Fachkonferenz Teilgebiete

Datum: 07.02.2021
Dok.-Nr.: FKT_Bt1_016

Arbeitsgruppen am Samstag, 06. Februar 2021

Arbeitsgruppe B2

Steinsalz – Mindestanforderungen im Gesetz und in der Anwendung

Nr.	Inhalt	Seite
1	Vortrag Dr. Dorothea Reyer, Julia Rienäcker-Burschil (BGE mbH)	2
2	Vortrag Dr. Saleem Chaudry, Julia Neles (Öko-Institut)	23
3	Dokumentation der Arbeitsgruppe für das Plenum der Fachkonferenz Teilgebiete am Sonntag, 07.02.2021	36

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Arbeitsgruppe B2 – Steinsalz Mindestanforderungen im Gesetz und in der Anwendung

1. Beratungstermin Fachkonferenz Teilgebiete

Julia Rienäcker-Burschil, Dr. Dorothea Reyer

06. Februar 2021, Online-Veranstaltung

GZ: SG01101/19-3/2-2021#8 | Objekt-ID: 856988

Arbeitsgruppe B2 – Steinsalz Mindestanforderungen

BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

01 Mindestanforderungen im Gesetz

02 Steinsalz – Allgemein

03 Mindestanforderungen in der Anwendung

Steinsalz

Mindestanforderungen im Gesetz

01

GZ: SG01101/19-3/2-2021#8 | Objekt-ID: 856988

Der Weg zum Standort mit der bestmöglichen Sicherheit?

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Zwischenbericht Teilgebiete 28.09.2020

Entscheidung zu übertägiger Erkundung (§ 15 StandAG)

Entscheidung zu untertägiger Erkundung (§ 17 StandAG)

Standortentscheidung 2031

Phase I

Phase II

Phase III

Schritt 1:
Ermittlung von Teilgebieten
(§ 13 StandAG[1])

Schritt 2:
Ermittlung von Standortregionen für übertägige Erkundung
(§ 14 StandAG)

Übertägige Erkundung und Vorschlag für untertägige Erkundung
(§ 16 StandAG)

Untertägige Erkundung
(§ 18 StandAG)
Abschließender Standortvergleich und Standortvorschlag
(§ 19 StandAG)

1.1 Anwendung der Ausschlusskriterien
1.2 Anwendung der Mindestanforderungen
1.3 Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien

Vorläufige Sicherheitsuntersuchungen
Planungswissenschaftliche Abwägungskriterien

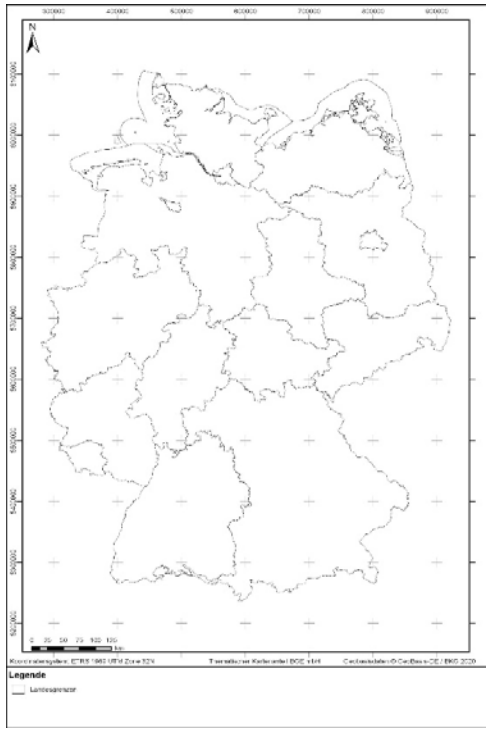
[1] Standortauswahlgesetz vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 7. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2760) geändert worden ist.

GZ: SG01101/19-3/2-2021#8 | Objekt-ID: 856988

Überblick Mindestanforderungen Steinsalz

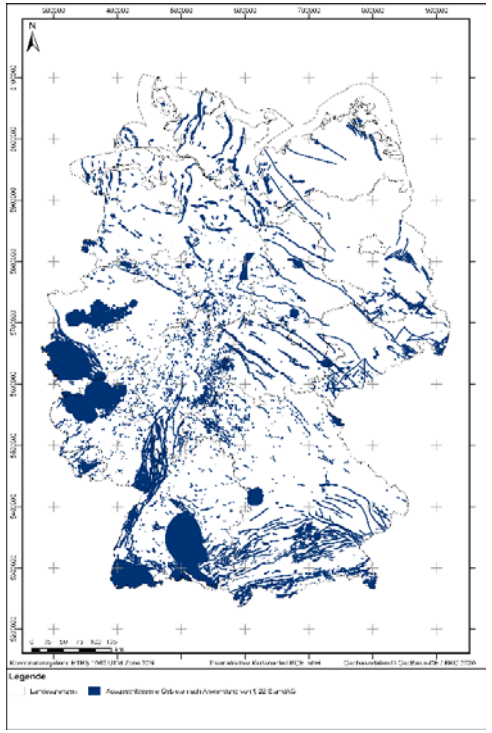
BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Weiße Landkarte → Anwendung Ausschlusskriterien → Anwendung Mindestanforderungen → Geowissenschaftliche Abwägung



