser Berichtserstellung wurde der erste Termin für das Forum für den 20. und 21. Mai 2022 in Mainz (Präsenz und Online) announciert.

Weitere Möglichkeiten zur Beiteiligung und Informationsbeschaffung bieten Veranstaltungen der BGE, die auch Online angeboten werden. Unter anderem werden Informationen zum Stand und Methodik der Endlagersuche vermittelt und bieten eine Plattform, um Fragen zu klären. Termine lassen sich auf der Internetseite der BGE finden.

Als weiteres Beteiligungsformat sind die jährlich stattfindenden „Tage der Standortauswahl“ zu erwähnen, welche für das Jahr 2022 vom 8. bis 10. Juni in Aachen angesetzt sind. Schwerpunkt ist der fachliche Austausch, aber auch die Information der Öffentlichkeit bezüglich des Standes der Standortauswahl durch die BGE. Dieser öffentliche Teil findet am 10. Juni. statt. Eine Teilnahme ist sowohl Vorort als auch via Livestream möglich.

Entwurf

6 Fazit und Ausblick für das weitere Standortauswahlverfahren

Die Methodik der BGE zur Ausweisung der Teilgebiete in den Landkreisen Harburg, Lüneburg und Uelzen im Abgleich mit den Vorgaben des StandAG kann generell nachvollzogen werden. Die Anwendung der Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien basiert im überwiegenden Maße auf Literaturdaten, auf einem geologischen 3D-Untergrundmodell und Referenzdatensätzen, die keine ortsspezifischen Angaben enthalten.

Die BGE folgt bei der Ausweisung der Teilgebiete dem Verfahrensgrundsatz, Gebiete mit einer ungenügenden Datenlage nicht schon im Vorfeld auszuschließen, da erwartet wird, dass sich mit steigendem Kenntnisstand bei erneuter Anwendung der Bewertungskriterien in jeder Phase des Standortauswahlverfahrens die Zahl der ausgeschlossenen Gebiete im Laufe des Verfahrens vergrößern wird.

Aufgrund von Tiefbohrungen, die die Teilgebiete in den drei Landkreisen aufschließen, konnten die im Zwischenbericht Teilgebiete aufgeführten Charakteristika der 13 Teilgebiete im Hinblick auf Tiefenlage und Mächtigkeit sowie das Vorkommen der Wirtsgesteine Salzgestein und Tongestein größtenteils bestätigt werden.

Mit geologischen Daten oder geologischen Sachverhalten gestützte Argumente, die eine Eignung der 13 Teilgebiete in der jetzigen Phase schon grundlegend ausschließen würden, sind nicht erkennbar.

Die Prüfung der einzelnen Anforderungen und Kriterien zeigte allerdings, dass einige Indikatoren optimistisch günstig eingestuft wurden sind, und Daten vorliegen, die eine Einordnung einiger Indikatoren, in zumindest bedingt günstig rechtfertigen. Somit könnte sich für einige Kriterien eine andere Kategorisierung ergeben.

In der jetzigen Phase sammelte die BGE eine Vielzahl an Daten, um diese nach gesetzlich festgelegten Kriterien auszuwerten. Der Zwischenbericht Teilgebiete lieferte das Ergebnis zum Stand dieser Arbeiten und schaffte damit eine einheitliche Informationsgrundlage für umfangreiche Diskussionen.

Die Teilgebiete im Wirtsgestein Steinsalz in den betrachteten Landkreisen sind hauptsächlich in Salzstöcken ausgewiesen. Der Erkundungsgrad der Salzstöcke in den drei Landkreisen ist als mäßig bis schlecht zu bezeichnen. Entscheidend ist hierbei der geringe Kenntnisstand zum Internbau der Salzstrukturen. Die Kenntnisse zur Tiefenlage und Ausdehnung der Salzstöcke beruhen weitgehend auf einem geologischen 3D Modell mit bekannten Ungenauigkeiten. Diese Daten wurden auch überwiegend zur Anwendung der Mindestanforderungen angewandt. Zur Bewertung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien kamen im überwiegenden Maße Referenzdatensätze zum Einsatz. Der Kenntnisstand ist daher von dem, der einer detaillierten Bewertung als potentieller Standort eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle zu Grunde zu legen wäre, heute noch weit entfernt. Zu einem überwiegenden Teil wurden Literaturdaten, die nicht auf die Teilgebiete bzw. Salzvorkommen oder gar den Lagerungstyp zu, Beispiel „Steinsalz in steiler Lagerung“ zurückzuführen sind, verwendet. In den kommenden Phasen des Standortauswahlverfahrens werden zunehmend detaillierte Daten (vor allem ortspezifische Daten) zur Verfügung stehen, wodurch die referenzdaten-basierten Bewertungen einer Überprüfung zu unterziehen sind und anschließend gegebenenfalls eine Aktualisierung der Einstufung zu berücksichtigen ist.

Das Vorkommen von Tongesteinen die als Teilgebiete ausgewiesen wurden konnte stichprobenartig in einzelnen Bohrungen belegt werden. Die über Kartenserver (BGR, 2021a) zugänglichen Schichtenverzeichnisse der meisten Bohrungen enthalten nur wenige bis keine Angaben zum Gesteinstyp, sondern lediglich eine stratigraphische Einordnung der durchteuften Einheiten. Hierfür hat die BGE zum Beispiel originale Schichtenverzeichnisse und Bohrakten bei den zuständigen Behörden angefragt, geprüft und ausgewertet.

Diese Auswertung, der sich stetig erhöhende Kenntnisstand zu den einzelnen Teilgebieten und die erneute Anwendung der Bewertungskriterien in jeder Phase des Verfahrens wird dazu führen, dass die Zahl der ausgeschlossenen Gebiete vergrößert wird. Somit werden auch die, wie beispielsweise das im Tertiär

Entwurf

großflächig ausgewiesene Teilgebiet, sukzessive verkleinert werden. Mit geologischen Daten oder geologischen Sachverhalten gestützte Argumente, die eine Eignung der Teilgebiete im Tongestein in der jetzigen Phase grundlegend ausschließen, sind nicht erkennbar.

