



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

§ 36 Salzstock Gorleben

Zusammenfassung existierender Studien und Ergebnisse
gemäß §§ 22 bis 24 StandAG im Rahmen der Ermittlung
von Teilgebieten gemäß § 13 StandAG

Stand 28.09.2020

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	4
Abkürzungsverzeichnis	5
Glossar	5
1 Zusammenfassung	6
2 Einführung	8
2.1 Veranlassung	8
2.2 Gegenstand und Zielsetzung	8
2.3 Abgrenzung	9
2.4 Das Standortauswahlverfahren	9
3 Kurzer Abriss der Historie des Standortes Gorleben	12
4 Kenntnisstand der Endlagerforschung	14
4.1 Lage und allgemeine geologische Situation	14
4.2 Aufbau des Salzstocks	14
4.3 Hutgestein	15
4.4 Deckgebirge	15
4.5 Hydrogeologie	17
4.6 Langzeitbetrachtungen in der Vorläufigen Sicherheitsanalyse Gorleben	18
5 Die Argumente der BI Lüchow-Dannenberg	20
5.1 Aktive Störungszone	20
5.2 Das Deckgebirge / Gorlebener Rinne	20
5.3 Vorhandene Bohrungen	21
5.4 Gebirgsdurchlässigkeit	21
5.5 Nutzbare Fläche	21
5.6 Kommende Eiszeiten	21
6 Der Umgang der BGE mit § 36 StandAG	22
7 Anwendung der Kriterien und Mindestanforderungen (§§ 22- 24 StandAG)	23
7.1 Ausschlusskriterien nach § 22 StandAG	23
7.1.1 Großräumige Vertikalbewegung	23
7.1.2 Aktive Störungszonen	24
7.1.3 Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit	26
7.1.4 Seismische Aktivität	28

7.1.5	Vulkanische Aktivität	29
7.1.6	Grundwasseralter	30
7.1.7	Zusammenfassung zur Anwendung der Ausschlusskriterien gemäß § 22 StandAG	30
7.2	Mindestanforderungen nach § 23 StandAG	31
7.2.1	Gebirgsdurchlässigkeit im einschlusswirksamen Gebirgsbereich	31
7.2.2	Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (ewG)	31
7.2.3	Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs	32
7.2.4	Fläche des Endlagers	32
7.2.5	Erhalt der Barrierewirkung	33
7.2.6	Zusammenfassung zur Anwendung der Mindestanforderungen nach § 23 StandAG	33
7.3	Geowissenschaftliche Abwägungskriterien nach § 24 StandAG	33
7.3.1	Referenzdatensatz Steinsalz	34
7.3.2	Standortspezifische Bewertung (Anlage 2, 3 und 11 (zu § 24) StandAG)	37
7.3.2.1	Kriterium zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper (Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG)	37
7.3.2.2	Kriterium zur Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit (Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG)	38
7.3.2.3	Kriterium zur Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge (Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG)	39
8	Gesamtbewertung	41
9	Literatur	42
	Anzahl der Blätter dieses Dokumentes	47

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Darstellung von Deformationsprozessen im Dachbereich eines Salzdiapirs (Davison et al. 2000)	25
Abbildung 2:	Vom LBEG an die BGE übergebene Bohrungen im Umfeld des Salzstocks Gorleben.	27
Abbildung 3:	Ermittelte Ausschlussgebiete nach Anwendung des Ausschlusskriteriums Seismische Aktivität	28
Abbildung 4:	Eruptionzentren (grau) und ausgeschlossene Gebiete (blau) nach Anwendung des Ausschlusskriteriums „Vulkanische Aktivität“	29

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht der Bewertung der Anlage 1 und 4 bis 10 (zu § 24) StandAG und zugehörigen Indikatoren nach Referenzdatensatz für das Wirtsgestein Steinsalz	35
Tabelle 2:	Bewertung des Salzstocks Gorleben-Rambow nach Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG: Kriterium zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper	38
Tabelle 3:	Bewertung des Salzstocks Gorleben nach Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG: Kriterium zur Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit	39
Tabelle 4:	Bewertung des Salzstocks Gorleben-Rambow nach Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG: Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge	40

Abkürzungsverzeichnis

HCO ₃	Hydrogencarbonat
NaCl	Natriumchlorid
SO ₄	Sulfat
GTA3D	Geologisches 3D Modell des Landes Brandenburg
GRS	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH
¹⁴ C)	Kohlenstoff-14
³ H	Tritium
3D	Dreidimensional
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BGBI.	Bundesgesetzblatt
BGE	Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BI	Bürgerinitiative
BI Lüchow-Dannenberg	Bürgerinitiative Umweltschutz Lüchow-Dannenberg e. V.
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
geoWK	geowissenschaftliche Abwägungskriterien
GOK	Geländeoberkante
StandAG	Standortauswahlgesetz
LBEG	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen
üNN	Über Normal Null
uGOK	unter Geländeoberkante
VSG	Vorläufigen Sicherheitsanalyse Gorleben

Glossar

Ein berichtsübergreifendes Glossar ist der Unterlage „Glossar der BGE zum Standortauswahlverfahren“ (vgl. 2020af) zu entnehmen.

1 Zusammenfassung

Die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) ist als Vorhabenträgerin gemäß des Gesetzes zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz – (StandAG)) mit der Suche eines geeigneten Standortes für ebenjene Abfälle beauftragt.

Mit dem StandAG als Grundlage des Standortauswahlverfahrens wurde die Endlager-suche wieder auf „Start“ gesetzt, d. h. das gesamte Gebiet der Bundesrepublik Deutschland wird als „weiße Landkarte“ angesehen. Alle Gebiete innerhalb Deutschlands werden als ebenbürtig betrachtet und den gleichen Bewertungsregularien unterzogen. Das gilt ebenso für den Salzstock Gorleben, der viele Jahre als einziger Standort für ein HAW-Endlager erkundet wurde und wo entsprechende Untersuchungen und Forschungen über- und untertägig stattgefunden haben. Um sicher zu stellen, dass der Salzstock Gorleben dennoch wie jedes andere Gebiet behandelt wird, wurde ihm ein separater Paragraph im StandAG (§ 36) gewidmet.

In der gegenwärtigen Phase I des Auswahlverfahrens werden die von den zuständigen Bundes- und Landesbehörden zur Verfügung gestellten Daten für die Festlegung von Teilgebieten herangezogen. Die BGE hat auf Basis dieser, für das gesamte Bundesgebiet vorhandenen heterogenen Datenlage, hinsichtlich Datendichte und Detailschärfe Verfahren und Methoden zur Anwendung der Kriterien und Anforderungen gemäß StandAG entwickelt, welche der angesprochenen Heterogenität Rechnung tragen und für alle Gebiete gleichwertig zur Anwendung kommen. Sie sind so gestaltet, dass sie im Zweifel vergrößernd auf Zahl und Größe der Teilgebiete wirken. Auf diese Weise wird verhindert, dass Gebiete nur auf Grund einer unzureichenden Datenlage aus dem Verfahren ausgeschlossen werden. Diese Methoden kommen für den Salzstock Gorleben ebenso zur Anwendung.

In vorliegendem Dokument wird auf die Historie Bezug genommen und damit die besondere Stellung des Salzstocks Gorleben in der Vergangenheit dargestellt. Im Weiteren wird die geologische und hydrogeologische Situation im Bereich des Salzstockes Gorleben auf Basis der vorliegenden umfangreichen Fachliteratur beschrieben. Die Erkenntnisse der jeweiligen Autoren werden dargestellt; soweit sie bewertend sind, stellen sie die Auffassung des jeweiligen Autors dar. Die BGE hat für die Erstellung dieses Berichtes keine Bewertung der vorgestellten Fachliteratur vorgenommen, sie macht sich deshalb die Auffassungen der jeweiligen Autoren nicht zu Eigen. Das gleiche gilt für die anschließende Wiedergabe der Fachliteratur zu Langzeitbetrachtungen.

Des Weiteren werden die wesentlichen Argumente der Bürgerinitiative Umweltschutz Lüchow-Dannenberg e. V. (BI Lüchow-Dannenberg) dargestellt. Auch hier gilt: Soweit diese Ausführungen bewertend sind enthalten, handelt es sich um die Auffassung des jeweiligen Autors. Die BGE hat für die Erstellung dieses Berichtes keine Bewertung der hier vorgestellten Ausführungen vorgenommen. Sie macht sich die Auffassungen der jeweiligen Autoren nicht zu Eigen.

Im Anschluss daran wird der Umgang der BGE mit den Vorgaben des § 36 StandAG dargestellt, gefolgt von der Darstellung, wie die Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien von der BGE auf den Salzstock Gorleben angewandt wurden und zu welchem Ergebnis die BGE dabei gekommen ist.

Auf Basis der Anwendung der geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG, insbesondere aufgrund der Bewertung des „Kriteriums zur Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge“ (Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG), erfolgte die zusammenfassende Bewertung des identifizierten Gebietes Gorleben-Rambow mit „nicht günstig“ (vgl. BGE 2020ah). Deswegen wurde das identifizierte Gebiet Gorleben-Rambow nicht als Teilgebiet ermittelt.

Der Salzstock Gorleben ist nach Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG kein Teilgebiet geworden. Damit greift die Regelung des § 36 Abs. 1 S.5 Nr.1 wonach der Salzstock Gorleben aus dem Verfahren ausscheidet. Der Salzstock Gorleben wird daher nicht bei den weiteren Arbeiten der BGE zu den Vorschlägen über die Standortregionen betrachtet.

2 Einführung

2.1 Veranlassung

Am 21. September 2016 wurde die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) auf Basis des Gesetzes zur Neuordnung der Organisationsstruktur im Bereich der Endlagerung aus dem Juli 2016 gegründet.

Die Durchführung des Standortauswahlverfahrens richtet sich nach dem Standortauswahlgesetz (StandAG). Die ursprüngliche Fassung des Gesetzes zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle (StandAG 2013) vom 23. Juli 2013 (Bundesgesetzblatt (BGBl.) I S.2553) trat nach Evaluierung durch den Bundestag am 16. Mai 2017 außer Kraft. Zeitgleich trat die Neufassung, das Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle, Art. 1 des Gesetzes vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074), überwiegend zum 16. Mai 2017 in Kraft. Letzte Änderungen des Standortauswahlgesetzes erfolgten durch Artikel 247 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) und traten am 27. Juni 2020 in Kraft.

Die Übertragung der Wahrnehmung der Aufgaben des Bundes nach § 9 a Abs. 3 S. 1 des Atomgesetzes (AtG) auf die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) erfolgte gemäß § 9 a Abs. 3 S. 2 (AtG) am 25.04.2017. Damit ist die BGE Vorhabenträgerin für das Standortauswahlverfahren nach § 3 Abs. 1 StandAG. Am 5. September 2017 erfolgte der offizielle Start des Standortauswahlverfahrens in Berlin. Nach § 13 StandAG ist die Vorhabenträgerin zur Veröffentlichung ihrer ersten Zwischenergebnisse im Zwischenbericht Teilgebiete verpflichtet.

2.2 Gegenstand und Zielsetzung

Im Rahmen des Standortauswahlverfahrens für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle wird der Salzstock Gorleben gemäß § 36 StandAG wie jeder andere in Betracht kommende Standort gemäß den nach den §§ 22 bis 26 festgelegten Kriterien und Anforderungen in das Standortauswahlverfahren einbezogen. Mit Stand des vorliegenden Dokumentes befindet sich das Standortauswahlverfahren in der Phase I, Schritt 1. Ziel ist die Ermittlung von Teilgebieten.

Die ermittelten Teilgebiete werden in Form eines Zwischenberichtes durch die BGE veröffentlicht. In diesem Zwischenbericht zu den Teilgebieten werden u. a. alle erarbeiteten Grundlagen für die Anwendung der Kriterien und Mindestanforderungen und detaillierte Darlegungen über die Datenabfragen, die Datenlieferungen und die Homogenisierung der Daten für die Anwendung der Kriterien und Mindestanforderungen zusammengeführt.

Ziel dieses Dokumentes ist die Darstellung der Ergebnisse, die im Zuge der Anwendung der Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß §§ 22 bis 24 StandAG auf die steil lagernde Salzstruktur Gorleben-Rambow¹ erzielt worden sind.

Der Abschnitt zu der Historie des Salzstock Gorleben dient einer Einordnung, warum der Umgang mit dem Salzstock Gorleben im Standortauswahlverfahren geregelt ist. Die hier enthaltene gegenübergestellte Beschreibung der geologischen Situation am Standort des Salzstocks Gorleben dient einer objektiven Informationsvermittlung und bildet nicht die Basis für die Anwendung der Kriterien und Mindestanforderungen. Dies gilt insbesondere für die in der Beschreibung enthaltenen Interpretationen nicht der BGE angehörender Autoren von geologischen Informationen und Daten.

2.3 Abgrenzung

Im Rahmen der Ermittlung von Teilgebieten gemäß § 13 StandAG finden keine vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß § 27 StandAG und keine Anwendung der in der Anlage 12 (zu § 25) StandAG aufgeführten planungswissenschaftlichen Abwägungskriterien (beispielsweise Abstand zu vorhandener bebauter Fläche von Wohngebieten und Mischgebieten) statt. Diese folgen nach Maßgabe des StandAG erst im Schritt 2 der Phase I des Standortauswahlverfahrens.

Die ermittelten Teilgebiete stellen selbst keine Grundlage für eine unmittelbare gesetzliche Festlegung, sondern einen Zwischenstand dar. Sie bilden die Grundlage für den Auftakt der formellen Öffentlichkeitsbeteiligung in Form der eigens einzuberufenden Fachkonferenz Teilgebiete. Deren Ergebnisse berücksichtigt die BGE bei der Erarbeitung ihrer Vorschläge von Standortregionen für die übertägige Erkundung gemäß § 14 StandAG. Dieser Vorschlag über die Standortregionen bildet dann die Grundlage für eine gesetzliche Festlegung gemäß § 15 StandAG.

Die BGE macht sich die in der zitierten Literatur enthaltenen Wertungen und Interpretationen zur geologischen Situation am Standort des Salzstocks Gorleben nicht zu eigen, sondern nutzt ausschließlich die Fakten und die Daten.

2.4 Das Standortauswahlverfahren

Das Standortauswahlverfahren ist ein gestuftes Verfahren, das sich in drei Phasen gliedert. Die Ergebnisse jeder Phase und die daraus resultierenden Festlegungen durch den Gesetzgeber bestimmen den konkreten Arbeitsumfang der darauffolgenden Phase.