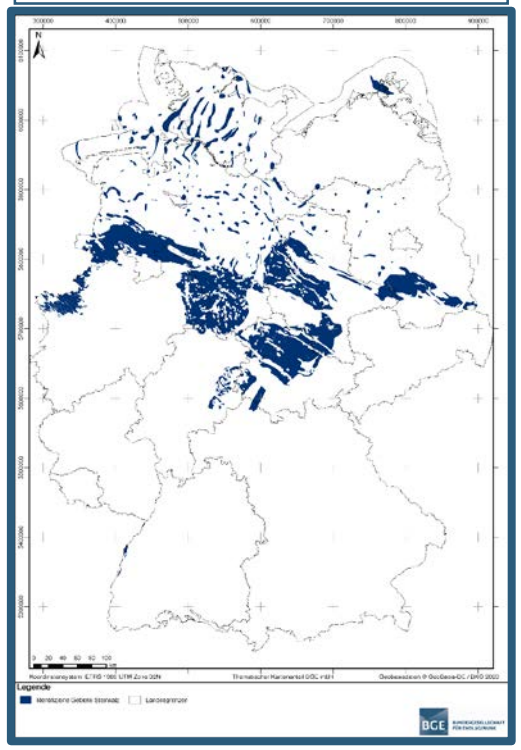
Quelle: BGE

Ausgeschlossene Gebiete



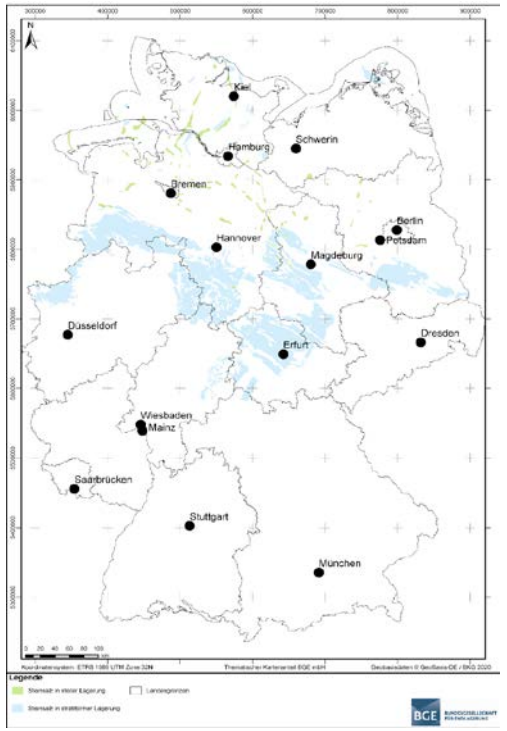
Quelle: BGE

Identifizierte Gebiete Steinsalz



Quelle: BGE

Teilgebiete im Steinsalz

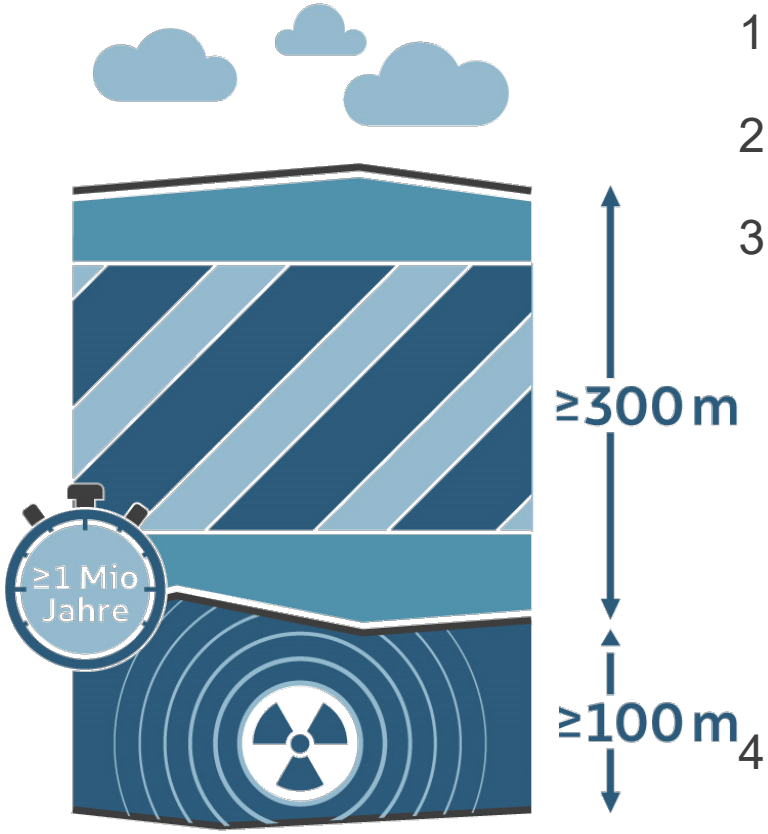


Quelle: BGE

GZ: SG01101/19-3/2-2021#8 | Objekt-ID: 856988

Mindestanforderungen nach § 23 StandAG

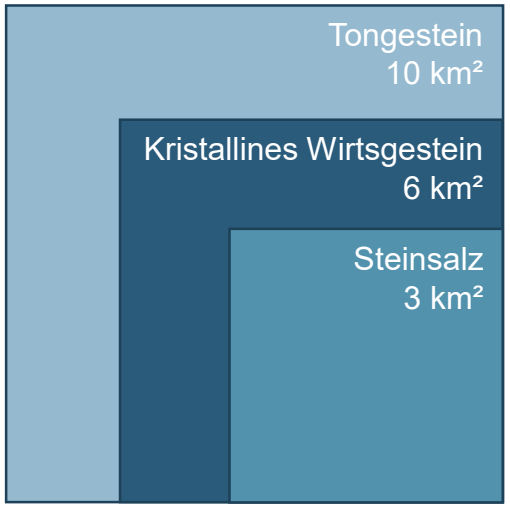
BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG



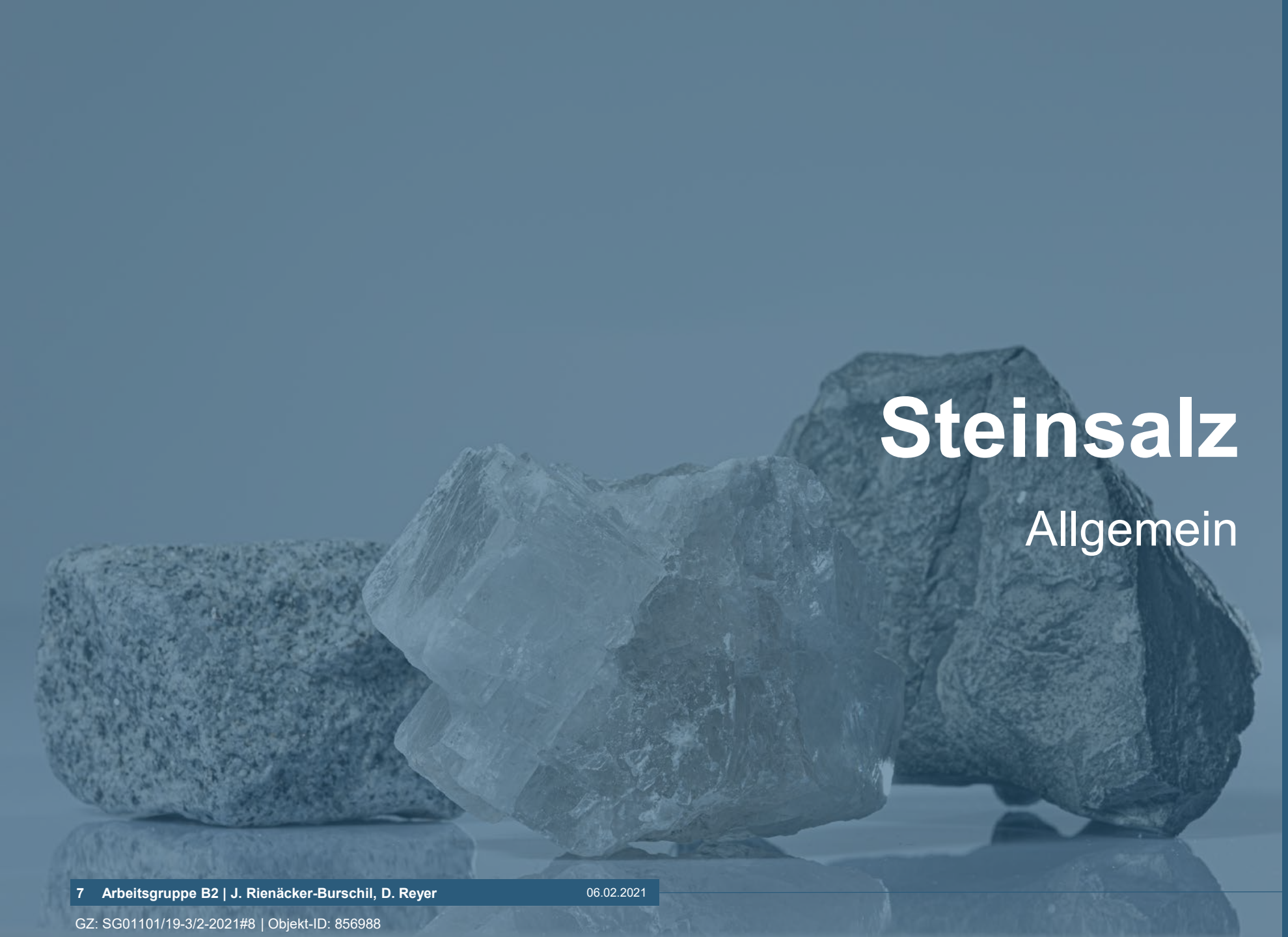
Quelle: BGE

1. Geringe Gebirgsdurchlässigkeit von 10^{-10} m/s
2. Mächtigkeit mindestens 100 Meter
3. Oberfläche des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs muss mindestens 300 Meter unter der Geländeoberfläche 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[…]“ (§ 23 Abs. 5 Nr. 3 StandAG)
4. Geeignete Ausdehnung in Fläche
5. Erhalt der Barrierewirkung für 1 Million Jahre



Quelle: Eigene Darstellung, Werte nach BT-Drs. 18/11398



Steinsalz

Allgemein

02

Steinsalz allgemein – endlagerrelevante Eigenschaften

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Allgemein

- Gesteinsbildender Hauptbestandteil ist das Mineral Halit
- Steinsalz tritt in stratiformer Lagerung auf, durch Prozesse der Salztektonik entstehen Salzstrukturen in steiler Lagerung (Salzstöcke, Salzmauern)

Vorteile

- Sehr geringe Durchlässigkeit
- Verhält sich unter Druck plastisch
- Hohe Wärmeleitfähigkeit
- Herstellung großer Hohlräume ohne speziellen Ausbau möglich, etc.

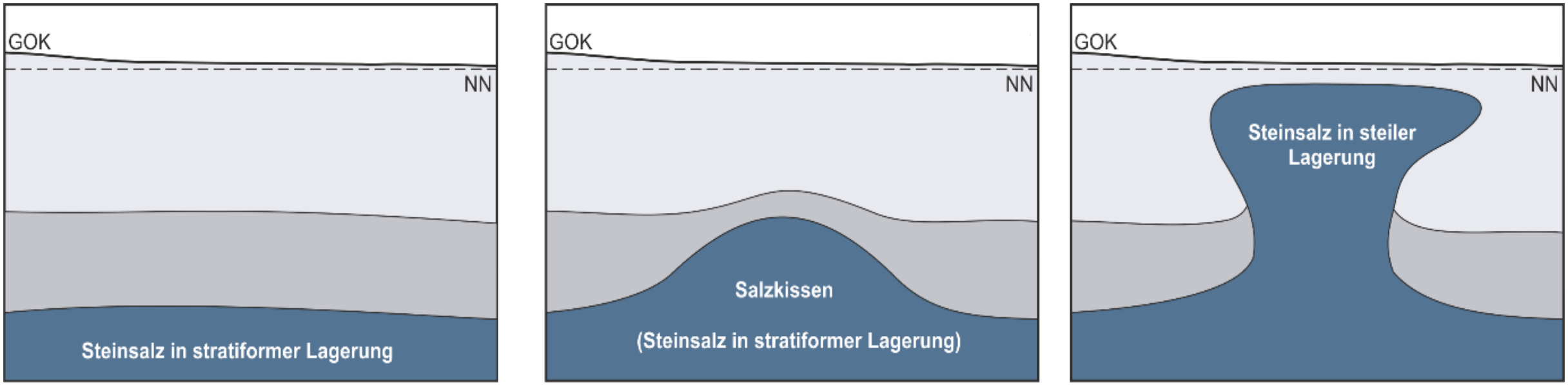
Nachteile

- Wasserlöslichkeit, etc.