Am Ende der Phase I wird die BGE Vorschläge für übertägig zu erkundende Standortregionen an das BASE zur Prüfung übermitteln. Der Gesetzgeber wird daraufhin entscheiden, welche dieser Vorschläge umgesetzt werden und welche Standortregionen weiter erkundet werden sollen.

In der zweiten Phase erfolgt die übertägige Erkundung vor Ort. Hierfür wird der Untergrund untersucht, Bohrungen abgeteuft und geophysikalische Messungen durchgeführt.

In der dritten Phase werden an mindestens zwei Standorten Erkundungsbergwerke erreichtet. Mit umfangreichen Untersuchungsprogrammen wird das Gebiet erkundet. Basierend auf den Ergebnissen wird ein bestmöglicher Standort vom BASE vorgeschlagen, über welchen abschließend vom Bundestag per Gesetz entschieden wird.

Das StandAG gibt keinen genauen Zeitplan für den Ablauf des gesamten Standortauswahlverfahrens vor. In § 1 Absatz 5 Satz 2 StandAG wird lediglich die *„Festlegung des Standortes für das Jahr 2031 angestrebt“.*

Auch das BASE, welche die Suche nach einem Endlager für hochradioaktive Abfälle in Deutschland überwacht und beaufsichtigt, als auch das NBG, welches sich als unabhängiges Gremium mit sämtlichen Fragen des Standortauswahlverfahrens befasst und Stellungnahmen zum Verfahren abgibt, legen keine Termine für das Standortauswahlverfahren fest. Da zwischen den einzelnen Phasen des Standortauswahlverfahrens jeweils der Bundestag mitentscheidet, richtet sich der Zeitplan auch nach der jeweiligen Besitmmung per Bundesgesetz. Laut Angaben des NBG’s ist der Bau eines Endlagers für hochradioktive Abfälle ab dem Jahr 2050 geplant.

Entwurf

Literaturverzeichnis

Baldschuhn, R., et al. 2001. *3D GTA / Geotektonischer Atlas von Nordwestdeutschland mit dem deutschen Nordsee-Sektor. Geol-Jb., A 153: S. 95.* Stuttgart : Schweizbart, 2001.

Bertrams, N., et al. 2020. *Grundlagen zur Bewertung eines Endlagers in flach lagernden Salzformationen (S1). Berichtsentwurf.* Braunschweig : BGE Technology GmbH, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) GmbH, 2020.

BGE. 2020ai. *Anlage 2A (zum Fachbericht Teilgebiete und Anwendung Geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG). Literaturreferenzen: Teil A (Teilgebiete).* Peine : Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE), 2020ai.

—. 2020ak. *Anlage 46A (zum Datenbericht Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG und geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG). Datenreferenzen: Teil A (Teilgebiete).* Peine : Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE), 2020ak.

—. 2020h. *Anwendung Ausschlusskriterien gemäß § 22 StandAG. Untersetzende Unterlage zum Zwischenbericht Teilgebiete.* 2020h.

—. 2020c. *Anwendung Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG. Untersetzende Unterlage zum Zwischenbericht Teilgebiete.* Peine : Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH BGE, 2020c.

—. 2020l, Teil 2. *Datenbericht Teil 2 von 4 Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG und geowissenschaftlichen Abwägungskriteriengemäß § 24 StandAG (Untersetzende Unterlage des Zwischenberichts Teilgebiete).* Peine : Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE), 2020l, Teil 2.

—. 2021b. *Fachliche Einordnung zur Stellungnahme des Niedersächsischen Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) vom 02.02.2021 zum Zwischenstand Teilgebiete der BGE mbH vom 28.09.2020 Stand 03.06.2021.* s.l. : BGE, 2021b.

—. 2020af. *Glossar der BGE zum Standortauswahlverfahren.* Peine : Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE), 2020af.

—. 2020b. *Referenzdatensätze zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Rahmen von § 13 StandAG - Grundlagen.* Peine : Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE), 2020b.

—. 2020a. *Shape-Dateien zu den Teilgebieten gemäß §13 StandAG Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0, Lizenztext: https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0. https://www.bge.de/de/endlagersuche/wesentliche-unterlagen/zwischenbericht-teilgebiete/.* Peine : Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, 2020a.

—. 2020k. *Teilgebiete und Anwendung Geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG. Untersetzende Unterlage zum Zwischenbericht Teilgebiete.* Peine : Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, 2020k.

—. 2020. *Zwischenbericht Teilgebiete.* Peine : Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH, 2020.

BGR. 2021a. Bohrpunktekarte. [Online] 2021a. https://boreholemap.bgr.de/mapapps/resources/apps/boreholemap/index.html?lang=de.

—. 2007. *Endlagerung radioaktiver Abfälle: Untersuchung und Bewertung von Regionen mit potenziell geeigneten Wirtsgesteinformationen.* s.l. : Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), 2007.

—. 2021b. *Potenziale des unterirdischen Speicher- und Wirtschaftsraumes des Norddeutshcen Beckens (TUNB).* 2021b.

Entwurf

—. 2021. *Standortauswahl 9S2016010000 - Anmerkungen der BGR zum Zwischenbericht Teilgebiete der BGE.* Hannover : s.n., 2021.

BT-Drs. 18/11398. *Deutscher Bundestag: Gesetzentwurf zur Fortentwicklung des Gesetzes zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle und anderer Gesetze.* 18/11398.

Donadei, S., et al. 2016. *InSpEE - Informationssystem Salzstrukturen: Planungsgrundlagen, Auswahlkriterien und Potentialabschätzung für die Errichtung vonSalzkavernen zur Speicherung von Erneuerbaren Energien (Wasserstoff undDruckluft) – Sachbericht.* 2016.

Dornsiepen, Ulrich. 2015. *Atommuell - wohin?* 2015.

Fleig, S. und Röhling, S. 2019. *Informationssystem Salz: Planungsgrundlagen, Auswahlkriterien und Potenzialabschätzung für die Errichtung von Salzkavernen zur Speicherung von Erneuerbaren Energien (Wasserstoff und Druckluft) - Doppelsalinare und flach lagernde Salzschichten.* Hannover : Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), 2019.