Die Phase I ist in zwei Schritte unterteilt. In Schritt 1 erfolgt die Ermittlung von Teilgebieten gemäß § 13 StandAG, welche günstige geologische Voraussetzungen für die si-

¹ Der Salzstock Gorleben wird in der öffentlichen Wahrnehmung als „Salzstock Gorleben“ bezeichnet. Im Standortauswahlverfahren wird jedoch die Gesamte Struktur betrachtet einschließlich der Teilstruktur Rambow, die sich östlich an die Struktur Gorleben anschließt. Beide Strukturen gehören zusammen und bilden die Salzstruktur bzw. den Salzstock Gorleben-Rambow

chere Endlagerung radioaktiver Abfälle erwarten lassen. Dies geschieht durch die Anwendung der in den §§ 22 bis 24 StandAG festgelegten geowissenschaftlichen Kriterien und Mindestanforderungen. In dem demnächst startenden Schritt 2 der Phase I erfolgt die Ermittlung von Standortregionen für die übertägige Erkundung gemäß § 14 StandAG auf Basis der zuvor ermittelten Teilgebiete und der Beratungsergebnisse aus der Fachkonferenz Teilgebiete. Hierfür werden für jedes Teilgebiet repräsentative vorläufige Sicherheitsuntersuchungen gemäß § 27 StandAG durchgeführt, und die geowissenschaftlichen Abwägungskriterien erneut angewendet um günstige Standortregionen zu ermitteln. Die Anwendung der planungswissenschaftlichen Abwägungskriterien dient vorrangig der Einengung von großen, potentiell für ein Endlager geeigneten Gebieten. Sie können auch für einen Vergleich zwischen Gebieten herangezogen werden, die unter Sicherheitsaspekten als gleichwertig zu betrachten sind (§ 25 S. 1 und 2 StandAG). Des Weiteren werden für die Standortregionen standortbezogene Erkundungsprogramme für die übertägige Erkundung erarbeitet. Dieser Schritt 2 der Phase I beginnt unmittelbar nach der Veröffentlichung des Zwischenberichtes Teilgebiete.

Die BGE fasst den Vorschlag für die übertägig zu erkundenden Standortregionen mit Begründung, den Ergebnissen aus der Fachkonferenz zu den Teilgebieten und den standortbezogenen Erkundungsprogrammen zusammen und übermittelt diesen an das BASE, das den Vorschlag der BGE prüft. Der Bundesgesetzgeber trifft hierzu die verbindliche Entscheidung und legt den Arbeitsumfang für die Phase II fest.

In Phase II des Standortauswahlverfahrens erfolgt die übertägige Erkundung der gesetzlich festgelegten Standortregionen gemäß § 16 StandAG durch die festgelegten standortbezogenen Erkundungsprogramme. Auf Grundlage der Erkundungsergebnisse werden weiterentwickelte vorläufige Sicherheitsuntersuchungen durchgeführt. Für jede Standortregion werden sozioökonomische Potenzialanalysen durchgeführt. Des Weiteren erfolgt erneut die vergleichende Analyse und Abwägung nach Maßgabe der gesetzlich festgelegten Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen, geowissenschaftlichen Abwägungskriterien sowie der planungswissenschaftlichen Abwägungskriterien. Weiter erarbeitet die BGE standortbezogene Erkundungsprogramme und Prüfkriterien für die untertägige Erkundung und die umfassenden vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen. Den Vorschlag für die untertägig zu erkundenden Standortregionen mit Begründung übermittelt die BGE dem BASE. Der Bundesgesetzgeber trifft hierzu die verbindliche Entscheidung und legt den Arbeitsumfang für die Phase III fest.

Mit der Umsetzung der Phase III erfolgt die untertägige Erkundung der zuvor festgelegten Standorte mit einem anschließenden Vergleich. Die BGE führt auf Basis der zuvor durch das BASE festgelegten Erkundungsprogramme für die untertägige Erkundung diese innerhalb durch Bundestag und Bundesrat festlegten Standorte durch. Auf Basis dieser Erkundungsergebnisse führt die BGE umfassende vorläufige Sicherheitsuntersuchungen durch und erstellt die Unterlagen für die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) gemäß § 16 des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG), bevor eine

erneute Anwendung der Kriterien und Anforderungen gemäß §§ 22 bis 24 StandAG erfolgt. Die Anwendung der planungswissenschaftlichen Abwägungskriterien der Anlage 12 (zu § 25) StandAG erfolgt nach Maßgabe von § 25 StandAG.

Auf Basis dieser Ergebnisse schlägt die BGE dem BASE den Standort mit der bestmöglichen Sicherheit für die Errichtung eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle vor. Das BASE prüft den Vorschlag der BGE einschließlich des zugrundeliegenden Standortvergleiches von mindestens zwei Standorten. Auf Grundlage dieses Prüfergebnisses und unter Abwägung sämtlicher privater und öffentlicher Belange sowie der Ergebnisse des Beteiligungsverfahrens bewertet das BASE, welches der Standort mit der bestmöglichen Sicherheit ist und übermittelt diesen an das BMU (§ 19 StandAG). Anschließend legt die Bundesregierung dem Bundesgesetzgeber den Standortvorschlag als Gesetzentwurf vor. Mit der Festlegung des Standortes durch den Bundesgesetzgeber ist das finale Ziel des Standortauswahlverfahrens erreicht. Mit dem StandAG wird für die Festlegung eines Standortes das Jahr 2031 angestrebt.

3 Kurzer Abriss der Historie des Standortes Gorleben

Die Geschichte des Standortes Gorleben ist eng mit der Geschichte der Endlagersuche verbunden (vgl. <https://www.bge.de/endlagersuche/geschichte-der-endlagersuche/>).

Die Suche nach einem geeigneten Endlagerstandort begann bereits im Jahr 1972. Damals wurde ein Gelände für ein „Nukleares Entsorgungszentrum“ gesucht, auf dem eine Wiederaufarbeitungsanlage und ein Endlager verwirklicht werden sollten. Für das Endlager wurden ausschließlich Salzstöcke betrachtet. Seit Bekanntwerden der ersten Untersuchungen ist die Suche nach einem Endlagerstandort von Protesten begleitet.

Im Jahr 1977 entschied sich das Land Niedersachsen für den Standort Gorleben als „vorläufigen Standort“ eines „möglichen nuklearen Entsorgungszentrums“ mit Wiederaufarbeitungsanlage, Brennelementefabrik und Endlager. Aufgrund starker Bürgerproteste wurde der Plan eines Nuklearen Entsorgungszentrums im Mai 1979 wieder aufgegeben. Der Salzstock Gorleben wurde „nur“ noch als potenzieller Standort für ein Endlager angesehen.

Ab Herbst 1979 folgte die Erkundung des Gorlebener Salzstocks als mögliches Endlager.

Zahlreiche über- und untertägige Untersuchungen erfolgten im Nachgang seitens zugeordneter fachlicher Institutionen, es kommt zur Bildung von Arbeitskreisen und weiterer fachlicher und politisch begleitender Gremien. Zahlreiche Fachgutachten zur Eignung bzw. Nichteignung des Salzstockes Gorleben und zu Sicherheitsaspekten bei der Errichtung eines Endlagers entstehen. Hervorgehoben seien vor allem die Standortbeschreibungen Gorleben, Teil 1 bis 4 der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) (Bornemann et al. 2008; Bräuer et al. 2012; Klinge et al. 2007; Köthe et al. 2007) sowie die Berichte 1 bis 12 der Vorläufigen Sicherheitsanalyse Gorleben (VSG) der Gesellschaft für Reaktorsicherheit gGmbH (GRS) (Bollingerfehr et al. 2012; Fischer-Appelt 2013; Thomauske & Charlier 2013; Wolf 2012; Wolf et al. 2012; Bracke 2012; Kukla et al. 2011; Mönig 2011; Mrugalla 2011, 2014; Stark 2014) unter Einbindung zahlreicher Projektpartner. Eine Zusammenfassung des darauf basierenden Kenntnisstandes wird im Kapitel 4 gegeben.

Die Endlagerforschungen werden seit 1977 vor allem durch die Öffentlichkeit und insbesondere durch die BI Lüchow-Dannenberg kritisch begleitet. Auch sie hat Fachgutachten zur Eignung des Salzstockes Gorleben als Endlagerstandort in Auftrag gegeben und veröffentlicht (z. B. Kleemann 2011). Die wesentlichen Argumente der Bürgerinitiative werden im Kapitel 5 beschrieben.

Mit dem Energiekonzept vom 6. Juni 2011 und dem damit verbundenen Ausstieg aus der Atomenergie bis 2022 kam auch Bewegung in die Suche nach einem neuen Endlagersuchverfahren: Bundesumweltminister Norbert Röttgen vereinbarte mit den Regierungschefs der Bundesländer eine Suche auf der Grundlage einer weißen Landkarte. Das Bundesumweltministerium erarbeitete mit einer Bund-Länder-Arbeitsgruppe einen Gesetzesentwurf für das StandAG, welches 2013 in Kraft trat und, ein neues, stärker an

geologischen Kriterien orientiertes Suchverfahren enthielt. Außerdem wurde die Einsetzung der Endlagerkommission beschlossen. Zwischenzeitlich waren die Erkundungsarbeiten im Salzstock Gorleben im November 2012 beendet worden. Der reine Offenhaltungsbetrieb wurde vorbereitet.

Auf Basis des Abschlussberichtes der Endlagerkommission (K-Drs. 268) wurde im März 2017 eine Novelle des StandAG durch Bundestag und Bundesrat beschlossen. Das StandAG schreibt eine mehrphasige Suche nach einem Standort mit bestmöglicher Sicherheit und eine umfassende Beteiligung der Öffentlichkeit insbesondere in den betroffenen Standortregionen fest.

§ 36 StandAG zum Salzstock Gorleben lautet:

„§ 36 Salzstock Gorleben

(1) Der Salzstock Gorleben wird wie jeder andere in Betracht kommende Standort gemäß den nach den §§ 22 bis 26 festgelegten Kriterien und Anforderungen in das Standortauswahlverfahren einbezogen. Er kann lediglich im jeweiligen Verfahrensabschnitt nach den §§ 13 bis 20 des Standortauswahlgesetzes mit einem oder mehreren anderen Standorten verglichen werden, solange er nicht nach Satz 5 ausgeschlossen wurde. Er dient nicht als Referenzstandort für andere zu erkundende Standorte. Der Umstand, dass für den Standort Gorleben Erkenntnisse aus der bisherigen Erkundung vorliegen, darf ebenso wenig in die vergleichende Bewertung einfließen wie der Umstand, dass für den Standort Gorleben bereits Infrastruktur für die Erkundung geschaffen ist. Der Ausschluss nach dem Standortauswahlgesetz erfolgt, wenn der Salzstock Gorleben

- 1. nicht zu den nach § 13 Absatz 2 ermittelten Teilgebieten gehört,*
- 2. nicht zu den nach § 15 Absatz 3 festgelegten übertägig zu erkundenden Standortregionen gehört,*
- 3. nicht zu den nach § 17 Absatz 2 festgelegten untertägig zu erkundenden Standorten gehört oder*
- 4. nicht der Standort nach § 20 Absatz 2 ist.*

(2) Die bergmännische Erkundung des Salzstocks Gorleben ist beendet. Maßnahmen, die der Standortauswahl dienen, dürfen nur noch nach diesem Gesetz und in dem hier vorgesehenen Verfahrensschritt des Standortauswahlverfahrens durchgeführt werden. Das Bergwerk wird bis zu der Standortentscheidung nach dem Standortauswahlgesetz unter Gewährleistung aller rechtlichen Erfordernisse und der notwendigen Erhaltungsarbeiten offen gehalten, sofern der Salzstock Gorleben nicht nach Absatz 1 aus dem Verfahren ausgeschlossen wurde. Der Bund ist für das Bergwerk Gorleben zuständig. Ein Salzlabor im Salzstock Gorleben zur standortunabhängigen Forschung zum Medium Salz als Wirtsgestein wird dort nicht betrieben.

4 Kenntnisstand der Endlagerforschung

Das vorhandene Wissen über den Salzstock Gorleben ist auf Grund der jahrelangen Betrachtung als potenziellen Endlagerstandort und der in dem Zusammenhang betriebenen Erkundung und Forschung groß. Die auf der vorliegenden Literatur basierenden Befunde und Aussagen werden im Folgenden zusammenfassend dargestellt.

4.1 Lage und allgemeine geologische Situation

Der Salzstock Gorleben liegt im Nordosten von Niedersachsen, ist ca. 14 km lang und maximal 4 km breit. Er streicht Nordost-Südwest und setzt sich östlich der Elbe in Brandenburg als Salzstock Rambow um weitere 16 km mit geringerer Breite fort. Der Salzspiegel liegt bei ca. 250 m unter GOK und die Zechsteinbasis liegt in einer Tiefe von 3200 – 3400 m. Das Hauptsalz des Zechsteins bildet den Kern des Salzstocks, jüngere Einheiten der Leine- und Allerfolge stehen an den Flanken an.

Das Kissenstadium wurde im Keuper, das Diapirstadium in der Kreide erreicht, die Halokinese setzte sich bis in das Tertiär fort. Die Halokinese gilt als abgeschlossen (Fischer-Appelt 2013).

Ab dem Oberpaläozän kam es zur Ablagerung einer lückenlosen tonig-schluffigen Abfolge mariner Sedimente, mit erhöhter Mächtigkeit in den Randsenken und einer reduzierten Mächtigkeit über dem Salzstock. Das Jungtertiär ist brackisch bis kontinental geprägt, es kam zur Ablagerung von Quarz- bis Glimmersanden, tonigen Schluffen und vereinzelt Braunkohleflözen mit einem Schichtende im Untermiozän. Das weitere Neogen fehlt über dem Salzstock Gorleben. Das Quartär wurde hauptsächlich ab der Elster-Kaltzeit als Sande und Geschiebemergel und Beckensedimente abgelagert. Nur westlich des Salzstocks gibt es jüngere quartäre Ablagerungen (Menap-Cromer).

In der sogenannten Gorlebener Rinne kommt es zu den mächtigsten Quartärablagerungen von mehr als 300 m. Dort wurde das Tertiär bis in den tiefsten Bereichen komplett erodiert und während der Holstein Warmzeit wieder verfüllt. Während der nächsten drei Inlandeisüberdeckungen wurden weniger Sedimente erodiert und abgelagert.

4.2 Aufbau des Salzstocks

Der Kern des Salzstocks besteht aus dem Steinsalz der Staßfurtfolge. Jüngere Steinsalzfolgen (Leine und Aller) sind vorwiegend an den äußeren Bereichen des Salzstocks sowie in schmalen tiefreichenden Mulden und in den Überhängen neben dem o. g. Steinsalz (Südostflanke) anzutreffen. Die Überhänge sind asymmetrisch ausgebildet. Ältere Folgen sind durch die Erdgas-Aufschlussbohrung „Gorleben Z1“ (1957) nachgewiesen. Es wurden basale, flachlagernde Zechstein-Gesteine der Werra- und unteren Staßfurtfolge nachgewiesen. Sie sind nicht Bestandteil des Salzstocks (Bornemann et al. 2003).