Quelle: BGE

GZ: SG01101/19-3/2-2021#8 | Objekt-ID: 856988

Steinsalz allgemein – Ausprägung



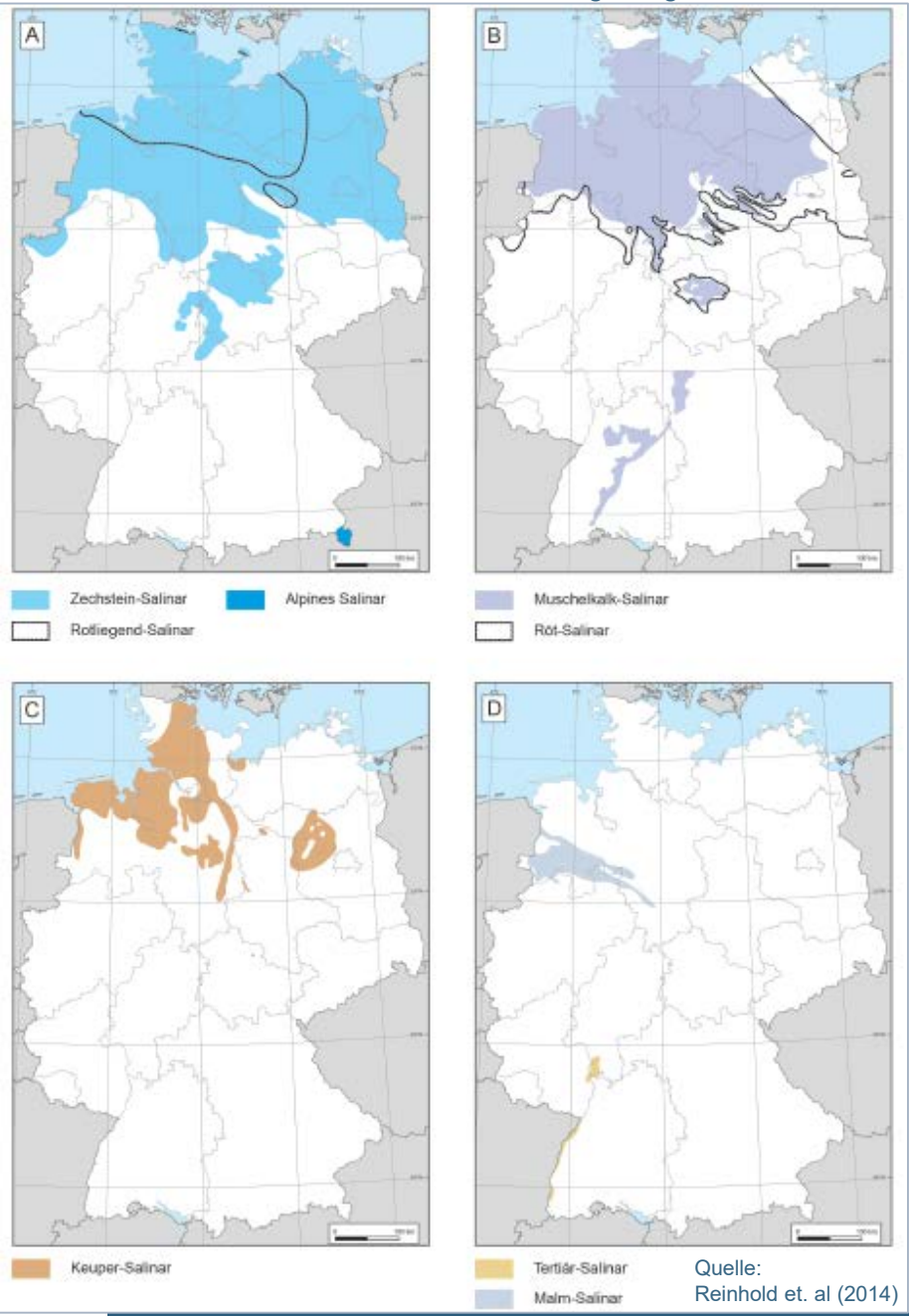
Quelle: Eigene Darstellung

GZ: SG01101/19-3/2-2021#8 | Objekt-ID: 856988

Steinsalz allgemein – Vorkommen

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

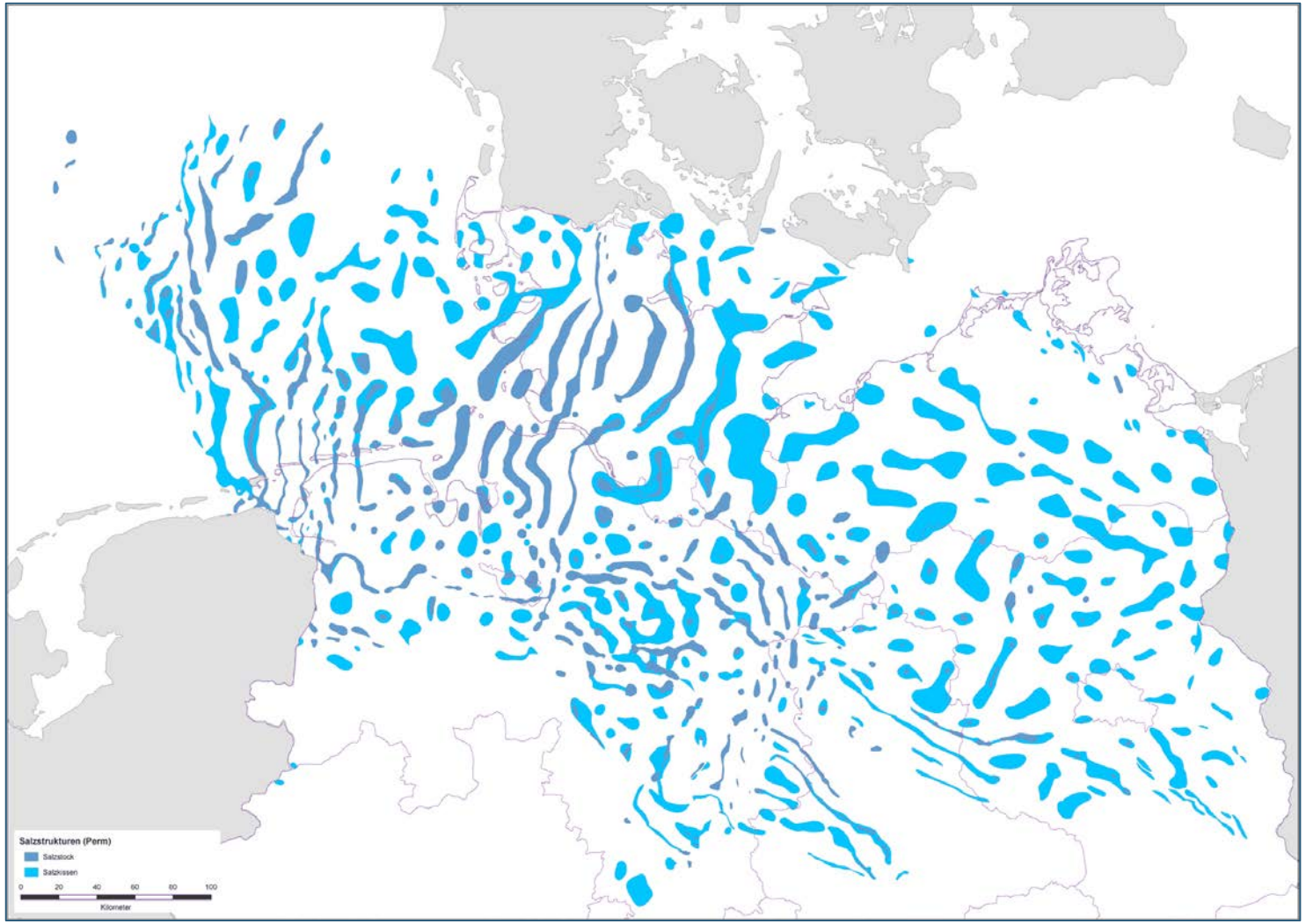
Steinsalz stratiforme Lagerung



Quelle: Reinhold et. al (2014)

Steinsalz steile Lagerung

Quelle: BGR (2021)



Steinsalz

Mindestanforderungen in der Anwendung

03

Anwendungsprinzipien Anwendung Mindestanforderungen Steinsalz

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

- Untere Begrenzung des Suchraums bei 1500 m unter Geländeoberkante
- Keine Berücksichtigung des Hutgesteins bei der Ermittlung der Salzschwebe
- Anwendung der Mindestanforderungen auf stratigraphische Einheiten, die endlagerrelevante Gesteinsabfolgen enthalten
- Gleichsetzung der Salinare (Zechstein, Rotliegend) mit Steinsalz
- Liegen Daten zur Bewertung erst zu einem späteren Zeitpunkt des Verfahrens vor, so gilt die Mindestanforderung als erfüllt, soweit dies aufgrund der vorhandenen Datenlage zu erwarten ist (§ 23 Abs. 3 StandAG)

EINGRENZUNG DURCH SCHRITTWEISE ERHÖHUNG DES DETAILLIERUNGSGRADES

GZ: SG01101/19-3/2-2021#8 | Objekt-ID: 856988

Bearbeitungskonzept Steinsalz - Schema

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Inventarisierung
potentiell endlager-relevanter Gesteinsabfolgen

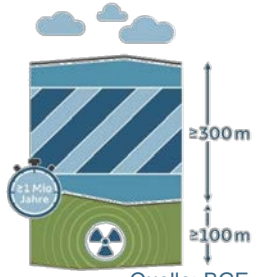
Bearbeitung
der Mindestanforderungen mit Hilfe von geologischen 3D-Modellen, geowissenschaftlichen Karten und Bohrungsinformationen