Frisch, U. und Kockel, F. 2004. *Der Bremen-Knoten im Strukturnetz Nordwest-Deutschlands. Stratigraphie, Paläographie, Strukturgeologie.* s.l. : Berichte, Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen, 2004.

Hoth, P., et al. 2007. *Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen Deutschlands. Untersuchung und Bewertung von Tongesteinsformationen.* 2007 : Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe BGR, 2007.

Jaritz, W. 1983. *Eignung von Salzstöcken in Niedersachsen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle.* Hannover : Bundesgesellschaft für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), 1983.

Kockel, F. und Krull, P. 1995. *Endlagerung stark wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen Deutschlands: Untersuchung und Bewertung von Salzformationen.* s.l. : Bundesgesellschaft für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), 1995.

LBEG. 2022b. Bohrpunktkarte. [Online] 2022b. https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Geodatenmanagement/Bohrpunktkarte-Deutschland/bohrpunktkarte-deutschland_node.html.

—. 2022a. LBEG Kartenserver. [Online] 2022a. https://www.lbeg.niedersachsen.de/kartenserver/nibis-kartenserver-72321.html.

—. 2021. *Stellungnahme des Staatlichen Geologischen Dienstes von Niedersachsen. BGE-Zwischenbericht Teilgebiete (28.09.2020).* Hannover : s.n., 2021.

Mutterlose, J. 2000. *Niedersachsen und angrenzende Gebiete: Unterkreide im Niedersächsischen Becken. In: M. Hiß & J. Mutterlose (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland III - Die Kreide der Bundesrepublik Deutschland., S. 79-101.* Frankfurt am Main : Deutsche Stratigraphische Kommission - Courier Forsch., 2000. ISBN 3-929907-68-2.

Pollok, L., Hölzner, M. und Fleig, S. 2016. *AP 2 – Erfassung des Internbaus von Salzstrukturen und geologische 3D-Modellierung. In: Informationssystem Salzstrukturen: Planungsgrundlagen, Auswahlkriterien und Potentialabschätzung für die Errichtung von Salzkavernen zur Speicherung von Erneuerbaren E.* Hannover : Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), 2016.

Reinhold, K., Hammer, J. und Pusch, M. 2014. *Verbreitung, Zusammensetzung und geologische Lagerungsverhältnisse flach lagernder Steinsalzfolgen in Deutschland.* s.l. : Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), 2014.

Röhling, S., et al. 2020. *Informationssystem Salz: Planungsgrundlagen, Auswahlkriterien und Potenzialabschätzung für die Errichtung von Salzkavernen für die Speicherung von Erneuerbaren Energien*

Entwurf

(Wasserstoff und Drcukluft) - Doppelsalinare und flachlagernde Salzschichten. Hannover : Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), 2020. Sachbericht 03ET6062B.

Stück, H., et al. 2020. *Ausschlusskriterium "Aktive Störungszonen" .* Hannover/Berlin : Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), 2020.

Weber, Michael. 2021. *NBG-Gutachten zu den Gebieten der Methodenentwicklung Fokus Steinsalz steil .* 2021.

Entwurf

Anlage 1: Zusammenfassung der Ergebnisse und des Gutachtens für den Landkreis Harburg

Entwurf

Im Landkreis Harburg wurden durch die Anwendung der Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien insgesamt fünf Teilgebiete für ein potentielles Endlager ausgewiesen. Vier dieser Teilgebiete befinden sich im Wirtsgestein Steinsalz in steiler Lagerung in den stratigraphischen Einheiten Rotliegend und Zechstein. Ein Teilgebiet befindet sich im Wirtsgestein Tongestein in der stratigraphischen Einheit Tertiär. In Abbildung 1 ist die Verbreitung der Teilgebiete im Landkreis Harburg dargestellt.