Das Hauptsalz hat eine Mächtigkeit von 700 m bis 800 m und besteht zu 90 bis 95 Gewichts-% aus Halit und macht neben Anhydrit den größten Teil des Salzstocks Gorleben aus (Fischer-Appelt 2013). Untergeordnet kommen Anhydritgesteine, Tonsteine und Carnallitgesteine vor (Bornemann et al. 2003).

Folgende Aussagen wurden in den zitierten Studien zu Gorleben getroffen:

- Offene Klüfte sind im Inneren des Salzstocks nicht zu erwarten
- Kohlenwasserstoffe treten im Hauptsalz dispers verteilt im v. a. älteren Hauptsalz dem Knäuelsalz (z2HS1), mit maximal 0,025 Volumen-% auf. Der Einfluss wird als gering auf die geologische Barriere bewertet (Bracke 2012)
- Durch die Halokinese kam es zur Ausbildung von Homogenbereichen mit einer Permeabilität kleiner gleich 10^{-21} m² (Bornemann et al. 2003) mit geringen Mengen an Fluideinschlüssen 0,012 – 0,017 Gewichts-% (Bornemann et al. 2008)

4.3 Hutgestein

Während der Salzstockentwicklung gerieten die Salzgesteine ab Malm in den Bereich der mesozoischen Sedimentüberdeckung (Zirngast 1991, 1996) und spätestens ab der Unterkreide bis zum Alttertiär war das Salz durch den Aufstieg so nah an der Oberfläche, dass es zu einer verstärkten Ablaugung und Erosion des Salzes kam (Jaritz 1994) und sich das Hutgestein bildete. Im Alttertiär kam es zur Ablagerung von wasserundurchlässigen Sedimenten, die zum Teil in der Elster-Kaltzeit durch eine subglaziale Rinnenbildung (Gorlebener Rinne) lokal erodiert wurde und die Hutgesteinsbildung in diesem Bereich voranschreiten ließ, indem das ursprüngliche Hutgestein wiederaufgearbeitet wurde (Bornemann et al. 2003).

Es wird davon ausgegangen, dass der Gletscher aufgestauten Schmelzwasser plötzlich frei gab, da die Grundmoräne an der Rinnenbasis keine flächige Verbreitung zeigt (Bornemann et al. 2003). Im Quartär kam es auch zu weiteren Ablaugungsprozessen. Das Hutgestein ist maximal einige Zehner Meter mächtig ausgebildet und fehlt an einigen Stellen (Fischer-Appelt 2013).

4.4 Deckgebirge

Das Mesozoikum ist mit einer Mächtigkeit von 1000 m bis 3000 m in den Randsenken ausgebildet und fehlt auf dem Salzstock fast vollständig.

Die im Unteren Tertiär abgelagerten Schichten sind ebenfalls in den Randsenken mächtiger ausgebildet (Oberpaläozän bis untermiozäne Obere Braunkohlesande) und auf dem Salzstock reduziert (Unterpaläozän bis Oberoligozän) verbreitet (Klinge et al. 2002).

Oberpaläozäne Tone und Schluffe sind großflächig verbreitet. Es folgt ein Hiatus von 1 bis 2 Millionen Jahren (in ganz Norddeutschland) zwischen Paläozän und Eozän.

Darüber sind transgressive Einschüttungen des glaukonitisch, schluffigen Gartow-Sandes, gefolgt von monotonen Ton- und Schlufffolgen des Untereozäns, die auf dem Salzstock weit verbreitet sind und der Brüsselsand, der als kalkig, glaukonitischer Feinsand mit einzelnen Kalksandsteinbänken ausgebildet ist, abgelagert worden. Es folgen Schluffe und Tone der Mittel- und Obereozänen Schichten (Klinge et al. 2002).

Das Paläozän und Eozän sind durch den Salzaufstieg, die Subrosion und sekundäre Erosion mit stark schwankender Mächtigkeit verbreitet (10 m bis 110 m). Das Oligozän besteht an der Basis aus Neugammer Gassanden und im Hangenden aus Schluffen und Tonen des Rupeltons. Das Chattium ist als feinsandige Schluffe und Sande ausgebildet, deren Schluffgehalt zum Hangenden abnimmt. Das Oberoligozän ist südlich der Elbe auf der Salzstruktur nur an den Rändern verbreitet, nördlich der Elbe auch zentral in der Scheitelgrabenstörung. Im Miozän stellen sich kontinentale Bedingungen ein, an der Basis ist oft Unterer Glimmerton gefolgt von Unteren Braunkohlesanden abgelagert, die weiter gegliedert werden können. Das Miozän endet mit dem Hamburg-Ton bestehend aus Tonen, Schluffen und Fein- bis Mittelsanden (Klinge et al. 2002).

Untere Braunkohlesande und der Hamburg-Ton sind vorwiegend in der nordwestlichen Randsenke und am Südwest-Ende des Salzstocks Gorleben verbreitet. Im Südwesten des Salzstocks wurden die Schichten während des Quartärs erodiert. Im Bereich der Nord-West-Flanke und -Randsenke sind sie als jüngstes Schichtglied des Tertiären Oberen Braunkohlesandes erhalten geblieben (Klinge et al. 2002).

Während des Salzaufstiegs sind die tertiären Schichten mitgeschleppt worden (Hebungskranz), im Südosten ist der Überhang des Salzstocks am mächtigsten ausgebildet. Die Tertiärbasis ist direkt über dem Salzstock (Dachbereich) aufgewölbt (-250 m bis -140 m). Nördlich der Elbe und zentral über der Salzstruktur sind oberoligozäne und untermiozäne Schichten erhalten geblieben und werden als zentraler Scheitelgraben gedeutet (Klinge et al. 2002).

Vom Untermiozän zum Quartär folgt ein weiterer Hiatus von ca. 14 Millionen Jahren. Das Quartär ist geprägt durch Erosion, Akkumulation und der Inlandvereisung. Die quartären Schichten sind im Bereich der subglazialen Rinnen am mächtigsten ausgebildet und bilden eine Wechselfolge von Schmelzwassersanden, Geschiebemergeln und in Becken abgelagerten Tonen, Schluffen und Feinsanden (Klinge et al. 2002).

Insgesamt konnten sieben Warmzeiten durch Pollenanalysen nachgewiesen werden (Muller 1992; Müller 1986), die als Wechsellagerung von Schluffmudden, schluffigen Feinsanden und seltenen geringmächtigen Torfen abgelagert wurden. Die Mittel-Grob-sande der Kaltzeiten sind entsprechend dazwischen abgelagert worden.

"Die Gorlebener Rinne stellt die größte zusammenhängende Eintiefung mit einer Länge von ca. 10 km und einer Tiefe von 200 m in Nordnordost-Südsüdwest Richtung über dem Salzstock dar. Die tertiären Sedimente der Rinne sind auf einer Fläche von mehr als 5 km² oberhalb des Salzstocks erodiert und durch Schmelzwassersande und Geschiebemergel der Elster-Kaltzeit aufgefüllt worden. Die quartären Sedimente lagern somit direkt auf dem Hutgestein und stellenweise auf dem Salinar auf" (Klinge et al. 2002).

Zum Hangenden sind die Rinnen mit Schluffen und Tonen des Lauenburger Ton-Komplexes bedeckt, der nicht überall gleich und homogen ausgebildet ist. Darüber sind in den Rinnen Schluffe und Mudden mit seltenen Lagen von Fein- bis Mittelsand der Holstein-Warmzeit abgelagert wurden. Saalezeitliche Ablagerungen sind flächenhaft verbreitet.

Während der Saale-Kaltzeit wurde der Salzstock dreimal mit Eis bedeckt, es kam zu Ablagerungen bis -155 m NN und glazitektonischen Störungen der unterlagernden Schichten bis max. -140 m uGOK (Duphorn 1983).

Eemzeitliche Sedimente sind nur in einer Bohrung als feinsandige Schluffe aufgeschlossen worden. Die fluviatilen Sedimentablagerungen der weichselzeitlichen Niederterrassen sind im gesamten Gebiet verbreitet. Das Holozän ist als Auelehm und -sande in der Elbaue abgelagert. Es gibt keine Hinweise auf subrosive Prozesse im oberflächennahen Bereich über der Salzstruktur oder den Niederterrassen (Klinge et al. 2002).

4.5 Hydrogeologie

Nach Klinge et al. (2002) gliedert sich das Deckgebirge in einen oberen und unteren Aquifer mit einer Gesamtmächtigkeit von maximal 430 m und den Rupelton als Basis. Der untere Aquifer besteht aus tertiären und elsterzeitlichen Sanden und Kiesen und wird durch die Grundwassergeringleiter Hamburg-Ton und Lauenburger Ton-Komplex vom oberen Aquifer getrennt. Der obere Aquifer ist heterogen aus Saale- und Weichselzeitlichen Ablagerungen aufgebaut. Im Bereich der Gorlebener Rinne und nördlich der Elbe sind die Geringleiter lückenlos verbreitet, im Südosten und Nordwesten gibt es Lücken und einen direkten Kontakt der beiden Aquifere (Klinge et al. 2002).

Die Gorlebener Rinne liegt über dem zentralen Bereich des Salzstocks für mehrere Quadratkilometer auf dem Hutgestein und lokal auf dem Zechstein auf und besteht an der Basis aus gut durchlässigen Elster-Rinnensanden, so dass es zur Aufsatzung des Grundwassers in diesem Bereich kommt. Es gibt zwei Ausbreitungspfade des salzhaltigen Wassers: Lateral in die nordwestliche Randsenke wo es zu einer Dichteschichtung kommt und vertikal in den oberen Grundwasser-Leitern. Die Salzwässer erreichen in der Elbniederung die Oberfläche des Grundwassers (Klinge et al. 2002).

Das oberflächennahe Wasser fließt aus den Höhen der Geest in die Niederungen. Der größte Teil des neu gebildeten Grundwassers (160 mm/a) fließt in die Elbe, ein kleinerer Teil fließt das Elbetal abwärts, wobei das Gefälle nicht sehr ausgeprägt ist. Geophysikalische Bohrlochmessungen haben Aufschluss über die vertikale Salinitätsverteilung gegeben. Der obere Aquifer enthält Süßwasser, das Calciumhydrogencarbonat-haltig ist. Oberflächennah dominiert SO_4 gegenüber HCO_3 (Klinge et al. 2002). Die Tiefenlage des Süßwasseraquifers gibt Hinweise auf die Grundwasser-Bewegung und sind in Brose (1991) und Klinge et al. (2001) dargestellt.

Der Lauenburger-Ton-Komplex verhindert überwiegend den direkten Salzwasseraustrag in den oberen Grundwasserleiter. Lokal findet jedoch ein vertikaler Grundwasseraustausch in den oberen Grundwasserleiter in Folge lokal erhöhter Durchlässigkeiten statt (Klinge et al 2002).

Dort, wo das Quartär direkt auf dem Salzstock aufliegt, kommt es zur Halitablaugung und somit einer starken Aufsatzung des unteren Rinnenaquifers. Die Oberfläche des Sohlenkörpers verläuft, aufgrund der erhöhten Dichte von 15 % – 20 %, horizontal. Die

Unterfläche bildet die Aquiferbasis. Die NaCl-Sättigung reicht von 100 g/l bis zur Salzauf-sättigung von 320 g/l, ebenso hohe Werte sind im Zentrum der nordwestlichen Rand-senke vorhanden, sie stehen in direkter hydraulischer Verbindung miteinander. Die Randsenkenmulde liegt 90 m unter dem Niveau der Basis der Gorlebener Rinne (Klinge et al. 2002). Das Grundwasser, das nach Norden transportiert wird, fließt aufgrund des Druckgefälles (Potentialgradienten) in die Randsenke und sammelt sich dort (Klinge et al. 2002). Die Isotopenuntersuchungen ergaben für die Randsenke ein pleistozän-kalt-zeitliches Alter (Rübel 2000; Suckow 1993). Dies lässt auf einen geringen Wasserdurch-satz durch den Rinnenaquifer seit dem Pleistozän schließen. Innerhalb der Gorlebener-Rinne sind Pleistozäne-, Holozäne-Wässer und Mischwässer ermittelt worden. Dies deutet darauf hin, dass die rezente Grundwasserbewegung den unteren Aquifer im Bereich der Rinne erfasst.

In den Übergangsbereichen zwischen den beiden Aquiferen kommt es zu Ionenaus-tauschreaktionen, so dass es sich um Natriumhydrogencarbonat-haltige Wässer han-delt. Die Grenze liegt fast immer im Bereich des unteren Aquifers, mit Ausnahme der Gorlebener Rinne, wo dieser Grenzbereich bis in den oberen Aquifer reichen kann (Klinge et al. 2002).

4.6 Langzeitbetrachtungen in der Vorläufigen Sicherheitsanalyse Gorleben

Eine geowissenschaftliche Langzeitprognose wurde im Bericht zum 2. Arbeitspaket im Zuge der VSG (Mrugalla 2011) im Juli 2011 durch die GRS veröffentlicht.

Im Folgenden sind die wichtigsten Aspekte des genannten Berichtes zusammengestellt. Eine Bewertung der in Mrugalla (2011) getroffenen Annahmen und der daraus abgelei-teten Ergebnisse durch die BGE erfolgt nicht.

Die Erdkruste senkt sich im Norddeutschen Tiefland seit etwa 30 Millionen Jahren um 0,01 m pro Jahr ab (Anderle et al. 1995; Garetzky et al. 2001), dies ergibt eine Absen-kung von 10 m in einer Million Jahren. Gorleben liegt aktuell bei ca. 15 m üNN.

Für die nächsten eine Million Jahre werden in der VSG aus endlagersicherheitsanaly-tischer Perspektive zehn Eis- und Warmzeiten, entsprechend dem 100 000-Jahre-Zyklus erwartet. Der anthropogene Effekt wurde bisher nicht mit betrachtet, so dass man von Spitzen ausgeht, die auch in der Vergangenheit vorkamen.

Für die Warmzeiten können Meeresüberdeckungen nicht ausgeschlossen werden. Da solche Entwicklungen nicht detailliert vorhergesagt werden können, wird in (Mrugalla 2011) keine konkrete Aussage zur Entwicklung des Deckgebirges gemacht. Die Hydro-geologie und -chemie sind ebenso stark von den klimatischen Entwicklungen abhängig und beeinflussen sich gegenseitig, so dass auch hier keine Prognose abgegeben wurde.