Ausweisung
identifizierter Gebiete

Quelle: Eigene Darstellung

GZ: SG01101/19-3/2-2021#8 | Objekt-ID: 856988

Inventarisierung



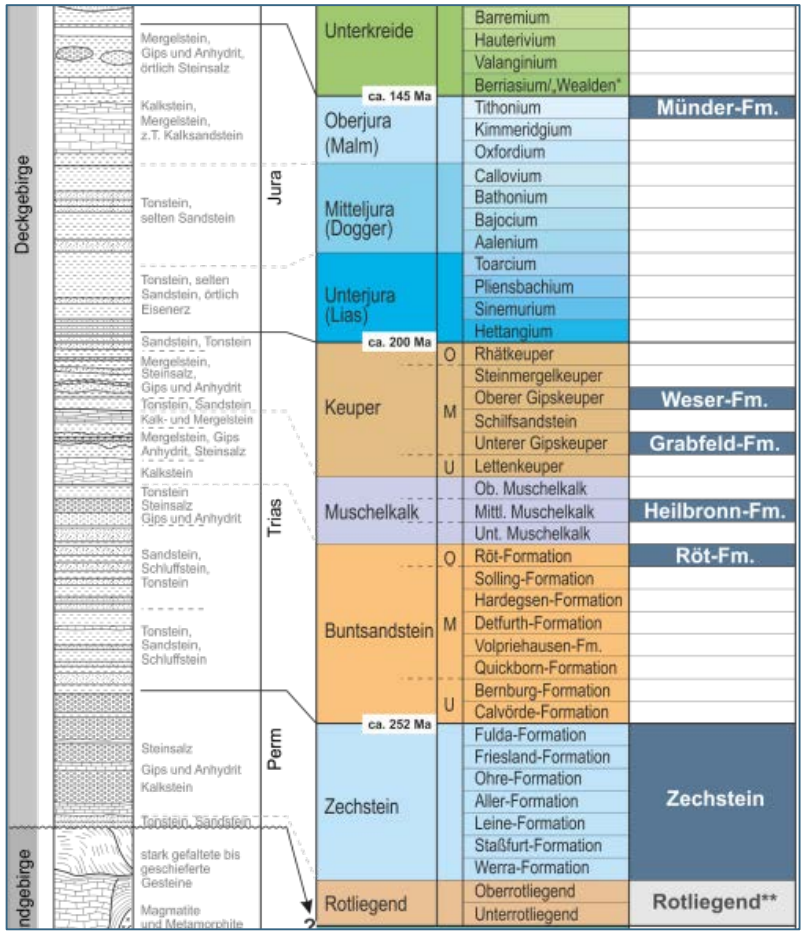
Quelle: BGE

Gebirgsdurchlässigkeit & Mächtigkeit

§ 23 Abs. 5 Nr. 1, 2 StandAG

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

- Datenrecherche (Literatur & Stratigraphische Tabelle Deutschland)
- Bewertung Endlagerrelevanz Gesteinsabfolge
  - ✓ Lithologien, die die Erfüllung der MA Gebirgsdurchlässigkeit (ewG) erwarten lassen
  - ✓ Mächtigkeit
- Identifizierung potentiell endlagerrelevante Gesteinsabfolge als stratigraphische Einheit oder Teil dieser Einheit



Heunisch et al. 2017

Endlagerrelevante Gesteinsabfolgen

Steinsalz in steiler Lagerung:

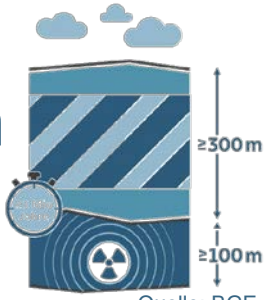
- Perm: Rotliegend, Zechstein

Steinsalz in stratiformer Lagerung:

- Zechstein: Werra-, Staßfurt-, Leine- und Aller-Formation
- Oberer Buntsandstein: Röt-Formation
- Mittlerer Muschelkalk: Heilbronn-Formation
- Mittlerer Keuper: Grabfeld- und Weser-Formation
- Oberjura/Malm: Münder-Formation
- Tertiär: Wittelsheim-Formation

GZ: SG01101/19-3/2-2021#8 | Objekt-ID: 856988

Anwendung der Mindestanforderungen



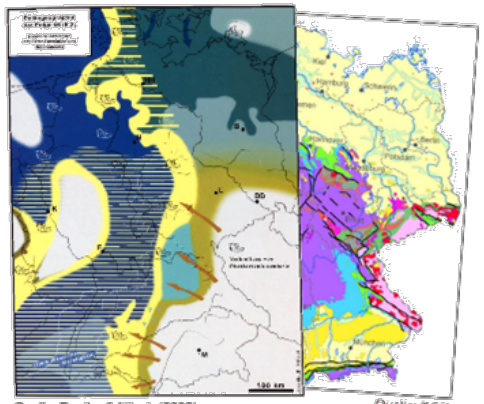
Quelle: BGE

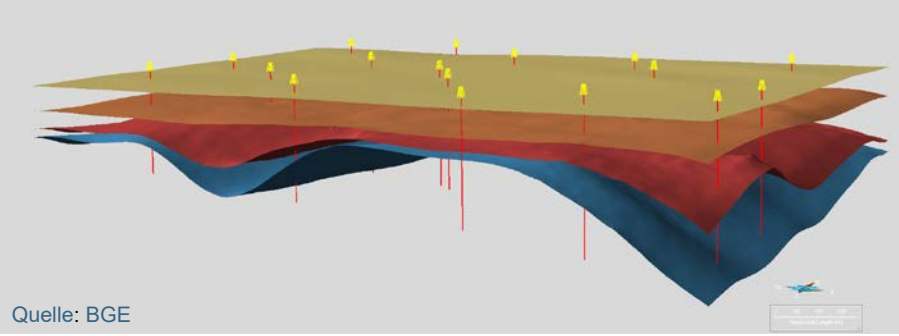
Mächtigkeit,
Tiefenlage & Fläche

§ 23 Abs. 5 Nr.
2 - 4 StandAG

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

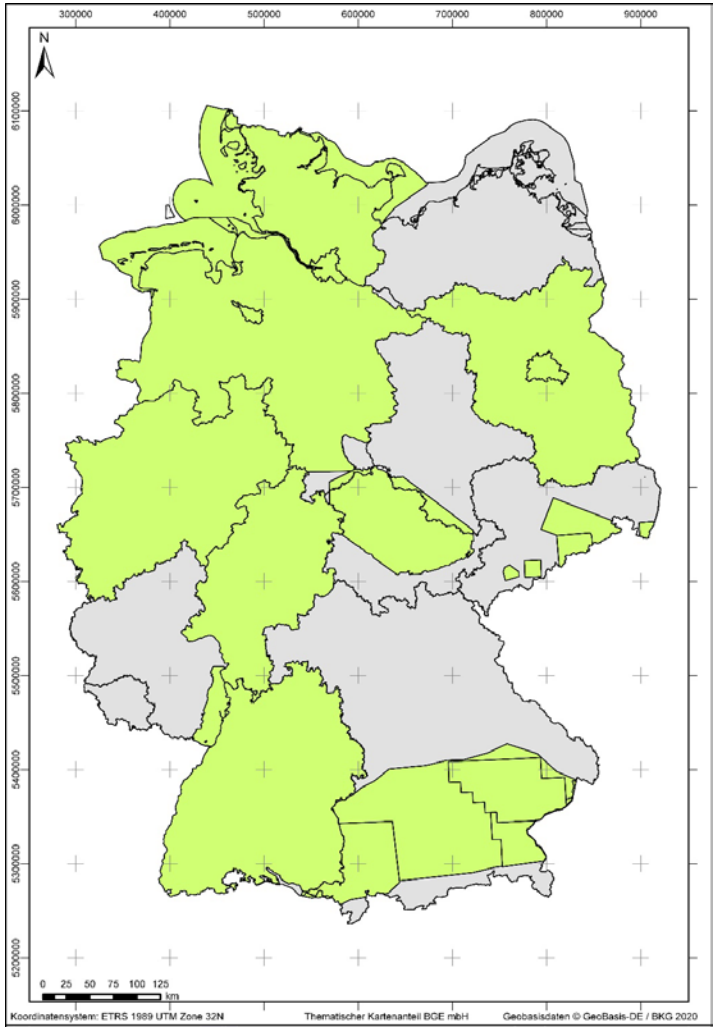
- Prüfung der Erfüllung der Mindestanforderungen Mächtigkeit, Tiefenlage und Flächenbedarf über verschiedene Bearbeitungswege in Abhängigkeit von der Datenlage:
  - A: Bearbeitung im geologischen 3D-Modell + ggf. Verfeinerung mit thematischen Karten und Bohrungsinformationen
  - B: Bearbeitung mit thematischen Karten (Mächtigkeitskarten, paläogeographische Karten, etc.) und Bohrungsinformationen