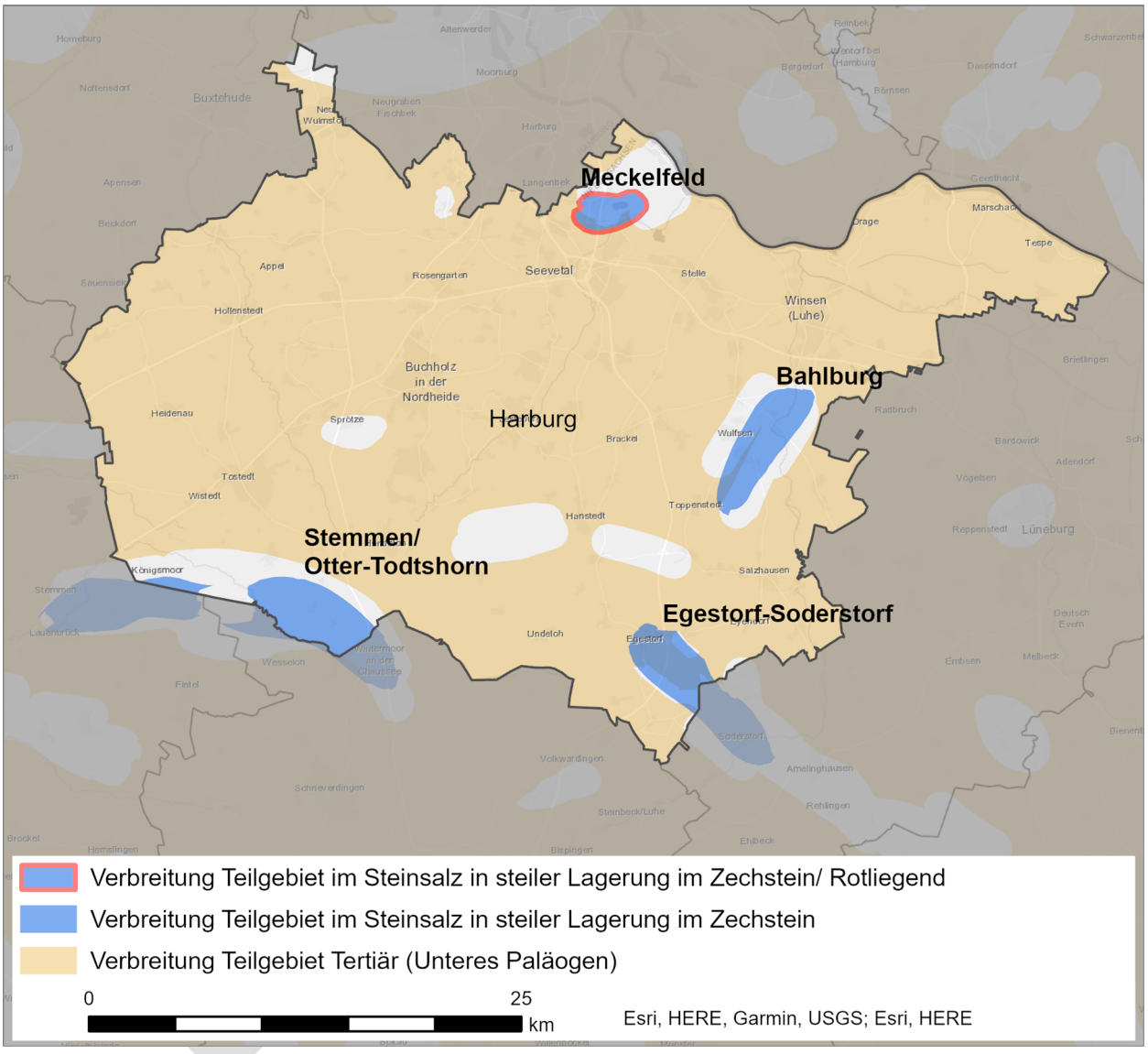


Abbildung 1: Übersicht der Teilgebiete im Wirtsgestein Steinsalz und Tongestein im Landkreis Harburg

Die Methodik zur Ausweisung der fünf Teilgebiete ist fundiert und nachvollziehbar erläutert. Im Rahmen dieser Methodik erfolgte jedoch die Bewertung der Mindestanforderung, Ausschlusskriterien und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien für die Teilgebiete auf einer verhältnismäßig geringen Datenbasis, oder beruht gänzlich auf Annahmen zu den voraussichtlichen lithologischen Eigenschaften der Wirtsgesteine und deren räumlicher Ausdehnung im Untergrund.

Für die Teilgebiete im Wirtsgestein Steinsalz wurden drei geowissenschaftliche Abwägungskriterien mit Hilfe ortspezifischer Daten bewertet. Allerdings wurde auch dabei zu einem überwiegenden Teil Fachliteratur zu Zechsteinsalzstrukturen ausgewertet, häufig ohne tatsächlichen Bezug zu den Salzstrukturen im Landkreis Harburg. Die verwendeten ortspezifischen Daten wurden in diesem Gutachten mit Hilfe dreidimensionaler Darstellungen veranschaulicht und geprüft.

Die Referenzdatensätze im Wirtsgestein Steinsalz beziehen sich auf allgemeine Informationen zu Salinargesteinen, zum Teil unabhängig vom Lagerungstyp. An dieser Stelle wird die Notwendigkeit weiterführender Untersuchungen deutlich, da sich die Internstruktur von Steinsalzvorkommen, und damit auch die lithologischen Eigenschaften, je nach Lagerungstyp deutlich unterscheiden können.

Die BGE dokumentiert, auf welche Literaturreferenzen bei der Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien zurückgegriffen wurde. In der Anlage 2A ((BGE, 2020ai) werden die einzelnen Literaturverzeichnisse für die jeweiligen Teilgebiete aufgelistet. Für die Teilgebiete im Landkreis Harburg sind die Angaben zur verwendeten Literatur überwiegend identisch. Die Wirtsgesteine Steinsalz in steiler Lagerung betreffend haben lediglich zwei der Veröffentlichungen einen direkten Bezug zu den Salzvorkommen und ausgewiesenen Teilgebieten im Landkreis. In (Jaritz, 1983) erfolgt eine Charakterisierung der Salzlagerstätten nach Form, Tiefenlage, Deckgebirge und wirtschaftliche Nutzung. Die Arbeit von (Kockel & Krull, 1995) beschreibt in der Salzstruktur Stemmen/ Otter-Todtshorn einen möglicherweise stark gestörten oder komplizierten Internbau.

Insbesondere bei der Prüfung der Schichtenverzeichnisse der Bohrungen fiel auf, dass die meisten Daten zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur eingeschränkt einsehbar sind. Der Zugriff auf grundlegende Bohrungsdaten (Name, Verortung, Endteufe) und Schichtenverzeichnisse ist über öffentliche Portale für Geodaten, wie zum Beispiel den NIBIS-Kartenserver oder die Bohrpunktekarte, möglich. Die hier hinterlegten Schichtenverzeichnisse erlauben jedoch keinen Zugriff auf die originalen Bohrdokumentationen, so dass ein Überprüfen der Daten nicht stattfinden kann. Bisher veröffentlichte die BGE nur Schichtenverzeichnisse von Bohrungen, die als entscheidungserheblich eingestuft wurden und damit Einfluss auf den Zwischenbericht Teilgebiete genommen haben. Die Vorgehensweise zur Einstufung entscheidungserheblicher Bohrungen bzw. Daten ist nicht nachvollziehbar.

Keine der über oder im Bereich der Salzstrukturen im Landkreis abgeteuften Bohrungen wurden als entscheidungserheblich klassifiziert. Einige dieser Bohrungen jedoch, haben die Salzstrukturen durchteuft und beinhalten weiterführende Informationen zur Lithologie und Ausbildung der Salinareinheiten.

Für das Teilgebiet im Wirtsgestein Tongestein wurden vier geowissenschaftliche Abwägungskriterien mit Hilfe ortspezifischer Daten bewertet. Allerdings wurde auch dabei zu einem überwiegenden Teil Fachliteratur zu Tongesteinen ausgewertet, häufig ohne tatsächlichen Bezug zu dem Vorkommen im Landkreis Harburg oder gar der stratigraphischen Einheit des Tertiärs.