Aufgrund der angenommenen mehreren Eisbedeckungen des Salzstockes Gorleben während des Nachweiszeitraums können sich laut der VSG weitere Subrosionsrinnen (wie über allen Salzstöcken in Norddeutschland) ausbilden, welche die Topographie

dementsprechend beeinflussen. Ebenso werden erneute glazigene Deformationen angenommen. Tiefreichende glazigene Störungen mit bruchhaften Schichtversätzen oder glazigen induzierte Erdbeben werden in Mrugalla (2011) in den nächsten eine Million Jahren am Salzstock Gorleben-Rambow nicht prognostiziert. Grund dafür ist das Fehlen von nötigen Rahmenbedingungen, wie eines kompressiven Spannungsfeldes im Untergrund und einer ausreichend mächtigen Eisüberdeckung in dieser Zeit.

Weitere Veränderungen der Topographie werden sich aufgrund der tektonisch ruhigen Lage, im Bereich der bekannten Veränderungen der Vergangenheit bewegen.

In Mrugalla (2011) wird erwartet, dass der Salzstock Gorleben in dem Betrachtungszeitraum weiter aufsteigt, in einem Maß, das nicht ausreicht um neue Scheitelgräben entstehen zu lassen. Für die Zusammensetzung des Salinars werden keine Veränderungen durch Diagenese oder Metamorphose erwartet, die Einwirkung von Subrosion und/oder Erosion kann wie oben beschrieben z. B. durch die Bildung von einer Subrosionsrinne im Bereich des Salzspiegels stattfinden. Es wird aus sicherheitsanalytischer Perspektive von einer Einschnitttiefe bis 50 m in das Salinar ausgegangen.

Des Weiteren wird in den nächsten eine Million Jahren nicht erwartet, dass sich zusammenhängende Kluftnetze im Steinsalz ausbilden, in denen Lösungen ein- oder austreten können. In rigideren Körpern wie dem Hauptanhydrit können diese auftreten. Durch die Zerblockung bleibt die Reichweite gering, da sie vom Steinsalz umschlossen sind. Daher wird in Mrugalla (2011) angenommen, dass die Kohlenwasserstoffe weiterhin dispers verteilt im Salinar verbleiben.

5 Die Argumente der BI Lüchow-Dannenberg

Seit sich das Land Niedersachsen 1977 für den Standort Gorleben als Nukleares Entsorgungszentrum entschieden hatte, begleitet die BI Lüchow-Dannenberg den Prozess der Endlagersuche mit Protesten, kritischen Einwänden, Fachgutachten und fachlichen Stellungnahmen.

Beispielsweise gab sie bzw. die Rechtshilfe Gorleben e. V. 2011 eine Studie zur „Bewertung des Endlagerstandortes Gorleben“ in Auftrag (Kleemann 2011). Diese Studie bezieht sich bevorzugt auf Inhalte der VSG und bewertet den Salzstock Gorleben-Rambow bezüglich seiner Eignung/Nichteignung als Endlager für hochradioaktive Abfälle.

Zudem fließen in den folgenden Darstellungen die Inhalte des Dokuments „Gorleben muss raus“ (Bürgerinitiative Umweltschutz Lüchow-Dannenberg e.V. 2020) mit ihren gewissenhaftlichen Inhalten zum Salzstock Gorleben mit ein.

5.1 Aktive Störungszone

Seit 260 Millionen Jahren existiert eine aktive Störungszone (Elbe-Lineament), welches die Salzstruktur Gorleben-Rambow Nordwest-Südost streichend kreuzt. Ursache dieser Störungszone sind isostatische Ausgleichsbewegungen als Folge tektonischer Prozesse. Diese wiederum werden aus dem Schwellen- und Muldenverlauf der Moho² abgeleitet

Nach Stackebrandt & Franke (2015), ist das Elbe-Lineament eine neotektonische Senkungszone in Folge des Moho-Verlaufs. Die Lage des Elbe-Lineaments ist die richtungsvorgebende Struktur (Schwächezone) für tiefe, vom vordringenden Eis ausgeräumte Rinnen. Die glazigen (eiszeitlich) gebildete Gorlebener Rinne steht nach Bürgerinitiative Umweltschutz Lüchow-Dannenberg e.V. (2020) in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Elbelineament.

5.2 Das Deckgebirge / Gorlebener Rinne

Die Gorlebener Rinne ist die größte zusammenhängende Eintiefung mit einer Länge von ca. 10 km und einer Tiefe von 200 m in Nordnordost-Südsüdwest-Richtung über dem Salzstock. Die tertiären Sedimente der Rinne sind auf einer Fläche von mehr als 5 km² oberhalb des Salzstocks erodiert und durch Schmelzwassersande und Geschiebemergel der Elster-Kaltzeit aufgefüllt worden. Die quartären Sedimente lagern somit direkt auf dem Hutgestein und stellenweise auf dem Salinar auf. Sie stellt somit einen Grundwasserleiter dar, der stellenweise bis zum Salzspiegel reicht. (Klinge et al. 2002)

- Ausführungen zum fehlenden Schutz des Deckgebirges für den Salzstock Gorleben – Rambow beruhen des Weiteren auf den Ausführungen von Duphorn

² Mohorovičić-Diskontinuität; Die Moho ist eine Fläche in 12 – 40 km Tiefe, an der ein signifikanter Sprung in der Ausbreitungsgeschwindigkeit seismischer Wellen nachweisbar ist. Sie stellt per Definition die Grenzfläche zwischen Erdkruste und Erdmantel dar. Im Wendland liegt sie bei ca. 30 km Tiefe).

(1983). Der Salzstock Gorleben-Rambow ist in den letzten 800 000 Jahren einmal ganz und ein weiteres Mal fast bis zur Erdoberfläche durchgebrochen;

- verlor in dieser Zeit mindestens vier Kubikkilometer Masse durch Wasserablaugung und
- liegt in einer Struktur, die vor 350 000 bis 800 000 Jahren einbrach und vor 200 000 Jahren noch einmal aktiv war;

Die in der Rinne befindlichen gesättigten Grundwässer zirkulieren sowohl horizontal als auch vertikal, wodurch eine fortschreitende Auslaugung des Salinars stattfindet (Messerschmidt 2003).

5.3 Vorhandene Bohrungen

Es gibt eine Vielzahl von „Bohrungen“, die nichts mit der Endlagersuche zu tun haben: aus der Zeit des „Kalifiebers“ vor 100 Jahren, aus der Suche nach Gas und Öl und als Folge hydrogeologischer Untersuchungen.

Bereits in den frühen Jahren des 20. Jahrhunderts wurden im Zuge des „Kalifiebers“ erste Bohrungen bis 1300 m Tiefe in den Salzstock niedergebracht. Diese sind nach einer historischen Recherche nicht fachkundlich oder nicht rückverfüllt worden.

In den 1950er bis 70er Jahren wurden Erdöl-/Erdgaserkundungsbohrungen in den Randbereichen und in der näheren Umgebung des Salzstocks abgeteuft, die teilweise bis unter den Salzstock reichen.

Im Rahmen der Endlagerforschung in den 1970er bis 90er Jahren sind 158 Bohrungen in den Salzstock abgeteuft sowie 322 Grundwassermessstellen errichtet wurden.

5.4 Gebirgsdurchlässigkeit

Gemäß Bürgerinitiative Umweltschutz Lüchow-Dannenberg e.V. (2020) ist die Mindestanforderung gemäß § 23 Abs. 5 S. 1 nicht erfüllt. Grund hierfür ist, dass die Anhydritvorkommen parallel zu den Flanken des Salzstocks klüftig sind und bei 5 von 8 der festgestellten Kluftsysteme im Anhydrit deren Abgeschlossenheit nicht nachgewiesen werden konnte (Bornemann et al. 2008; Kukla et al. 2011).

5.5 Nutzbare Fläche

Die nach Abzug aller untertägigen vorhandenen Infrastrukturen verbleibende Fläche vom Salzstock Gorleben-Rambow ist für ein künftiges Endlager für hochradioaktive Abfälle in Frage zu stellen (Bürgerinitiative Umweltschutz Lüchow-Dannenberg e.V. 2020).

5.6 Kommende Eiszeiten

Nach Bürgerinitiative Umweltschutz Lüchow-Dannenberg e.V. (2020) sind alle Regionen, die von einer zu erwartenden Eislast betroffen sein werden als Endlagerregion auszuschließen. Die Eislast hat tektonische Wirkung (Hübscher 2017).

6 Der Umgang der BGE mit § 36 StandAG

In § 36 Abs. 1 S. 4 StandAG heißt es: *„Der Umstand, dass für den Standort Gorleben Erkenntnisse aus der bisherigen Erkundung vorliegen, darf ebenso wenig in die vergleichende Bewertung einfließen wie der Umstand, dass für den Standort Gorleben bereits Infrastruktur für die Erkundung geschaffen ist.“*

Dieser Grundsatz ist maßgeblich für die Anwendung der vergleichenden Bewertung des Salzstockes Gorleben mit anderen Gebieten gem. § 13 StandAG. Es liegt in der Natur der Sache, dass die im Rahmen der Datenabfragen von den zuständigen Behörden des Bundes und der Länder erhaltenen Daten eine große Diversität bezüglich Datendichte und Detailtiefe aufweisen. Es gibt Flächen in Deutschland mit hoher Datendichte und Informationstiefe, sowie Flächen mit wenig geologischen Informationen. Es wurde bei allen Standorten nicht in die Bewertung eingestellt, in welchem Umfang und Detail Daten vorhanden sind, also auch nicht für Gorleben.

An Hand der vorliegenden heterogenen Datenlage und der zu bewältigenden Datenmenge wurden in dieser ersten Phase des Standortauswahlverfahrens Methoden, zur Anwendung der Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß §§ 22 bis 24 StandAG, entwickelt, die einen Einfluss durch eine unterschiedliche Datenlage möglichst ausschließen (Bewertung auf Augenhöhe). Ein Nebeneffekt ist, dass sich dies vergrößernd auf die Zahl und Größe der Teilgebiete auswirkt.

Für die Bewertung des Salzstock Gorleben bedeutet dies, dass vorliegende Daten und Informationen aus der Endlagerforschung insoweit verwendet wurden, wie sie zum gegenwärtigen Stand des Standortauswahlverfahrens zur Anwendung der o. g. Methoden benötigt wurden. Die Tatsache, dass über den Salzstock deutlich mehr Informationen vorliegen als für andere Gebiete, hat in keiner Weise in der Bewertung beeinflusst.

Des Weiteren spielte es bei der gesamten Bewertung im Rahmen der Arbeiten zur Erstellung des Zwischenberichtes Teilgebiete keine Rolle, ob in einem Gebiet Infrastruktur für die Erkundung ganz oder teilweise vorhanden ist. Deswegen wurde die Tatsache, dass am Standort Gorleben bereits Infrastruktur für Erkundungen vorhanden ist, in keiner Weise in die Bewertung einbezogen.

7 Anwendung der Kriterien und Mindestanforderungen (§§ 22-24 StandAG)

Im Folgenden wird auf die entwickelten Methoden zur Anwendung der Kriterien und Mindestanforderungen eingegangen. Zur Anwendung der Kriterien und Mindestanforderungen mit einem Bezug zur endlager-relevanten Wirtsgesteinsinformation erfolgt mit Wirtsgestein Steinsalz und dessen Konfiguration „Salz in steiler Lage“. Die Ergebnisse der Anwendung auf den Salzstock Gorleben-Rambow werden im Folgenden ebenfalls dargestellt.

Detaillierte Ausführungen zu den angewandten Methoden, deren Herleitung sowie resultierende Schlussfolgerungen sind in den Fachberichten „Anwendung Ausschlusskriterien gemäß § 22 StandAG“ (BGE 2020h), „Anwendung Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG“ (BGE 2020j) und „Teilgebiete und Anwendung Geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG“ (BGE 2020k) für alle untersuchten Gebiete, also auch für den Salzstock Gorleben-Rambow zu finden.

7.1 Ausschlusskriterien nach § 22 StandAG

7.1.1 Großräumige Vertikalbewegung

§ 22 Abs. 2 Nr. 1 StandAG: „[...] es ist eine großräumige geogene Hebung von im Mittel mehr als 1 mm pro Jahr über den Nachweiszeitraum von einer Million Jahren zu erwarten.“

Die in § 22 Abs. 2 Nr. 1 StandAG genannte großräumige geogene Hebung von im Mittel mehr als 1 mm pro Jahr über den Nachweiszeitraum von einer Million Jahren, entspricht einem großflächigen Hebungsbeitrag von einem Kilometer innerhalb der nächsten eine Million Jahre.

Jähne-Klingberg et al. (2019) schlussfolgern, dass Hebungsraten von im Mittel mehr als 1 mm pro Jahr über den Nachweiszeitraum von einer Million Jahren in Deutschland unwahrscheinlich sind. Begründet wird diese Einschätzung unter anderem mit der intrakontinentalen Lage Deutschlands und der geringen Wahrscheinlichkeit, dass sich das grundlegende geodynamische Umfeld innerhalb des Nachweiszeitraumes deutlich verändern wird.

Die BGE schließt sich der Einschätzung von Jähne-Klingberg et al. (2019) an und kommt zu dem Ergebnis, dass auf Basis des aktuellen Prozessverständnisses in Deutschland innerhalb des Nachweiszeitraums von einer Million Jahren wahrscheinlich keine Hebungsbeiträge von 1000 m erreicht werden. Aus diesem Grund werden auf Basis des Ausschlusskriteriums „großräumige Vertikalbewegungen“ keine Gebiete ausgeschlossen.

7.1.2 Aktive Störungszonen

§ 22 Abs. 2 Nr. 2 StandAG: *„in den Gebirgsbereichen, die als Endlagerbereich in Betracht kommen, einschließlich eines abdeckenden Sicherheitsabstands, sind geologisch aktive Störungszonen vorhanden, die das Endlagersystem und seine Barrieren beeinträchtigen können; Unter einer „aktiven Störungszone“ werden Brüche in den Gesteinschichten der oberen Erdkruste wie Verwerfungen mit deutlichem Gesteinsversatz sowie ausgedehnte Zerrüttungszonen mit tektonischer Entstehung, an denen nachweislich oder mit großer Wahrscheinlichkeit im Zeitraum Rupel bis heute, also innerhalb der letzten 34 Millionen Jahre, Bewegungen stattgefunden haben. Atektonische beziehungsweise aseismische Vorgänge, also Vorgänge, die nicht aus tektonischen Abläufen abgeleitet werden können oder nicht auf seismische Aktivitäten zurückzuführen sind und die zu ähnlichen Konsequenzen für die Sicherheit eines Endlagers wie tektonische Störungen führen können, sind wie diese zu behandeln.“*

Eine Störungszone wird durch die BGE als aktiv gekennzeichnet, wenn ein Versatz des Rupeliums nachgewiesen ist und damit bis zu 34 Millionen Jahre zurückliegt (BGE 2020h). Die Ermittlung der aktiven Störungszonen im norddeutschen Raum erfolgte an Hand von Brückner-Röhling et al. (2002). Zudem werden auch Störungen als aktiv gekennzeichnet, wenn bei fehlenden Rupelium (durch Erosion) die geographische Lage der zu betrachtenden Störung innerhalb eines seismisch aktiven Gebiets liegt.