Quelle: Beutler & Nitsch (2005) Quelle: BGR


Quelle: BGE

Erstellt mit: Emerson - Paradigm, whose SKUA-GOCAD software was used for research under the non-profit organisations licence agreement, supported this study

Quelle: BGE

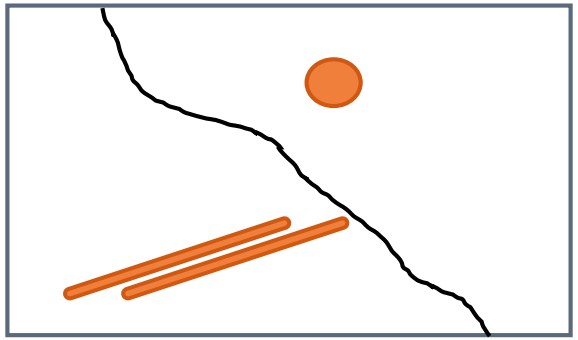


Bearbeitungsweg A B

Ausweisung identifizierter Gebiete

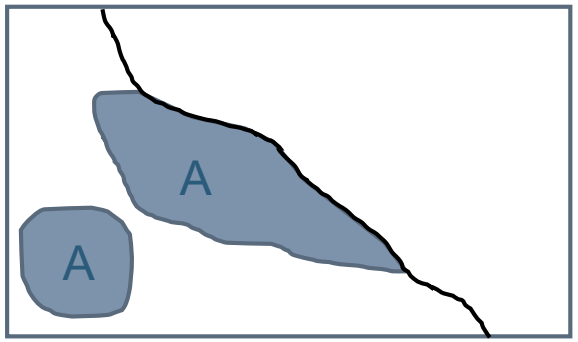
BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Ausgeschlossene Gebiete



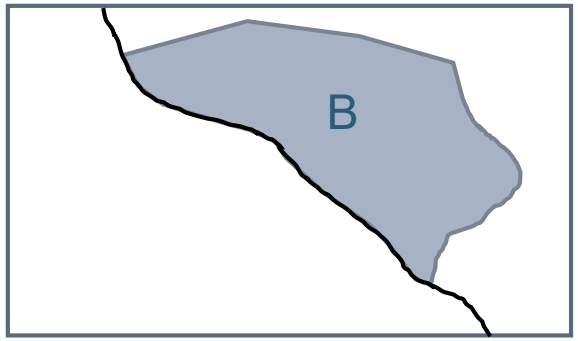
+

Ergebnis Bearbeitung Bundesland A

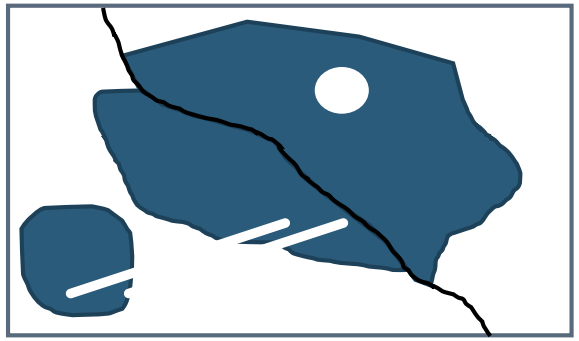


+

Ergebnis Bearbeitung Bundesland B



=



Erneute Prüfung des Flächenbedarfs und der Barriereintegrität gemäß § 23 Abs. 5 Nr. 4, 5 StandAG