Entwurf

Im Landkreis Harburg belegen dutzende Bohrungen das flächendeckende Vorkommen der Schichtenfolge des Tertiärs. Das Vorkommen der Tongesteine kann stichprobenartig in einzelnen Bohrungen nachgewiesen werden. Die in der jetzigen Phase der Standortauswahl erfolgte Bewertung des Teilgebiets im Wirtsgestein Tongestein, beruht weitgehend auf Annahmen, die sich auf Modelldaten stützen. Für eine detailliertere Bewertung des Teilgebiets im Landkreis Harburg im Hinblick auf Eignung für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle reicht der Kenntnisstand nicht aus.

In den kommenden Phasen der Standortsuche werden zunehmend detailliertere Daten (vor allem ortsspezifische Daten) zur Verfügung stehen, wodurch die Teilgebiete unter Berücksichtigung der Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien erneut einer Bewertung unterzogen werden. Mit geologischen Daten oder geologischen Sachverhalten gestützte Argumente, die eine Eignung der Teilgebiete in der jetzigen Phase schon grundlegend ausschließen würden, sind nicht erkennbar.

Abschließend lässt sich sagen, dass es unabhängig vom Wirtsgestein für eine verlässliche Bewertung aller Teilgebiete notwendig sein wird ortspezifische Daten im Rahmen von Erkundungsprogrammen zu erheben. So sollen im weiteren Verlauf des Verfahrens durch die fortwährende Auswertung vorhandener Daten, die zugrunde liegende Datenbasis für die Teilgebiete, und sich daraus ergebender Untersuchungsräume, sukzessive erhöht werden. Die neu gewonnenen Erkenntnisse werden dann in die Bewertung der Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien mit einfließen.

Diese Datenbasis, wie die BGE sie verwendet und gegebenenfalls neuinterpretiert, sollte im Sinne eines transparenten Verfahrens zeitnah und barrierefrei über die gängigen Informationssysteme der Öffentlichkeit bereitgestellt werden.

Entwurf

Anlage 2: Zusammenfassung der Ergebnisse und des Gutachtens für den Landkreis Lüneburg

Entwurf

Im Landkreis Lüneburg wurden durch die Anwendung der Mindestanforderungen, Ausschlusskriterien und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien insgesamt sieben Teilgebiete für ein potentielles Endlager ausgewiesen. Fünf dieser Teilgebiete befinden sich im Wirtsgestein Steinsalz in steiler Lagerung in der stratigraphischen Einheit Zechstein. Ein Teilgebiet befindet sich im Wirtsgestein Steinsalz in flacher Lagerung in der stratigraphischen Einheit Röt/ Muschelkalk (Trias). Ein weiteres Teilgebiet befindet sich im Wirtsgestein Tongestein in der stratigraphischen Einheit Tertiär. In Abbildung 1 ist die Verbreitung der Teilgebiete im Landkreis Lüneburg dargestellt. Zwei Teilgebiete (Wettenbostel/ Ebstorf und Rosche-Thondorf) befinden sich mit einem äußerst geringen Flächenanteil im Landkreis Lüneburg, unmittelbar an der Grenze zum Landkreis Uelzen.

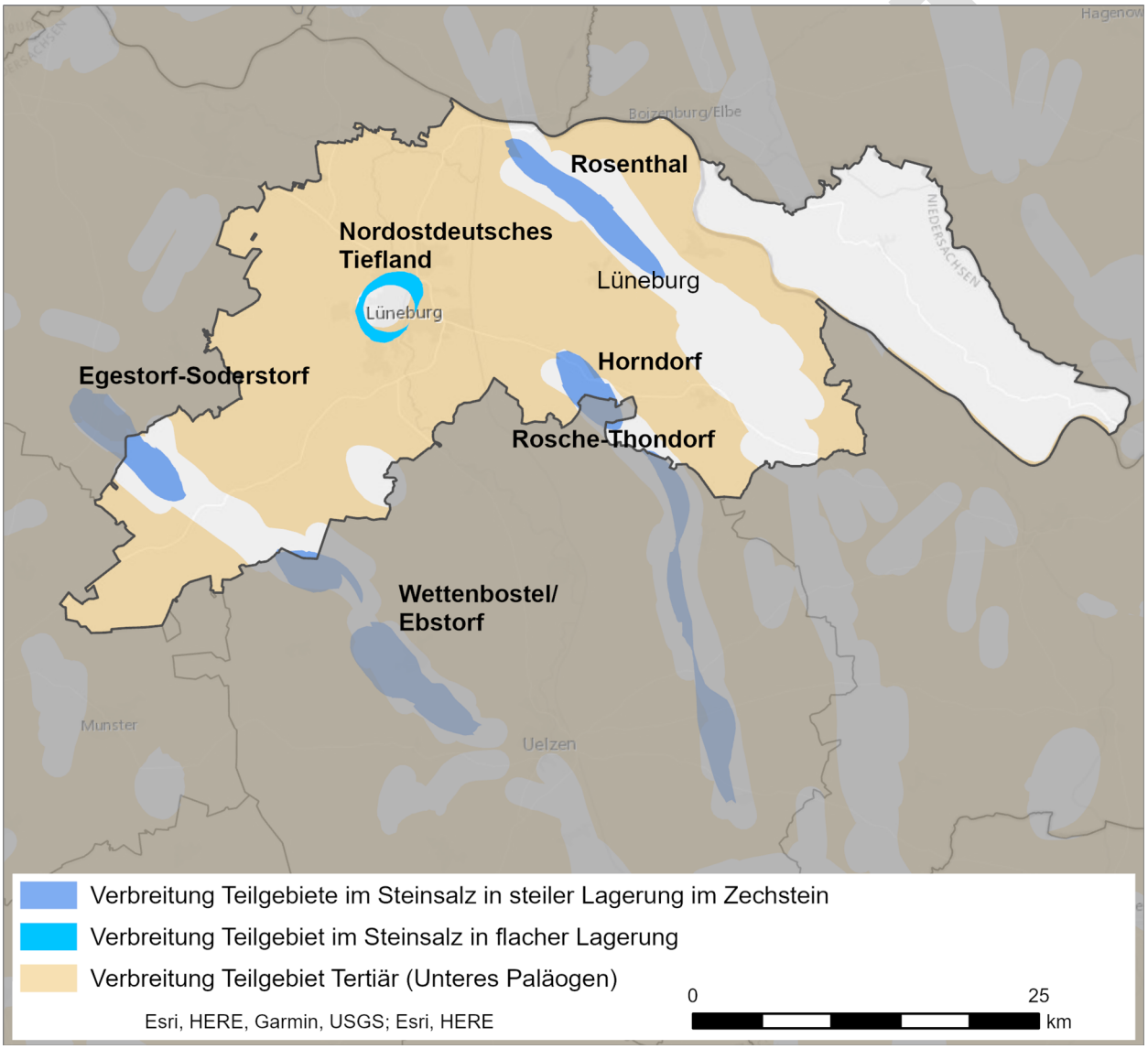


Abbildung 1: Übersicht der Teilgebiete im Wirtsgestein Steinsalz und Tongestein im Landkreis Lüneburg