Bei identifizierten aktiven Störungszonen wird ein horizontaler ausschlusswirksamer Einflussbereich von 1000 m um die Störung gebildet. Bei vorliegenden Informationen zum räumlichen Verlauf der Störung wird dieser ausschlusswirksame Einflussbereich entsprechend der räumlichen Lage der Störung bis in 1500 m Tiefe mitgeführt. Fehlt die Information zum Verlauf der Störungszone innerhalb des geologischen Untergrundes (Einfallrichtung und Einfallen), wird ein vertikaler Ausschlussbereich 1500 m Tiefe vorgenommen.

Bei Salz in steiler Lagerung wird in der gegenwärtigen Phase des Auswahlverfahrens angenommen, dass sich auf Grund der duktilen Eigenschaften des Salzes, halokinetisch bedingte Störungen im Deckgebirge nicht bis in den Salzkörper fortsetzen. Daher sind Scheitelstörungen in der gegenwärtigen Phase des Verfahrens nicht ausschlusswirksam. Dies gilt für den Salzstock Gorleben wie für jeden anderen Salzstock auch. Somit kommt in der gegenwärtigen Phase des Auswahlverfahrens das Ausschlusskriterium „Aktive Störungszonen“ für den Salzstock Gorleben nicht zum Tragen.

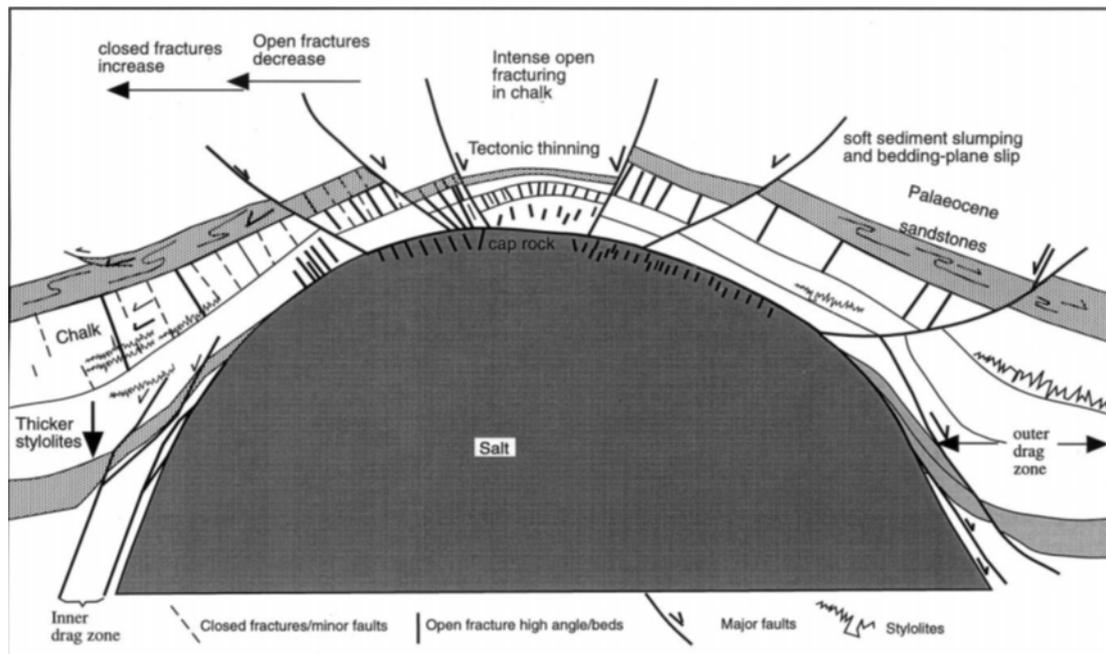


Abbildung 1: Darstellung von Deformationsprozessen im Dachbereich eines Salzdiapirs (Davison et al. 2000)

7.1.3 Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit

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

§ 22 Abs. 3 StandAG: *„Folgen von Maßnahmen zur Erkundung potenzieller Endlagerstandorte bleiben bei der Anwendung des Kriteriums nach Absatz 2 Nummer 3 außer Betracht. In den vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen ist zu zeigen, dass der Nachweis des sicheren Einschlusses trotz dieser Folgen geführt werden kann [...]“*

Die im Salzstock Gorleben im Rahmen der Erkundung potenzieller Endlagerstandorte durchgeführten bergbaulichen Tätigkeiten bleiben nach § 22 Abs. 3 StandAG als Ausschlusskriterium außer Betracht. Hierfür ist in den vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen zu zeigen, ob der Nachweis des sicheren Einschlusses trotz der daraus resultierenden Folgen geführt werden kann.

Des Weiteren gibt es Bohrungen, die im Rahmen von Erdöl-/Erdgaserkundungsmaßnahmen abgeteuft wurden. Hier erfolgt der Ausschluss zunächst mit einem Radius von 25 m um den Bohrverlauf über ein Teufenintervall von 300 m bis 1.500 m uGOK. Bei Bohrungen, welche im Rahmen der Endlagerforschung abgeteuft wurden, ist der Nachweis über einen langzeitsicheren Verschluss des Bohrloches zu erbringen. Die Prüfung sowie der Nachweis wurden in der gegenwärtigen Phase des Verfahrens nicht durchgeführt.

In Abbildung 2 sind alle vom LBEG der BGE zur Verfügung gestellten Bohrungen in und um den Salzstock Gorleben abgebildet. Alle Bohrungen, die eindeutig der Erdöl-/Erdgaserkundung zugeordnet werden können sind als ausschlussrelevant anzusehen (in Abbildung 2 blau markiert). Sie werden mit einem Radius von 25 m ausgeschlossen. Alle anderen werden der Endlagerforschung zugeordnet und sind demzufolge nicht ausschlussrelevant.

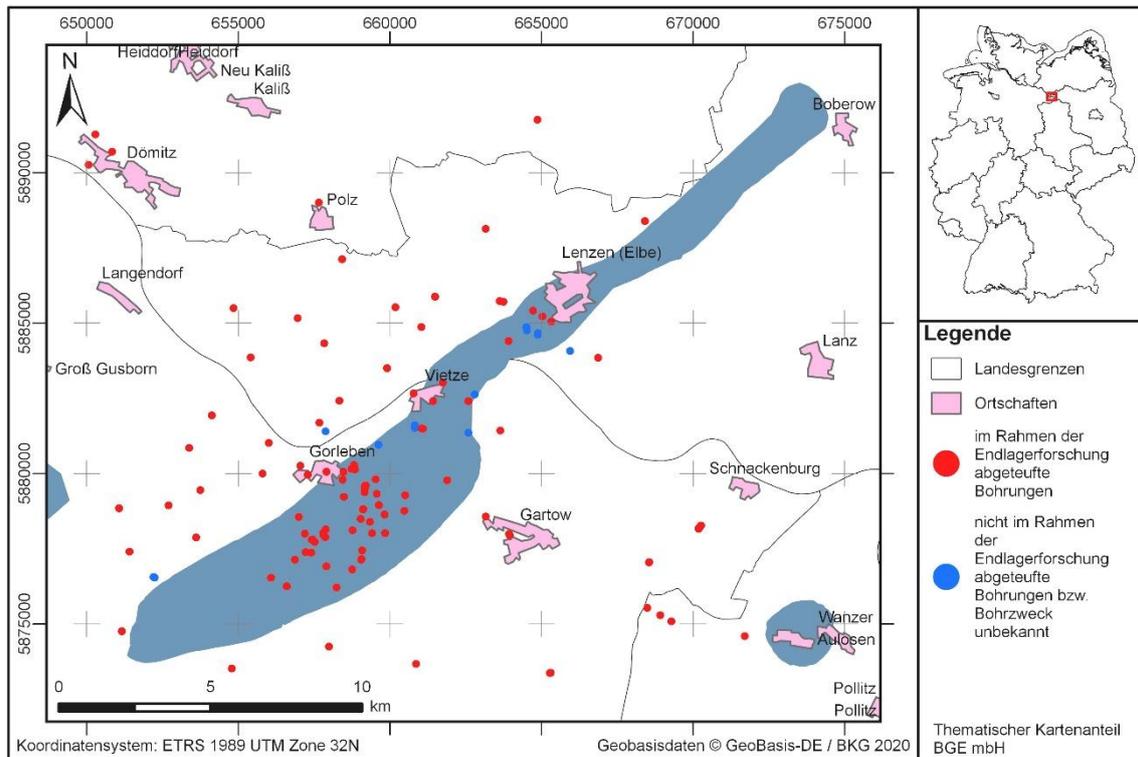


Abbildung 2: Vom LBEG an die BGE übergebene Bohrungen im Umfeld des Salzstocks Gorleben.
Auf Grund des Fehlens der Kategorie „Endlagerforschung“ wurden alle Bohrungen der Kategorie „Hydrogeologischen Bohrungen“ der Endlagerforschung zugeordnet. Alle anderen sind Erkundungsbohrungen der Erdölindustrie bzw. mit unbekanntem Zweck.

7.1.4 Seismische Aktivität

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

Durch das Ausschlusskriterium „Seismische Aktivität“ werden Gebiete ausgeschlossen, in denen seismische Aktivitäten zu erwarten sind, die die Sicherheit eines Endlagers beeinträchtigen können (BT-Drs. 18/11398, S. 66). Bewertungsgrundlage für die Abgrenzung von erdbebengefährdeten Gebieten in Deutschland bildet die Karte „Schematische Darstellung der Erdbebenzonen der Bundesrepublik Deutschland“ (Bild NA.1 in DIN EN 1998-1/NA:2011-01)(Abbildung 3). In dieser Karte wird ersichtlich, dass der gesamte Norddeutsche Raum keine seismische Aktivität im Sinne des StandAG aufweist.

Für den Salzstock Gorleben heißt das, dass dieses Ausschlusskriterium nicht zur Anwendung kommt.

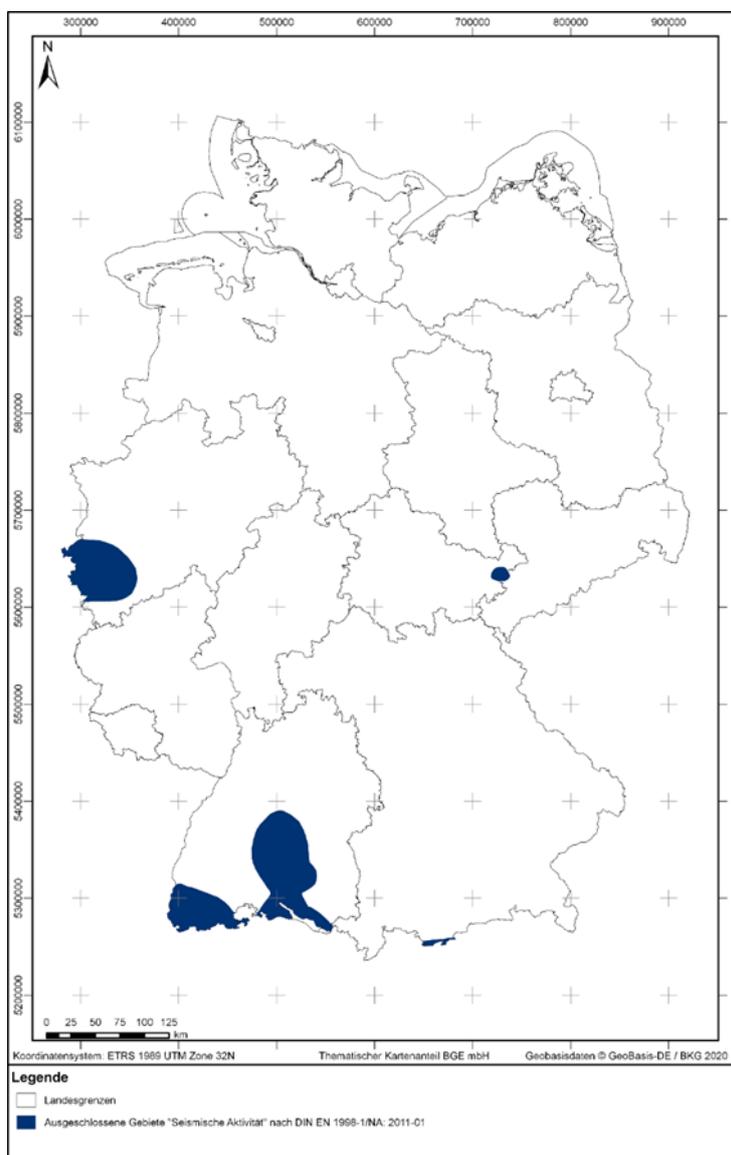


Abbildung 3: *Ermittelte Ausschlussgebiete nach Anwendung des Ausschlusskriteriums Seismische Aktivität*

7.1.5 Vulkanische Aktivität

§ 22 Abs. 2 Nr. 5 StandAG: „es liegt quartärer Vulkanismus vor oder es ist zukünftig vulkanische Aktivität zu erwarten“

In Deutschland sind an verschiedenen Stellen Nachweise vulkanischer Aktivität aus der jüngeren Erdgeschichte (Quartär und Tertiär) zu finden (Meschede 2018).