identifizierte Gebiete

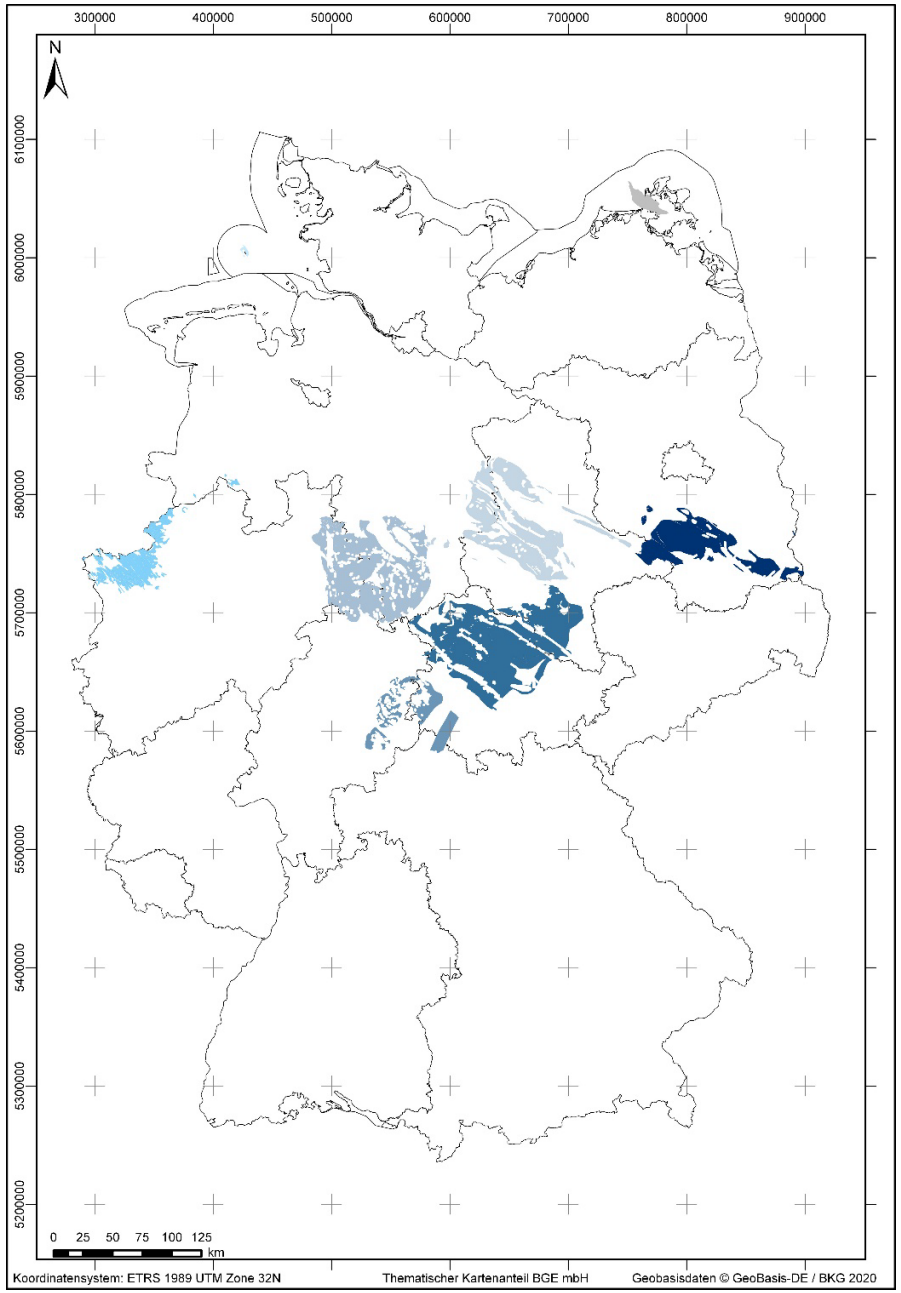
Quelle: Eigene Darstellung

GZ: SG01101/19-3/2-2021#8 | Objekt-ID: 856988

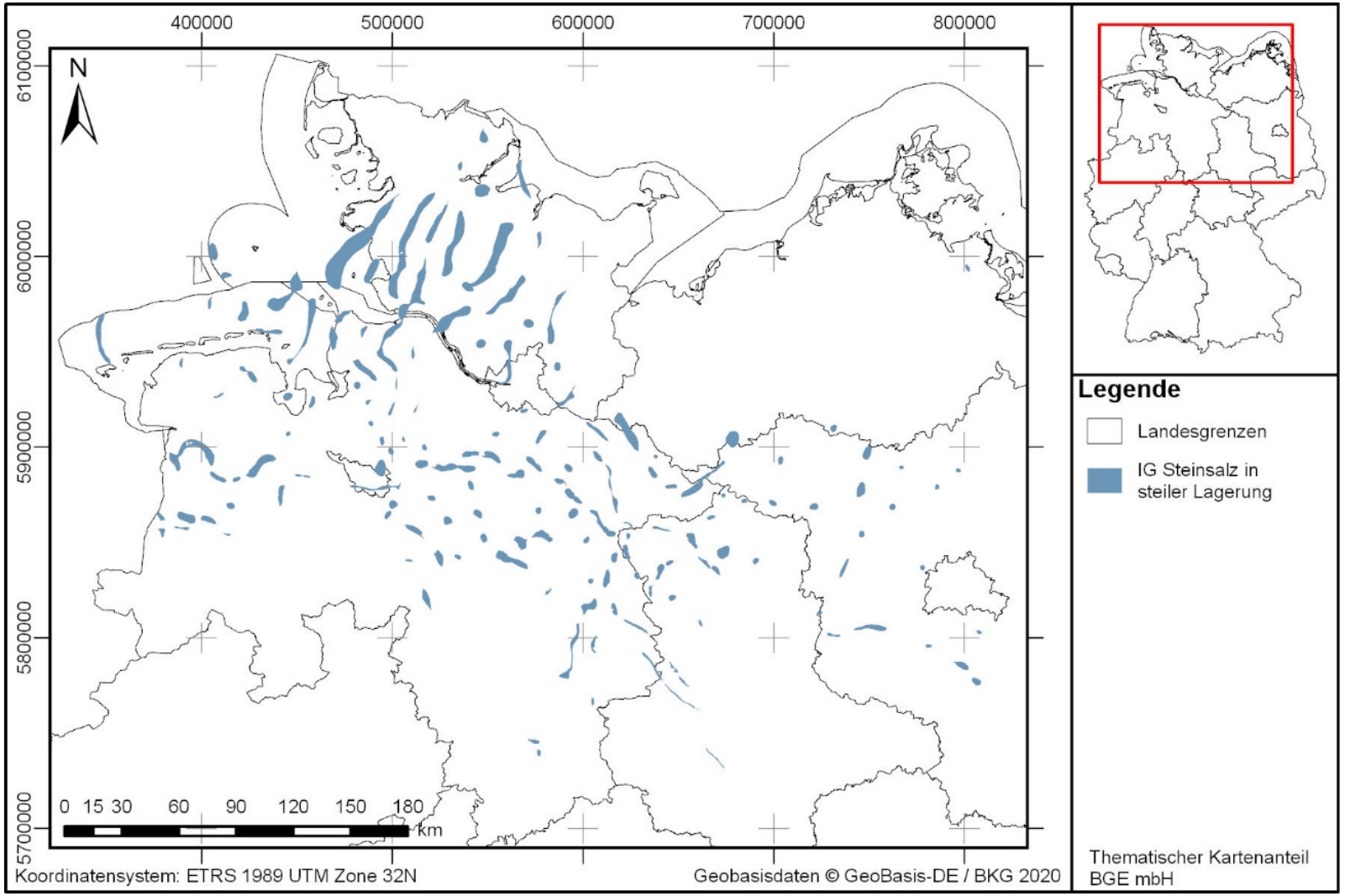
Identifizierte Gebiete Steinsalz

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Steinsalz stratiforme Lagerung



Steinsalz steile Lagerung



GZ: SG01101/19-3/2-2021#8 | Objekt-ID: 856988

Teilgebiete im Wirtsgestein Steinsalz

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

Wirtsgestein	Anzahl identifizierte Gebiete	Anzahl Teilgebiete	Fläche Teilgebiete (km²)
Steinsalz, davon			
– stratiforme Lagerung	23	14	28 415
– steile Lagerung	139	60	2 034
Steinsalz gesamt	**162**	**74**	**30 450**

GZ: SG01101/19-3/2-2021#8 | Objekt-ID: 856988

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!
Sie wollen noch einmal nachlesen?