Die Methodik zur Ausweisung der sieben Teilgebiete ist fundiert und nachvollziehbar erläutert. Im Rahmen dieser Methodik erfolgte jedoch die Bewertung der Mindestanforderung,

Ausschlusskriterien und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien für die Teilgebiete auf einer verhältnismäßig geringen Datenbasis, oder beruht gänzlich auf Annahmen zu den voraussichtlichen lithologischen Eigenschaften der Wirtsgesteine und deren räumlicher Ausdehnung im Untergrund.

Für die Teilgebiete im Wirtsgestein Steinsalz wurden drei geowissenschaftliche Abwägungskriterien mit Hilfe ortspezifischer Daten bewertet. Allerdings wurde auch dabei zu einem überwiegenden Teil Fachliteratur zu Zechsteinsalzstrukturen ausgewertet, häufig ohne tatsächlichen Bezug zu den Salzstrukturen im Landkreis Lüneburg. Die verwendeten ortspezifischen Daten wurden in diesem Gutachten mit Hilfe dreidimensionaler Darstellungen veranschaulicht und geprüft.

Die Referenzdatensätze im Wirtsgestein Steinsalz beziehen sich auf allgemeine Informationen zu Salinargesteinen, zum Teil unabhängig vom Lagerungstyp. An dieser Stelle wird die Notwendigkeit weiterführender Untersuchungen deutlich, da sich die Internstruktur von Steinsalzvorkommen, und damit auch die lithologischen Eigenschaften, je nach Lagerungstyp deutlich unterscheiden können.

Die BGE dokumentiert, auf welche Literaturreferenzen bei der Anwendung der geowAK zurückgegriffen wurde. In der Anlage 2A ((BGE, 2020ai) werden die einzelnen Literaturverzeichnisse für die jeweiligen Teilgebiete aufgelistet. Für die Teilgebiete im Landkreis Lüneburg sind die Angaben zur verwendeten Literatur überwiegend identisch. Die Wirtsgesteine Steinsalz in steiler Lagerung betreffend hat lediglich eine der Veröffentlichungen einen direkten Bezug zu den Salzvorkommen und ausgewiesenen Teilgebieten im Landkreis. In (Jaritz, 1983) erfolgt eine Charakterisierung der Salzlagerstätten nach Form, Tiefenlage, Deckgebirge und wirtschaftliche Nutzung.

Insbesondere bei der Prüfung der Schichtenverzeichnisse der Bohrungen fiel auf, dass die meisten Daten zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur eingeschränkt einsehbar sind. Der Zugriff auf grundlegende Bohrungsdaten (Name, Verortung, Endteufe) und Schichtenverzeichnisse ist über öffentliche Portale für Geodaten, wie zum Beispiel den NIBIS-Kartenserver oder die Bohrpunktekarte, möglich. Die hier hinterlegten Schichtenverzeichnisse erlauben jedoch keinen Zugriff auf die originalen Bohrdokumentationen, so dass ein Überprüfen der Daten nicht stattfinden kann. Bisher veröffentlichte die BGE nur Schichtenverzeichnisse von Bohrungen, die als entscheidungserheblich eingestuft wurden und damit Einfluss auf den Zwischenbericht Teilgebiete genommen haben. Die Vorgehensweise zur Einstufung entscheidungserheblicher Bohrungen bzw. Daten ist nicht nachvollziehbar.

Nur eine Bohrung (Lüneburg 6398) im Teilgebietsbereich um Lüneburg wurde als entscheidungserheblich klassifiziert. Eine Vielzahl an Bohrungen jedoch, ist bislang nicht „entscheidungserheblich“ für die Ausweisung der Teilgebiete. Diese Bohrungen haben zum Teil die Salzstrukturen durchteuft und enthalten weiterführende Informationen zur Lithologie und Ausbildung der Salinareinheiten.

Entwurf

Für das Teilgebiet im Wirtsgestein Tongestein wurden vier geowissenschaftliche Abwägungskriterien mit Hilfe ortspezifischer Daten bewertet. Allerdings wurde auch dabei zu einem überwiegenden Teil Fachliteratur zu Tongesteinen ausgewertet, häufig ohne tatsächlichen Bezug zu dem Vorkommen im Landkreis Lüneburg oder gar der stratigraphischen Einheit des Tertiärs.

Im Landkreis Lüneburg belegen dutzende Bohrungen das flächendeckende Vorkommen der Schichtenfolge des Tertiärs. Das Vorkommen der Tongesteine kann stichprobenartig in einzelnen Bohrungen nachgewiesen werden. Die in der jetzigen Phase der Standortauswahl erfolgte Bewertung des Teilgebiets im Wirtsgestein Tongestein, beruht weitgehend auf Annahmen, die sich auf Modelldaten stützen. Für eine detailliertere Bewertung des Teilgebiets im Landkreis Lüneburg im Hinblick auf Eignung für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle reicht der Kenntnisstand nicht aus.

In den kommenden Phasen der Standortsuche werden zunehmend detailliertere Daten (vor allem ortsspezifische Daten) zur Verfügung stehen, wodurch die Teilgebiete unter Berücksichtigung der Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien erneut einer Bewertung unterzogen werden. Mit geologischen Daten oder geologischen Sachverhalten gestützte Argumente, die eine Eignung der Teilgebiete in der jetzigen Phase schon grundlegend ausschließen würden, sind nicht erkennbar.