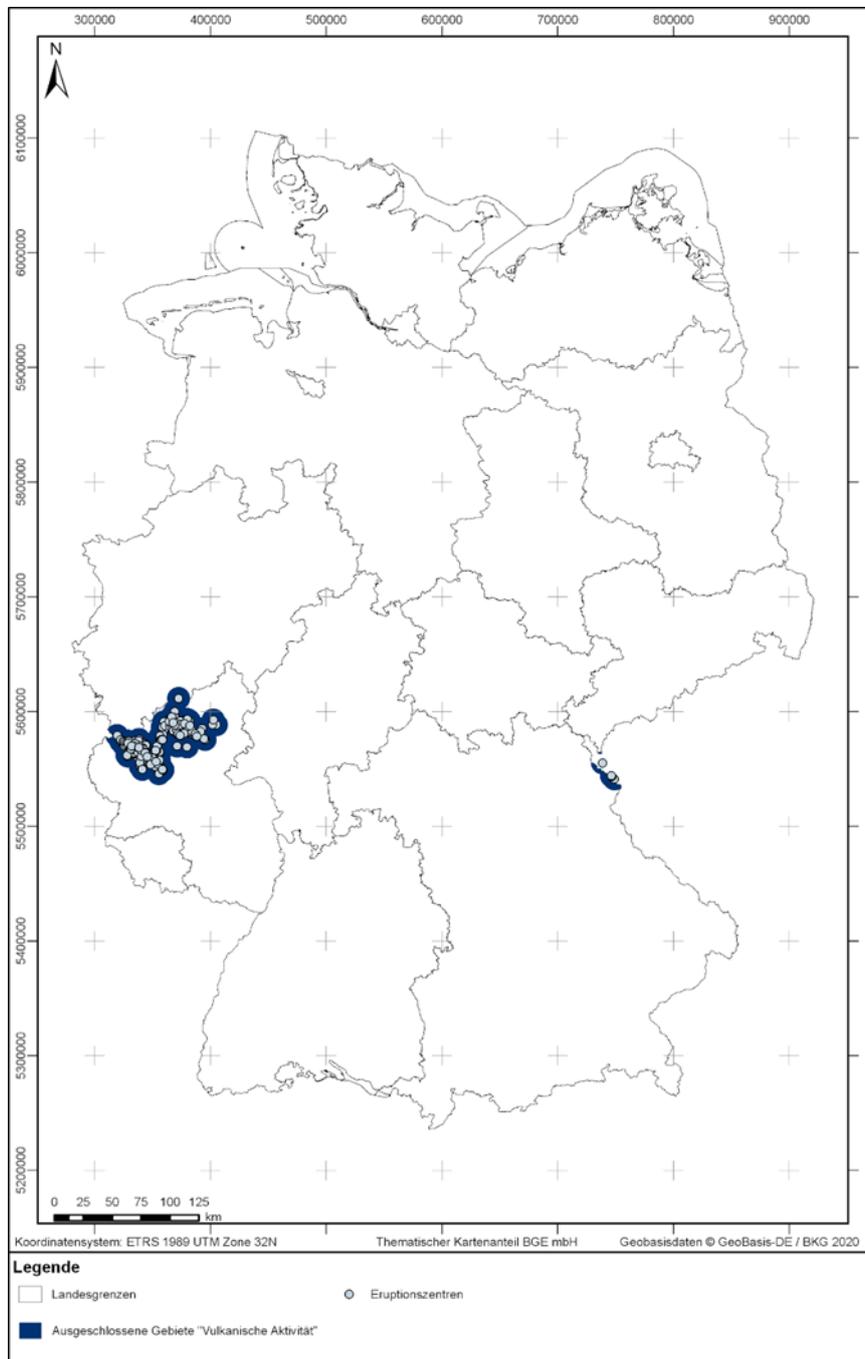


Abbildung 4: Eruptionszentren (grau) und ausgeschlossene Gebiete (blau) nach Anwendung des Ausschlusskriteriums „Vulkanische Aktivität“

Wie in Abbildung 4 dargestellt, ist in Norddeutschland kein rezenter Vulkanismus vorhanden und eine Prognose für den Nachweiszeitraum kann derzeit nicht gegeben werden.

Das Ausschlusskriterium „vulkanische Aktivität“ hat somit für den Salzstock Gorleben-Rambow keine Relevanz.

7.1.6 Grundwasseralter

§ 22 Abs. 2 Nr. 5 StandAG: „[...] in den Gebirgsbereichen, die als einschlusswirksamer Gebirgsbereich oder Einlagerungsbereich in Betracht kommen, sind junge Grundwässer nachgewiesen worden.“

Als Bewertungsgrundlage des Ausschlusskriteriums „Grundwasseralter“ wird die Konzentration der radioaktiven Isotope Tritium (^3H) und Kohlenstoff-14 (^{14}C) verwendet. Beide Isotope kommen natürlich auf der Erde vor und entstehen durch den Einfluss kosmischer Strahlung in der Erdatmosphäre. Neben der natürlichen, auf kosmische Strahlung zurückzuführenden Entstehung, wurden größere Mengen beider Isotope auch im Zuge von Kernwaffenversuchen in der Mitte des vergangenen Jahrhunderts freigesetzt.

Basierend auf den Halbwertszeiten beider Isotope sind Datierungszeiträume von 50 Jahren (^3H) bzw. 30 000 Jahren (^{14}C) möglich. Diese sind im Vergleich zum Betrachtungszeitraum von einer Million Jahren für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle sehr kurz. Der Nachweis ^3H und ^{14}C Isotopen im Grundwasser ist daher Beleg für das Vorhandensein juvenilen Grundwassers. Der Nicht-Nachweis von ^3H - und ^{14}C -Isotopen im Grundwasser kann jedoch nicht als Beleg für ausreichend altes Grundwasser herangezogen werden.

Das Ausschlusskriterium „Grundwasseralter“ bezieht sich direkt auf den einschlusswirksamen Gebirgs- oder Einlagerungsbereich. Da zu deren räumlicher Ausdehnung zum Zeitpunkt der Anwendung des Ausschlusskriteriums noch keine Informationen vorlagen, ist ein großräumigerer Ausschluss von Gebieten auf Basis des Ausschlusskriteriums „Grundwasseralter“ nicht zielführend. Das Ausschlusskriterium „Grundwasseralter“ erfordert im Prinzip eine umfangreiche, lokationsspezifische Gesamtinterpretation der hydrologischen Verhältnisse. Dies ist in der aktuellen, frühen Phase des Standortauswahlverfahrens nicht möglich.

Damit erfolgt für den Salzstock Gorleben in der jetzigen Phase des Standortauswahlverfahrens kein Ausschluss nach dem Ausschlusskriterium Grundwasseralter.

7.1.7 Zusammenfassung zur Anwendung der Ausschlusskriterien gemäß § 22 StandAG

Alle Ausschlusskriterien gemäß § 22 StandAG wurden auf den Salzstock Gorleben-Rambow angewendet. Im Ergebnis werden die Bohrungen zur Erdöl-/Erdgaserkundung mit einem Radius von 25m um die Bohrspur ausgeschlossen.

7.2 Mindestanforderungen nach § 23 StandAG

7.2.1 Gebirgsdurchlässigkeit im einschlusswirksamen Gebirgsbereich

§ 23 Abs. 5 Nr. 1 StandAG: *„in einem einschlusswirksamen Gebirgsbereich muss die Gebirgsdurchlässigkeit k_f weniger als 1^{-10} m/s betragen; sofern ein direkter Nachweis in den Begründungen für die Vorschläge nach den §§ 14 und 16 noch nicht möglich ist, muss nachgewiesen werden, dass der einschlusswirksame Gebirgsbereich aus Gesteinstypen besteht, denen eine Gebirgsdurchlässigkeit kleiner als 10^{-10} m/s zugeordnet werden kann; die Erfüllung des Kriteriums kann auch durch den Einlagerungsbereich überlagernde Schichten nachgewiesen werden“*

Die Mindestanforderung „Gebirgsdurchlässigkeit“ nach § 23 Abs. 5 Nr. 1 StandAG wird in der gegenwärtigen Phase der Standortauswahl für das Wirtsgestein Salz in steiler Lagerung wie folgt generalisiert bewertet:

Steinsalz hat im unverritzten Zustand einen Durchlässigkeitsbeiwert von kleiner gleich 10^{-14} m/s und eine Porosität von 0,02 % (Wieczorek et al. 2014). Mögliche Klüfte verheilen von selber (Borchert & Muir 1964). In Steinsalz sind aufgrund der duktilen Eigenschaften keine unverheilten Klüfte zu erwarten (Bornemann et al. 2008; Fischbeck & Bornemann 1993). Ferner gibt der Referenzdatensatz (BGE 2020b) für Steinsalz, der für die Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien erstellt wurde, für den Indikator „Charakteristische Gebirgsdurchlässigkeit“ eine günstige Bewertung an. Dieses ist gleichzusetzen mit einer Gebirgsdurchlässigkeit von 10^{-12} m/s und weniger.

Damit ist die Mindestanforderung für das Wirtsgestein „Salz in steiler Lagerung“ erfüllt, so auch für den Salzstock Gorleben.

7.2.2 Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (ewG)

§ 23 Abs. 5 Nr. 2 StandAG: *der Gebirgsbereich, der den einschlusswirksamen Gebirgsbereich aufnehmen soll, muss mindestens 100 Meter mächtig sein; [...]*

Unter Berücksichtigung der Methodik zur Anwendung der Mindestanforderung „minimale Teufe des ewG“ nach § 23 Abs. 5 Nr. 3 StandAG kann für den Salzstock Gorleben-Rambow eine Mächtigkeit von größer 1.000 m zur Aufnahme des ewG abgeleitet werden. Damit ist diese Mindestanforderung erfüllt.

7.2.3 Minimale Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

§ 23 Abs. 5 Nr. 3 StandAG: *„die Oberfläche eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs muss mindestens 300 Meter unter der Geländeoberfläche liegen. In Gebieten, in denen im Nachweiszeitraum mit exogenen Prozessen wie insbesondere eiszeitlich bedingter intensiver Erosion zu rechnen ist, deren direkte oder indirekte Auswirkungen zur Beeinträchtigung der Integrität eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs führen können, muss die Oberfläche des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs tiefer als die zu erwartende größte Tiefe der Auswirkungen liegen; 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 [...]“*

Als Grundlage für die Bestimmung der Tiefenlage der Salzstrukturen in Niedersachsen wurde der Geotektonische Atlas von Niedersachsen als geologisches 3D-Modell GTA3D (Bombien et al. 2012) und in Brandenburg das geologische 3D-Modell Brandenburgs (Schilling et al. 2018) genutzt. Daraus ergibt sich eine Teufenlage für den Salzspiegel des Salzstock Gorleben von 170 m (auf zehn Meter gerundet). Zieht man die geforderte Mächtigkeit der Salzschwebe von 300 m ab, ergibt sich eine Mindestteufe von 470 m. Der Salzstock reicht für die Positionierung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereiches noch deutlich tiefer. Die Mindestanforderung „minimale Teufe des ewG“ ist daher für den Salzstock Gorleben erfüllt.

7.2.4 Fläche des Endlagers

§ 23 Abs. 5 Nr. 4 StandAG: *„ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich muss über eine Ausdehnung in der Fläche verfügen, die eine Realisierung des Endlagers ermöglicht; in den Flächenbedarf des Endlagers eingeschlossen sind Flächen, die für die Realisierung von Maßnahmen zur Rückholung von Abfallbehältern oder zur späteren Auffahrung eines Bergungsbergwerks erforderlich sind und verfügbar gehalten werden müssen“*

Konkrete Zahlen zur Größe der Fläche sind im Stand AG nicht angegeben. Der Flächenbedarf für ein Endlager ist von Faktoren wie Tiefe, geothermischer Gradient, Materialeigenschaften des Wirtsgesteins und Einlagerungsmenge abhängig. In der Begründung des Deutschen Bundestages zum Gesetzesentwurf des StandAG (BT-Drs. 18/11398, S. 71) heißt es: *„[...] Vorsorglich sollte für das Wirtsgestein Salz ein Flächenbedarf von 3 km² angesetzt werden, [...]“*.

Den Flächenermittlungen des ewG wurden ebenfalls die o.g. 3D-Modelle Bombien et al. (2012) und Schilling et al. (2018) zugrunde gelegt. Dabei wurde eine Umhüllende des jeweiligen Salzstocks gebildet, die im Teufenbereich von minimaler Teufe bis 1500 m der maximalen Ausdehnung des Salzstocks in jede Richtung entspricht.

Für den Salzstock Gorleben-Rambow wurde daraus eine Fläche von 66 km² unter dem Vorbehalt ermittelt, dass nach § 22 Abs. 3 S. 1 (StandAG) Bohrungen, die im Rahmen der Endlagerforschung abgeteuft wurden, außer Betracht bleiben können. Nach § 22

Abs. 3. S. 2 StandAG ist „[...] in den vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen [...] zu zeigen, dass der Nachweis des sicheren Einschlusses trotz dieser Folgen geführt werden kann“. Nach der vorliegenden Datenlage wird davon ausgegangen. Damit ist in der gegenwärtigen Phase des Standortauswahlverfahrens die Mindestanforderung „Fläche des Endladgers“ erfüllt.

7.2.5 Erhalt der Barrierewirkung

§ 23 Abs. 5 Nr. 4 StandAG: „es dürfen keine Erkenntnisse oder Daten vorliegen, welche die Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs, insbesondere die Einhaltung der geowissenschaftlichen Mindestanforderungen zur Gebirgsdurchlässigkeit, Mächtigkeit und Ausdehnung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs über einen Zeitraum von einer Million Jahren zweifelhaft erscheinen lassen.“

Der Erhalt der Barrierewirkung im Betrachtungszeitraum von einer Million Jahren kann durch Ereignisse oder Entwicklungen beeinträchtigt werden, die durch die Ausschlusskriterien und vorgenannten Mindestanforderungen bereits adressiert wurden. Im Rahmen einer standortbezogenen Einzelfallbetrachtung können sich relevante Aspekte ergeben, die sich reduzierend auf den Erhalt der Barrierewirkung auswirken. Diese werden in der gegenwärtigen Schritt 1 der Phase I des Standortauswahlverfahrens für den Salzstock Gorleben-Rambow nicht gesehen.

Damit ist in der gegenwärtigen Phase des Standortauswahlverfahrens die Mindestanforderung „Erhalt der Barrierewirkung“ erfüllt.

7.2.6 Zusammenfassung zur Anwendung der Mindestanforderungen nach § 23 StandAG

Der Salzstock Gorleben-Rambow erfüllt alle Mindestanforderungen gem. § 23 StandAG und wird als identifiziertes Gebiet Nr. 020_00IG_S_s_z geführt.

7.3 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien nach § 24 StandAG

§ 24 Abs. 1 StandAG: „Anhand geowissenschaftlicher Abwägungskriterien wird jeweils bewertet, ob in einem Gebiet eine günstige geologische Gesamtsituation vorliegt. Die günstige geologische Gesamtsituation ergibt sich nach einer sicherheitsgerichteten Abwägung der Ergebnisse zu allen Abwägungskriterien.“

Die geowissenschaftlichen Abwägungskriterien werden nach Anwendung der Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen auf die im Auswahlverfahren verbleibenden identifizierten Gebiete angewendet.