Abschließend lässt sich sagen, dass es unabhängig vom Wirtsgestein für eine verlässliche Bewertung aller Teilgebiete notwendig sein wird ortspezifische Daten im Rahmen von Erkundungsprogrammen zu erheben. So sollen im weiteren Verlauf des Verfahrens durch die fortwährende Auswertung vorhandener Daten, die zugrunde liegende Datenbasis für die Teilgebiete, und sich daraus ergebender Untersuchungsräume, sukzessive erhöht werden. Die neu gewonnenen Erkenntnisse werden dann in die Bewertung der Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien mit einfließen.

Diese Datenbasis, wie die BGE sie verwendet und gegebenenfalls neuinterpretiert, sollte im Sinne eines transparenten Verfahrens zeitnah und barrierefrei über die gängigen Informationssysteme der Öffentlichkeit bereitgestellt werden.

Entwurf

Anlage 3: Zusammenfassung der Ergebnisse und des Gutachtens für den Landkreis Uelzen

Entwurf

Im Landkreis Uelzen wurden durch die Anwendung der Mindestanforderungen, Ausschlusskriterien und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien insgesamt sieben Teilgebiete für ein potentielles Endlager ausgewiesen. Vier dieser Teilgebiete befinden sich im Wirtsgestein Steinsalz in steiler Lagerung in der stratigraphischen Einheit Zechstein. Drei Teilgebiete befinden sich im Wirtsgestein Tongestein, jeweils eins davon in der stratigraphischen Einheit Tertiär, Unterkreide und Mittlerer Jura. In Abbildung 1 ist die Verbreitung der Teilgebiete im Landkreis Uelzen dargestellt. Da sich die Teilgebiete im Wirtsgestein Tongestein in erdgeschichtlich unterschiedlichen Einheiten befinden, überlagern sie sich teilweise.

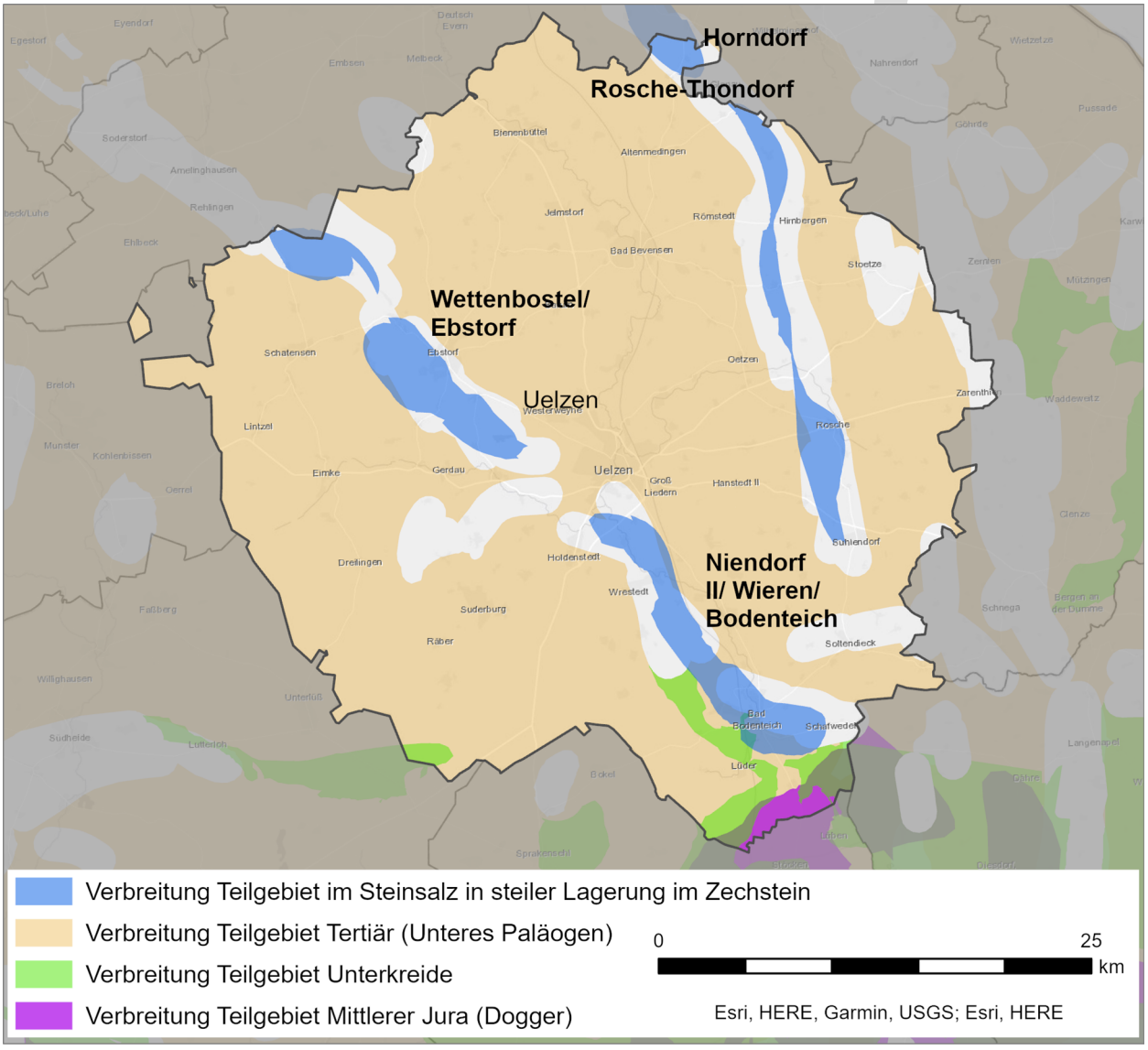


Abbildung 1: Übersicht der Teilgebiete im Wirtsgestein Steinsalz und Tongestein im Landkreis Uelzen

Die Methodik zur Ausweisung der sieben Teilgebiete ist fundiert und nachvollziehbar erläutert. Im Rahmen dieser Methodik erfolgte jedoch die Bewertung der Mindestanforderung, Ausschlusskriterien und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien für die Teilgebiete auf einer verhältnismäßig geringen Datenbasis, oder beruht gänzlich auf Annahmen zu den

voraussichtlichen lithologischen Eigenschaften der Wirtsgesteine und deren räumlicher Ausdehnung im Untergrund.