Aus den Anlagen zu § 24 StandAG ergeben sich elf Kriterien mit deren dazugehörigen bewertungsrelevanten Eigenschaften, den Bewertungsgrößen bzw. Indikatoren der Kriterien sowie die jeweiligen Wertungsgruppen. Im Folgenden wird für die in den Anlagen 1 bis 11 (zu § 24) StandAG genannten Begriffe „bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums“ und „Bewertungsgröße beziehungsweise Indikator des Kriteriums“ der einheitliche Begriff „Indikator“ verwendet.

Die Einordnung der Indikatoren erfolgt anhand von Wertungsgruppen. Diese sind zu- meist in die Gruppen „günstig“, „bedingt günstig“ oder „weniger günstig“ eingeteilt, mit Ausnahme von drei Kriterien, welche als „ungünstig“ anstelle von „weniger günstig“ ein- geteilt werden sowie Indikatoren, welche nur zwei Wertungsgruppen aufweisen oder eine rein textliche Beschreibung erwarten lassen (z. B. Anlage 8 (zu § 24 Abs. 5) StandAG). Für die Wertungsgruppen sind zur Einordnung des jeweiligen Indikators qua- litative Beschreibungen oder numerische Zahlenwerte angegeben.

In Phase I des Standortauswahlverfahrens erfolgt die Anwendung der geowissenschaft- lichen Abwägungskriterien auf Grundlage der der Vorhabenträgerin von den zuständigen Behörden des Bundes und der Länder zur Verfügung gestellten geologischen Daten (§ 13 StandAG). Für die Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien sind zumeist standortspezifische, detaillierte Informationen notwendig. Solche geologi- schen Daten liegen in Schritt 1 der Phase I des Standortauswahlverfahrens nicht flä- chendeckend vor. Daher erfolgt die Bewertung einiger Anlagen zum jetzigen Zeitpunkt generisch, anhand von wirtsgesteinsspezifischen Referenzdatensätzen (BGE 2020b). Damit können für die Bewertung der elf Kriterien und deren Indikatoren die begründeten Literaturwerte aus den entsprechenden Referenzdatensätzen genutzt werden, sofern keine bzw. nicht ausreichende gebietsspezifische Informationen vorliegen.

Auf diese Weise wird die in § 24 Abs. 1 S. 2 StandAG vorgegebene Abwägung der Er- gebnisse aller 11 Kriterien gewährleistet. Durch die Vornahme einer Bewertung im obe- ren Bereich der physikalisch möglichen Bandbreite des Wirtsgesteins wird das Abwä- gungsergebnis durch die Verwendung von Referenzdatensätzen nicht verzerrt.

Gemäß § 36 Abs. 1 S. 3 StandAG soll der Salzstock Gorleben, nicht als Referenzstand- ort für andere zu erkundende Standorte dienen. Dementsprechend und dem Grundsatz der Gleichbehandlung folgend, wurden für die Erstellung des Referenzdatensatzes Steinsalz keine Daten herangezogen, die im Rahmen der Endlagerforschung für den Salzstock Gorleben gewonnen wurden.

7.3.1 Referenzdatensatz Steinsalz

Tabelle 1 stellt die Bewertungen der identifizierten Gebiete des Wirtsgesteins Steinsalz für die Indikatoren und Kriterien der Anlage 1 sowie 4 bis 10 (zu § 24) StandAG dar, welche auf dem Referenzdatensatz Steinsalz basieren. Diese Bewertungen gelten so- wohl für Steinsalz in steiler Lagerung als auch für stratiformes Steinsalz. Eine Ausnahme bildet Kriterium 4: hier findet der Referenzdatensatz nur für Steinsalz in steiler Lagerung Anwendung.

Ausführlichere Beschreibungen zu jeder Bewertung für identifizierte Gebiete in Steinsalz sind dem Anhand der untersetzenden Unterlage „Teilgebiete und Anwendung Geowis- senschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG“ (BGE 2020k) zu entnehmen. Die entsprechenden Begründungen zu jeder Bewertung befinden sich in der Unterlage „Referenzdatensätze zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Rahmen von § 13 StandAG – Grundlagen“ (BGE 2020b).

Die Anlage 2, 3 und 11 (zu § 24) StandAG wurden bei der Erstellung des Referenzdatensatzes für das Wirtsgestein Steinsalz nicht betrachtet, da für deren Kriterien standortbezogene Daten herangezogen wurden.

Tabelle 1: *Übersicht der Bewertung der Anlage 1 und 4 bis 10 (zu § 24) StandAG und zugehörigen Indikatoren nach Referenzdatensatz für das Wirtsgestein Steinsalz*

Anlage laut StandAG (zu § 24) StandAG	Indikator des Kriteriums	Bewertung nach Referenzdatensatz
1	Charakteristische Gebirgsdurchlässigkeit des Gesteinstyps [m/s]	günstig
	Abstandsgeschwindigkeit des Grundwassers [mm/a]	günstig
	Charakteristischer effektiver Diffusionskoeffizient des Gesteinstyps für tritiiertes Wasser (HTO) bei 25 °C [m ² /s]	günstig
	Gesamtbewertung Anlage 1	günstig
4	Zeitspanne über die sich die Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs nicht wesentlich verändert hat	günstig
	Zeitspanne über die sich die Ausdehnung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs nicht wesentlich verändert hat	günstig
	Zeitspanne über die sich die Gebirgsdurchlässigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs nicht wesentlich verändert hat	günstig
	Gesamtbewertung Anlage 4	günstig
5	Das Gebirge kann als geomechanisches Haupttragelement die Beanspruchung aus Auffahrung und Betrieb ohne planmäßigen tragenden Ausbau, abgesehen von einer Kontursicherung, bei verträglichen Deformationen aufnehmen.	günstig
	Um Endlagerhohlräume sind keine mechanisch bedingten Sekundärpermeabilitäten außerhalb einer unvermeidbaren konturnah entfestigten Auflockerungszone zu erwarten.	günstig
	Gesamtbewertung Anlage 5	günstig
6	Verhältnis repräsentative Gebirgsdurchlässigkeit/repräsentative Gesteinsdurchlässigkeit	günstig

Anlage laut StandAG (zu § 24) StandAG	Indikator des Kriteriums	Bewertung nach Referenzdatensatz
	Erfahrungen über die Barrierewirksamkeit der Gebirgsformationen in folgenden Erfahrungsbereichen: <ul style="list-style-type: none"> – rezente Existenz als wasserlösliches Gestein – fossile Fluideinschlüsse – unterlagernde wasserlösliche Gesteine – unterlagernde Vorkommen flüssiger oder gasförmiger Kohlenwasserstoffe – Heranziehung als hydrogeologische Schutzschicht bei Gewinnungsbergwerken – Aufrechterhaltung der Abdichtungsfunktion auch bei dynamischer Beanspruchung – Nutzung von Hohlräumen zur behälterlosen Speicherung von gasförmigen und flüssigen Medien 	günstig
	Rückbildung der Sekundärpermeabilität durch Riss-schließung	günstig
	Rückbildung der mechanischen Eigenschaften durch Rissverheilung	günstig
	Zusammenfassende Beurteilung der Neigung zur Bildung von Fluidwegsamkeiten aufgrund der Bewertung der einzelnen Indikatoren	günstig
	Gesamtbewertung Anlage 6	günstig
7	Wasserangebot im Einlagerungsbereich	günstig
	Gesamtbewertung Anlage 7	günstig
8	Neigung zur Bildung wärmeinduzierter Sekundärpermeabilitäten und ihrer Ausdehnung	günstig
	Temperaturstabilität hinsichtlich Mineralumwandlungen	günstig
	Gesamtbewertung Anlage 8	günstig
9	Kd-Wert für folgende Radionuklide $\geq 0,001 \text{ m}^3/\text{kg}$	weniger günstig
	Gehalt an Mineralphasen mit großer reaktiver Oberfläche	nicht günstig
	Ionenstärke des Grundwassers	günstig
	Öffnungsweite der Gesteinsporen	günstig
	Gesamtbewertung Anlage 9	nicht günstig

Anlage laut StandAG (zu § 24) StandAG	Indikator des Kriteriums	Bewertung nach Referenzdatensatz
10	Chemisches Gleichgewicht zwischen dem Wirtsgestein im Bereich des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs und dem darin enthaltenen tiefen Grundwasser	günstig
	Neutrale bis leicht alkalische Bedingungen (pH-Wert 7 bis 8) im Bereich des Tiefenwassers	nicht günstig
	Anoxisch-reduzierendes Milieu im Bereich des Tiefenwassers	günstig
	Möglichst geringer Gehalt an Kolloiden und Komplexbildnern im Tiefenwasser	günstig
	Geringe Karbonatkonzentration im Tiefenwasser	günstig
	Gesamtbewertung Anlage 10	nicht günstig

7.3.2 Standortspezifische Bewertung (Anlage 2, 3 und 11 (zu § 24) StandAG)

Die Bewertung der Kriterien nach Anlage 2, 3 und 11 (zu § 24) StandAG (siehe BGE 2020k)) erfolgt nach standortspezifischen Daten und wurden für den Salzstock Gorleben wie folgt bewertet:

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

Bei diesem Kriterium wird die Gesamtbewertung durch die jeweils schlechteste Bewertung der vier Indikatoren bestimmt (siehe BGE 2020k). Die Indikatoren „Barrierenmächtigkeit“, „Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich“, „Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ sowie „flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit (Vielfaches des Mindestflächenbedarfs)“ des Kriteriums wurden jeweils mit „günstig“ bewertet (siehe Tabelle 2). Dementsprechend erfolgt auch die Gesamtbewertung des Kriteriums mit „günstig“ (BGE 2020ah).

Tabelle 2: Bewertung des Salzstocks Gorleben-Rambow nach Anlage 2 (zu § 24 Abs. 3) StandAG: Kriterium zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper

Eigenschaft des Kriteriums	Indikator	Wert	Bewertung
Barrierewirksamkeit	Barrierenmächtigkeit [m]	1.030	günstig
	Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich	Vollständig	günstig
Robustheit und Sicherheitsreserven	Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs [m unter Geländeoberfläche]	>> 500	günstig
Volumen des ewG	flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit [Viel-faches des Mindestflächenbedarfs von 3 km ²]	66 km ² ; >> 2-fach	günstig
Gesamtbewertung des Kriteriums zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper:			günstig

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

Der Salzstock Gorleben-Rambow wurde für die Indikatoren „Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich“, „Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften“ und „Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)“ mit „günstig“ bewertet. Der Indikator „Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit“ wurde mit „bedingt günstig“ bewertet (siehe Tabelle 3). Da alle identifizierte Gebiete im Wirtsgestein Steinsalz in steiler Lagerung für den Indikator „Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit“ gleich („bedingt günstig“) bewertet wurden ist dieser Indikator nicht ausschlaggebend für die Bewertung des Kriteriums (vgl. BGE 2020k). Daher erfolgte die Bewertung für das vorliegende identifizierte Gebiet für das Kriterium 3 mit „günstig“ (vgl. BGE 2020ah).

Tabelle 3: *Bewertung des Salzstocks Gorleben nach Anlage 3 (zu § 24 Abs. 3) StandAG: Kriterium zur Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit*

Eigenschaft des Kriteriums	Indikator	Wert	Bewertung
Ermittelbarkeit der Gesteinstypen und ihrer charakteristischen Eigenschaften im vorgesehenen Endlagerbereich, insbesondere im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich	Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich	gering	günstig
	Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften	gleichmäßig	günstig
	Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit	wenig gestört	bedingt günstig
Übertragbarkeit der Eigenschaften im vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereich	Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)	Fazies regional einheitlich	günstig
Gesamtbewertung des Kriteriums zur Bewertung der räumlichen Charakterisierbarkeit:			günstig

7.3.2.3 Kriterium zur Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge (Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG)

Bei diesem Kriterium wird die Gesamtbewertung des Kriteriums durch die jeweils schlechteste Bewertung der Indikatoren bestimmt (BGE 2020d, 2020k). Da alle Indikatoren des Kriteriums mit „ungünstig“ bewertet wurden (siehe Tabelle 4), erfolgte die Bewertung des Kriteriums für das identifizierte Gebiet Gorleben-Rambow ebenfalls mit „ungünstig“ (vgl. BGE 2020ah).

Tabelle 4: *Bewertung des Salzstocks Gorleben-Rambow nach Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG: Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge*

Eigenschaft des Kriteriums	Indikator	Wert	Bewertung
Schutz des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch günstigen Aufbau des Deckgebirges gegen Erosion und Subrosion sowie ihre Folgen (insbesondere Dekompaktion)	Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden Gesteinen, Verbreitung und Mächtigkeit grundwasserhemmender Gesteine im Deckgebirge	Das identifizierte Gebiet besitzt keine bis nur geringmächtige Überdeckung und steht in Kontakt mit quartären Ablagerungen, welche als nicht grundwasserhemmend angesehen werden.	ungünstig
	Verbreitung und Mächtigkeit erosionshemmender Gesteine im Deckgebirge des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs	Das identifizierte Gebiet besitzt keine bis nur geringmächtige Überdeckung und steht in Kontakt mit quartären Ablagerungen, welche als nicht erosionshemmend angesehen werden.	ungünstig
	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.	Die Salzstruktur steht in Kontakt mit quartären Ablagerungen. Dadurch ist eine potenzielle hydraulische Wirksamkeit für den einschlusswirksamen Gebirgsbereich bzw. das identifizierte Gebiet sehr wahrscheinlich (siehe BGE 2020a). Des Weiteren sind Nachweise zu Störungen innerhalb des identifizierten Gebietes vorhanden.	ungünstig
Gesamtbewertung des Kriteriums zur Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge:			ungünstig

8 Gesamtbewertung

Alle Ausschlusskriterien gemäß § 22 StandAG wurden auf den Salzstock Gorleben-Rambow angewendet. Im Ergebnis werden die Bohrungen zur Erdöl-/Erdgaserkundung mit einem Radius von 25 m um die Bohrspur ausgeschlossen.

Der Salzstock Gorleben-Rambow erfüllt in der gegenwärtigen Phase des Standortauswahlverfahrens alle Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG. Er wurde als identifiziertes Gebiet Nr. 020_00IG_S_s_z ausgewiesen.

Auf Basis der Anwendung der geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG erfolgte die zusammenfassende Bewertung des identifizierten Gebietes Gorleben-Rambow mit „nicht günstig“ (vgl. BGE 2020ah). Deswegen wurde das identifizierte Gebiet Gorleben-Rambow nicht als Teilgebiet ermittelt.

Der Salzstock Gorleben-Rambow ist nach Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG kein Teilgebiet. Damit greift die Regelung des § 36 Abs. 1 S.5 Nr.1 StandAG, wonach der Salzstock Gorleben-Rambow aus dem Verfahren ausscheidet. Der Salzstock Gorleben-Rambow wird daher nicht bei den weiteren Arbeiten der BGE zu den Vorschlägen über die Standortregionen betrachtet.