Für die Teilgebiete im Wirtsgestein Steinsalz wurden drei geowissenschaftliche Abwägungskriterien mit Hilfe ortspezifischer Daten bewertet. Allerdings wurde auch dabei zu einem überwiegenden Teil Fachliteratur zu Zechsteinsalzstrukturen ausgewertet, häufig ohne tatsächlichen Bezug zu den Salzstrukturen im Landkreis Uelzen. Die verwendeten ortspezifischen Daten wurden in diesem Gutachten mit Hilfe dreidimensionaler Darstellungen veranschaulicht und geprüft.

Die Referenzdatensätze im Wirtsgestein Steinsalz beziehen sich auf allgemeine Informationen zu Salinargesteinen, zum Teil unabhängig vom Lagerungstyp. An dieser Stelle wird die Notwendigkeit weiterführender Untersuchungen deutlich, da sich die Internstruktur von Steinsalzvorkommen, und damit auch die lithologischen Eigenschaften, je nach Lagerungstyp deutlich unterscheiden können.

Die BGE dokumentiert, auf welche Literaturreferenzen bei der Anwendung der geowAK zurückgegriffen wurde. In der Anlage 2A ((BGE, 2020ai) werden die einzelnen Literaturverzeichnisse für die jeweiligen Teilgebiete aufgelistet. Für die Teilgebiete im Landkreis Uelzen sind die Angaben zur verwendeten Literatur überwiegend identisch. Die Wirtsgesteine Steinsalz in steiler Lagerung betreffend hat lediglich eine der Veröffentlichungen einen direkten Bezug zu den Salzvorkommen und ausgewiesenen Teilgebieten im Landkreis. In (Jaritz, 1983) erfolgt eine Charakterisierung der Salzlagerstätten nach Form, Tiefenlage, Deckgebirge und wirtschaftliche Nutzung.

Insbesondere bei der Prüfung der Schichtenverzeichnisse der Bohrungen fiel auf, dass die meisten Daten zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur eingeschränkt einsehbar sind. Der Zugriff auf grundlegende Bohrungsdaten (Name, Verortung, Endteufe) und Schichtenverzeichnisse ist über öffentliche Portale für Geodaten, wie zum Beispiel den NIBIS-Kartenserver oder die Bohrpunktekarte, möglich. Die hier hinterlegten Schichtenverzeichnisse erlauben jedoch keinen Zugriff auf die originalen Bohrdokumentationen, so dass ein Überprüfen der Daten nicht stattfinden kann. Bisher veröffentlichte die BGE nur Schichtenverzeichnisse von Bohrungen, die als entscheidungserheblich eingestuft wurden und damit Einfluss auf den Zwischenbericht Teilgebiete genommen haben. Die Vorgehensweise zur Einstufung entscheidungserheblicher Bohrungen bzw. Daten ist nicht nachvollziehbar.

Keine der über oder im Bereich der Salzstrukturen im Landkreis abgeteuften Bohrungen wurden als entscheidungserheblich klassifiziert. Einige dieser Bohrungen jedoch, haben die Salzstrukturen durchteuft und beinhalten weiterführende Informationen zur Lithologie und Ausbildung der Salinareinheiten.

Für die Teilgebiete im Wirtsgestein Tongestein wurden vier geowissenschaftliche Abwägungskriterien mit Hilfe ortspezifischer Daten bewertet. Allerdings wurde auch dabei zu einem überwiegenden Teil Fachliteratur zu Tongesteinen ausgewertet, häufig ohne tatsächlichen Bezug zu

Entwurf

dem Vorkommen im Landkreis Uelzen oder gar den jeweiligen stratigraphischen Einheiten des Tertiärs, Mittleren Jura oder der Unterkreide.

Im Wirtsgestein Tongestein im Landkreis Uelzen belegen dutzende Bohrungen das flächendeckende Vorkommen der Schichtenfolge des Tertiärs, und auch das bereichsweise Vorkommen der Schichtenfolgen der Unterkreide (drei Bohrungen) und des Mittleren Jura (acht Bohrungen) im Süden des Landkreises. Die in der jetzigen Phase der Standortauswahl erfolgte Bewertung der Teilgebiete im Wirtsgestein Tongestein, beruht weitgehend auf Annahmen, die sich auf Modelldaten stützen. Für eine detailliertere Bewertung der Teilgebiete im Landkreis Uelzen im Hinblick auf Eignung für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle reicht der Kenntnisstand nicht aus.

In den kommenden Phasen der Standortsuche werden zunehmend detailliertere Daten (vor allem ortsspezifische Daten) zur Verfügung stehen, wodurch die Teilgebiete unter Berücksichtigung der Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien erneut einer Bewertung unterzogen werden. Mit geologischen Daten oder geologischen Sachverhalten gestützte Argumente, die eine Eignung der Teilgebiete in der jetzigen Phase schon grundlegend ausschließen würden, sind nicht erkennbar.

Abschließend lässt sich sagen, dass es unabhängig vom Wirtsgestein für eine verlässliche Bewertung aller Teilgebiete notwendig sein wird ortspezifische Daten im Rahmen von Erkundungsprogrammen zu erheben. So sollen im weiteren Verlauf des Verfahrens durch die fortwährende Auswertung vorhandener Daten, die zugrunde liegende Datenbasis für die Teilgebiete, und sich daraus ergebender Untersuchungsräume, sukzessive erhöht werden. Die neu gewonnenen Erkenntnisse werden dann in die Bewertung der Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien mit einfließen.

Diese Datenbasis, wie die BGE sie verwendet und gegebenenfalls neuinterpretiert, sollte im Sinne eines transparenten Verfahrens zeitnah und barrierefrei über die gängigen Informationssysteme der Öffentlichkeit bereitgestellt werden.

Entwurf