9 Literatur

- Anderle, H.-J., Franke, W. & Schwab, M. (1995): *Metamorphic Units (Northern Phyllite Zone) – Stratigraphy*. In: R. D. Dallmeyer, W. Franke & K. Weber (Hrsg.): *Pre-Permian Geology of Central and Eastern Europe*. S. 99-107: Springer Verlag Berlin Heidelberg GmbH. ISBN 978-3-642-77518-5. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-77518-5>
- AtG: Atomgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), das zuletzt durch Artikel 239 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist
- BGE (2020a): *Arbeitshilfe zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Rahmen von § 13 StandAG*. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE)
- BGE (2020af): *Glossar der BGE zum Standortauswahlverfahren*. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
- BGE (2020ah): *Anlage 1B (zum Fachbericht Teilgebiete und Anwendung Geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG). Ergebnisse der Bewertung: Teil B (Keine Teilgebiete)*. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
- BGE (2020b): *Referenzdatensätze zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Rahmen von § 13 StandAG - Grundlagen*. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE)
- BGE (2020d): *Methodik zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien*. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH. https://www.bge.de/fileadmin/user_upload/Standortsuche/Wesentliche_Unterlagen/Methodensteckbriefe_fuer_Forum/20200506_Methodik_geoWK_Endfassung.pdf
- BGE (2020h): *Anwendung Ausschlusskriterien gemäß § 22 StandAG. Untersetzende Unterlage zum Zwischenbericht Teilgebiete*. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
- BGE (2020j): *Anwendung Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG. Untersetzende Unterlage zum Zwischenbericht Teilgebiete*. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
- BGE (2020k): *Teilgebiete und Anwendung Geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG. Untersetzende Unterlage zum Zwischenbericht Teilgebiete*. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
- Bollingerfehr, W., Filbert, W., Dörr, S., Herold, P., Lerch, C., Burgwinkel, P., Charlier, F., Thomaske, B., Bracke, G. & Kilger, R. (2012): *VSG: Endlagerauslegung und -optimierung (AP 6)*. GRS - 281. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH. Köln, Garching b. München, Berlin, Braunschweig
- Bombien, H., Hoffers, B., Breuckmann, S., Helms, M., Lademann, K., Lange, M., Oelrich, A., Reimann, R., Rienäcker, J., Schmidt, C., Slaby, M.-F. & Ziesch, J. (2012): *Der Geotektonische Atlas von Niedersachsen und dem deutschen Nordseesektor als geologisches 3D-Modell Einleitung*. Gmit Geowissenschaftliche Mitteilungen, Bd. 48, S. 6-13
- Borchert, H. & Muir, R. O. (1964): *Salt Deposits: The Origin, Metamorphism and Deformation of Evaporites*. London: Van Nostrand

- Bornemann, O., Behlau, J., Fischbeck, R., Hammer, J., Jaritz, W., Keller, S., Mingerzahn, G. & Schramm, M. (2008): *Standortbeschreibung Gorleben Teil 3: Ergebnisse der über- und untertägigen Erkundung des Salinars*. Geologisches Jahrbuch, Reihe C, Stuttgart: Schweizerbart. ISBN 9783510959648
- Bornemann, O., Behlau, J., Keller, S., Mingerzahn, G. & Schramm, M. (2003): *Abschlussbericht: Ergebnisse der Erkundung des Salinars - Projekt Gorleben Standortbeschreibung*. Archivstück + Sammelmappe. Hannover: BGR
- Bracke, G. (2012): *Berücksichtigung der Kohlenwasserstoffvorkommen in Gorleben : Bericht der Arbeitsgruppe "Kohlenwasserstoffe" ; vorläufige Sicherheitsanalyse für den Standort Gorleben*. Köln ; Garching bei München [u.a.]: GRS. ISBN 9783939355618
- Bräuer, V., Eickemeier, R., Eisenburger, D., Grisseman, C., Hesser, J., Heusermann, S., Kaiser, D., Nipp, H.-K., Nowak, T., Plischke, I., Schnier, H., Schulze, O., Sönke, J. & Weber, J. R. (2012): *Standortbeschreibung Gorleben Teil 4: Geotechnische Erkundung des Salzstocks Gorleben*. Geologisches Jahrbuch, Reihe C, Stuttgart: Schweizerbart. ISBN 9783510959884
- Brose, F. (1991): *Untersuchungen zum Auftreten örtlicher Versalzungen im oberflächennahen Grundwasser in der Umgebung des Salzstockes von Gorleben*. Berlin: FU Berlin
- Brückner-Röhling, S., Espig, M., Fischer, M., Fleig, S., Forsbach, H., Kockel, F., Krull, P., Stiewe, H. & Wirth, H. (2002): *Standortsicherheitsnachweise Nachbetriebsphase: Seismische Gefährdung - Teil 1: Strukturgeologie*. BGR-Bericht. Stuttgart: Schweizerbart
- BT-Drs. 18/11398: Gesetzentwurf der Fraktionen CDU/CSU, SPD und BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN: Entwurf eines Gesetzes zur Fortentwicklung des Gesetzes zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle und anderer Gesetze, Deutscher Bundestag, Drucksache 18/11398 vom 07.03.2017
- Bürgerinitiative Umweltschutz Lüchow-Dannenberg e.V. (2020): *Gorleben muss raus!* Bürgerinitiative Umweltschutz Lüchow-Dannenberg e.V. Lüchow
- Davison, I., Alsop, G. I., Evans, N. G. & Safaricz, M. (2000): *Overburden deformation patterns and mechanisms of salt diapirpenetration in the Central Graben, North Sea*. Marine and Petroleum Geology, Bd. 17, S. 601-618. DOI: 10.1016/S0264-8172(00)00011-8
- DIN EN 1998-1/NA:2011-01: *Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbau*. Berlin: Beuth
- Duphorn, K. (1983): *Hydrogeologisches Untersuchungsprogramm Gorleben : Abschlußbericht quartärgeologische Gesamtinterpretation*. Hannover: NLF
- Fischbeck, R. & Bornemann, O. (1993): *Hinweise auf Stofftransporte im Salzstock Gorleben aufgrund von kleintektonischen Untersuchungen und Brombestimmungen an halitischen Kluffüllungen*. Geologisches Jahrbuch, Bd. A 142, S. 233-256
- Fischer-Appelt, K. (2013): *Synthesebericht für die VSG: Bericht zum Arbeitspaket 13; vorläufige Sicherheitsanalyse für den Standort Gorleben; FuE-Vorhaben UM10A03200*. Köln; Garching b. München; Berlin; Braunschweig: GRS. ISBN 9783939355663

- Garetsky, R. G., Aizberg, R. Y., Karabanov, A. K., Kockel, F., Ludwig, A. O., Lykke-Andersen, H., Ostaficzuk, S., Sim, L. S., Sliupa, A. & Stackebrandt, W. (2001): *The neogeodynamics of the Baltic Sea depression and adjacent areas - some conclusion from the IGCP-Projekt 346: Neogeodynamica Baltica*. Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge, Bd. 8, S. 43-47
- Hübscher, C. (2017): *Was die nächste Eiszeit mit unserem Atommüll zu tun hat*. *Hamburger Abendblatt*. Hamburg: Funke Medien Gruppe, 10.07.2017
- Jähne-Klingberg, F., Stück, H., Bebiolka, A., Bense, F. & Stark, L. (2019): *Prognosemöglichkeiten von großräumigen Vertikalbewegungen für Deutschland*. Abschlussbericht. Hannover: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
- Jaritz, W. (1994): *Die Entwicklungsgeschichte des Standortes Gorleben als natürliches Analogon für das Langzeitverhalten eines Barrierensystems*. Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Bd. 145, S. 192-206. ISSN 0012-0189
- K-Drs. 268: *Abschlussbericht der Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe*. Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe Berlin, 5. Juli 2016
- Kleemann, U. (2011): *Bewertung des Endlager- Standortes Gorleben*. im Auftrag der Rechtshilfe Gorleben e.V. <http://www.kleemann-geologe.de/>
- Klinge, H., Boehme, H. J., Grisseman, H. J., Houben, G., Ludwig, R.-R., Rübel, A., Schelkes, K., Schildknecht, F. & Suckow, A. (2007): *Standortbeschreibung Gorleben Teil 1: Die Hydrogeologie des Deckgebirges des Salzstocks Gorleben*. Geologisches Jahrbuch, Reihe C, Stuttgart: Schweizerbart. ISBN 9783510959624
- Klinge, H., Köthe, A., Ludwig, R. R. & Zirner, R. (2002): *Geologie und Hydrogeologie des Deckgebirges über dem Salzstock Gorleben*. Zeitschrift für angewandte Geologie, Bd. 48, S. 7-15
- Klinge, H., Margane, A., Mrugalla, S., Schelkes, K. & Söfner, B. (2001): *Projekt Gorleben - Hydrogeologie des Untersuchungsgebietes Dömitz-Lenzen: Ergebnisbericht*. Hannover: BGR
- Köthe, A., Hoffmann, N., Krull, P., Zirngast, M. & Zirner, R. (2007): *Standortbeschreibung Gorleben Teil 2: Die Geologie des Deck- und Nebengebirges des Salzstocks Gorleben*. Geologisches Jahrbuch, Reihe C, Stuttgart: Schweizerbart. ISBN 9783510959631
- Kukla, P., Pechinig, R. & Urai, J. (2011): *Sichtung und Bewertung der Standortdaten Gorleben. Bericht zum Arbeitspaket 2, Vorläufige Sicherheitsanalyse für den Standort Gorleben, FuE-Vorhaben UM10A03200*. GRS-276. GRS. Gorleben. ISBN 978-3-939355-52-6
- Meschede, M. (2018): *Geologie Deutschlands: Ein prozessorientierter Ansatz*. 2. Aufl., Berlin: Springer Spektrum. ISBN 9783662564226
- Mönig, J. (2011): *Grundzüge des Sicherheits- und Nachweiskonzeptes: Bericht zum Arbeitspaket 4; vorläufige Sicherheitsanalyse für den Standort Gorleben*. Köln ; Garching bei München [u.a.]: GRS. ISBN 9783939355472
- Mrugalla, S. (2011): *Geowissenschaftliche Langzeitprognose: Bericht zum Arbeitspaket 2; vorläufige Sicherheitsanalyse für den Standort Gorleben*. Köln ; Garching bei München [u.a.]: GRS. ISBN 9783939355519

- Mrugalla, S. (2014): *Geowissenschaftliche Langzeitprognose für Norddeutschland - ohne Endlagereinfluss (AnSichT)*. Ergebnisbericht. Hannover: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
- Muller, H. (1992): *Climate Changes During and at the end of the Interglacials of the Cromerian Complex*. In, Berlin, Heidelberg. Springer Berlin Heidelberg. Start of a Glacial. ISBN 978-3-642-76954-2
- Müller, H. (1986): *Altquartäre Sedimente im Deckgebirge des Salzstockes Gorleben*. Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft, Bd. 137, S. 85-95
- Rübel, A. P. (2000): *Stofftransport in undurchlässigen Gesteinsschichten : Isotopenuntersuchungen im Grund- und Porenwasser*. Dissertation, Heidelberg, Osnabrück. ISBN 3934366376
- Schilling, M., Simon, A., Jahnke, C. & Höding, T. (2018): *Brandenburg 3D – Das geologische 3D Modell Brandenburgs im Internet veröffentlicht*. Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge, Bd. 25, S. 39-46
- Stackebrandt, W. & Franke, D. (2015): *Geologie von Brandenburg*. Stuttgart: Schweizerbart. ISBN 9783510652952
- StandAG: Standortauswahlgesetz vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074), das zuletzt durch Artikel 247 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist
- StandAG 2013: Standortauswahlgesetz vom 23. Juli 2013 (BGBl. I S. 2553), außer Kraft getreten zum 16.05.2017 (BGBl. I S. 1105) und ersetzt durch das Standortauswahlgesetz vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074)
- Stark, L. (2014): *Geowissenschaftliche Langzeitprognose für Süddeutschland - ohne Endlagereinfluss (AnSichT)*. Ergebnisbericht. Hannover: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)
- Suckow, A. (1993): *Isotopenhydrologische und Edelgaspaläotemperatur-Untersuchungen im Deckgebirge über dem Salzstock Gorleben*. Dissertation, Heidelberg, Heidelberg,
- Thomauske, B. & Charlier, F. (2013): *Forschungs- und Entwicklungsbedarf auf Basis der Erkenntnisse aus der VSG sowie Empfehlungen*. Bericht zum Arbeitspaket 14, vorläufige Sicherheitsanalyse für den Standort Gorleben. Bericht GRS 304. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS). Köln
- UVPG: Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung in der Fassung der Bekanntmachung vom 24. Februar 2010 (BGBl. I S. 94), das zuletzt durch Artikel 117 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist.
- Wieczorek, K., Behlau, J., Heemann, U., Masik, S., Raab, M., Mueller, C. & Simo, E. K. (2014): *VIRTUS Virtuelles Untertagelabor im Steinsalz*. GRS-354. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), DBE Technology GmbH, Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung. ISBN 9783944161341
- Wolf, J. (2012): *FEP-Katalog für die VSG*. Konzept und Aufbau ; Berichte zum Arbeitspaket 7. Bericht GRS 282/283. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS). Köln, Garching b. München, Berlin, Braunschweig
- Wolf, J., Behlau, J., Beuth, T., Bracke, G., Bube, C., Buhmann, D., Dresbach, C., Hammer, J., Keller, S., Kienzler, B., Klinge, H., Krone, J., Lommerzheim, A., Metz, V., Mönig, J., Mrugalla, S., Popp, T., Rübel, A. & Weber, J. R. (2012): *FEP-Katalog für die VSG Dokumentation*. Vorläufige Sicherheitsanalyse für den

Standort Gorleben. GRS-283. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), DBE Technology GmbH, Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) gGmbH, Institut für Gebirgsmechanik (IfG), Karlsruher Institut für Technologie. Köln, Garching b. München, Berlin, Braunschweig

Zirngast, M. (1991): *Die Entwicklungsgeschichte des Salzstocks Gorleben: Ergebnis einer strukturgeologischen Bearbeitung*. Stuttgart: Schweizerbart

Zirngast, M. (1996): *The development of the Gorleben salt dome (northwest Germany) based on quantitative analysis of peripheral sinks*. Geological Society, London, Special Publications, Bd. 100, S. 203-226. DOI: 10.1144/gsl.Sp.1996.100.01.13

Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
Eschenstraße 55
31224 Peine
T +49 05171 43-0
poststelle@bge.de
www.bge.de