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

- **Die interaktive Einführung** zur Erstellung des Zwischenberichts und zu allen Kriterien und Anforderungen finden Sie hier: https://www.bge.de/de/endlagersuche/zwischenbericht-teilgebiete/storymap-vollbild/
- **Ihre Fragen und unsere Antworten** finden Sie hier: https://www.bge.de/de/endlagersuche/fragen-und-antworten/
- Den **Zwischenbericht Teilgebiete** mit allen Unterlagen und Anlagen finden Sie hier: https://www.bge.de/de/endlagersuche/wesentliche-unterlagen/zwischenbericht-teilgebiete/
- Eine **eigene Seite zu jedem Teilgebiet** finden Sie hier: https://www.bge.de/de/endlagersuche/zwischenbericht-teilgebiete/liste-aller-teilgebiete/
- Eine **interaktive Karte** mit allen Teilgebieten und identifizierten Gebieten sowie den ausgeschlossenen Gebieten finden Sie hier: https://www.bge.de/de/endlagersuche/zwischenbericht-teilgebiete/

Kontakt: dialog@bge.de

www.bge.de

www.einblicke.de

@die_BGE

GZ: SG01101/19-3/2-2021#8 | Objekt-ID: 856988

Literaturverzeichnis

BGE BUNDESGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG

- Beutler, G. & Nitsch, E. (2005): *Paläogeographischer Überblick*. In: G. Beutler, N. Hauschke, E. Nitsch & U. Vath (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland IV - Keuper. S. 15-30, Frankfurt am Main: Deutsche Stratigraphische Kommission / Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg ISBN 978-3-510-61376-2
- BGR (2019): Geologische Übersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:250.000 (GÜK250). 1:250.000. 2. Aufl. Hannover: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR).
- BGR (2021): https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Endlagerung/Bilder/Salzstruk_NDtl_p.html?view=render[NeuesFenster].
- 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.
- Heunisch, C. & Caspers, G. & Elbracht, J. & Langer, A. & Röhling, H.-G. & Schwarz, C. & Streif, H. (2017). Erdgeschichte von Niedersachsen. Geologie und Landschaftsentwicklung. 1864-7529. 6. 3-84.
- Reinhold, K., Hammer, J., Pusch, M. (2014): Verbreitung, Zusammensetzung und geologische Lagerungsverhältnisse flach lagernder Steinsalzfolgen in Deutschland. Zwischenbericht. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; 98 Seiten; Hannover.

BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Bereich Standortauswahl

Eschenstraße 55, 31224 Peine

www.bge.de
www.einblicke.de

@die_BGE

www.oeko.de

Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

B2: Mindestanforderungen im Gesetz und in der Anwendung - Salz

Fachkonferenz Teilgebiete – erster Beratungstermin

5. bis 7. Februar 2021

Saleem Chaudry, Julia Neles

Zur Einordnung

- Das Öko-Institut war an der Erstellung des Zwischenberichts Teilgebiete nicht beteiligt
- Das Öko-Institut berät aktuell und in der Vergangenheit Bürgerinitiativen und Gebietskörperschaften zum Zwischenbericht Teilgebiete

In diesem Vortrag

- Umsetzung bzw. Anwendung der Mindestanforderungen, wie sie sich nach Lektüre der Berichte darstellen

→ Nachvollziehbarkeit, Transparenz, offene Punkte

Rahmenbedingungen der Anwendung

- Alle Mindestanforderungen beziehen sich auf einen einschlusswirksamen Gebirgsbereich (ewG)
- Alle Mindestanforderungen müssen erfüllt sein, damit ein Gebiet im Verfahren verbleibt (Identifiziertes Gebiet - IG)
- Kann eine Mindestanforderung aufgrund unzureichender Datenlage nicht bewertet werden, gilt sie bis zur Erhebung dieser Daten als erfüllt (§ 23 Abs. 3 StandAG)

Mindestanforderungen und Umsetzung für Steinsalz

	Anforderung gem. § 23 StandAG	Umsetzung Zwischenbericht	
Wirtsgesteinstyp	Steinsalz, Tongestein oder Kristallingestein	Steinsalz in steiler/flacher Lagerung	
Gebirgsdurchlässigkeit	$k_f \leq 10^{-10}$ m/s	$k_f = 10^{-12}$ m/s pauschal für Steinsalz	
Mächtigkeit	100 m	100 m	Wo möglich, aus 3D-Modellen abgeleitet, sonst aus weiteren Unterlagen
minimale Teufe des ewG	300 m unter GOK[1]	300 m unter GOK	
Gesamtfläche	Ausreichende Fläche zur Realisierung eines Endlagers	3 km^2	
Barriereintegrität	Keine Informationen oder Daten, die die Langzeit-Integrität des ewG zweifelhaft erscheinen lassen	Erfüllt, wenn keine Informationen vorliegen	

[1] Geländeoberkante

Wirtsgestein (§ 23 Abs. 1 StandAG)

- Im Gesetz nicht als Mindestanforderung spezifiziert, de facto Mindestanforderung Nr. 0

Bedeutungen des Begriffs „Steinsalz“:
1. ein Mineral innerhalb evaporitischer Gesteinsabfolgen[1]
2. ein Gestein, das hauptsächlich aus dem Mineral Steinsalz besteht

- Insbesondere in Salzstöcken sind, durch den Aufstieg bedingt, die unterschiedlichen Evaporit-Minerale und Gesteine häufig miteinander verschaltet
- Von Salzvorkommen mit dem Alter „Zechstein“ wird angenommen, dass darin ausreichend große Bereiche reinen Steinsalzes zur Ausweisung eines ewG vorhanden sind

[1] Evaporit: Gestein, dass durch Ausfällung aus eindampfendem (Meer-)wasser gebildet wird

Gebirgsdurchlässigkeit (§ 23 Abs. 5 Nr. 1 StandAG)

- Für Steinsalz wird grundsätzlich angenommen, dass eine hinreichend geringe Gebirgsdurchlässigkeit vorliegt
- In den IG-Steckbriefen wird ein Wert von 10^{-12} m/s angegeben

→ Keine Herleitung des Wertes im Zwischenbericht oder Fachbericht (aus Abwägungskriterium 1 abgeleitet?)

Mächtigkeit, minimale Teufe, Fläche des ewG (§ 23 Abs. 5 Nr. 2, 3 und 4 StandAG)

- Mächtigkeit, Teufe und Fläche sind die einzigen gebietsspezifischen Daten für Steinsalz im Zwischenbericht
- Diese Daten wurden 3D-Modellen entnommen
- Bei der Anwendung wird die größte Flächenausdehnung, unabhängig von der Mächtigkeit, herangezogen (wird erst in den geow. Abwägungskriterien zusammengeführt)

→ statt „minimale Teufe des ewG“ (§ 23 Abs. 5 Nr. 3 StandAG) wird in den IG-Steckbriefen „Teufenlage der Struktur“ angegeben: missverständlich

→ Sind für die BGE (und die Bürger) die Eingangsdaten der Modelle und deren Standort- oder Gebietsbezug nachvollziehbar?

Erhalt der Barrierewirkung (§ 23 Abs. 5 Nr. 5 StandAG)

- Negativkriterium: Nachweisen, dass etwas nicht existiert …
- Wurde dieses Kriterium konkret bei den geologischen Diensten abgefragt?

→ wie kann nachvollzogen werden, dass etwas tatsächlich nicht existiert?

→ Wissenschaftlichen Diskurs einbinden: Vorschlag unten

Fragen (1)

- Existieren Gebiete,
  - die kein Ausschlusskriterium erfüllen,
  - ein geeignetes Wirtsgestein aufweisen, und
  - aufgrund einer Mindestanforderung ausgeschlossen wurden?

→ Aus dem Bericht nicht zu entnehmen

- In welchem Verfahrensschritt wird die BGE die Lage möglicher ewG ausweisen, und wie wird sie dabei vorgehen?
- Wie und wann soll im weiteren Verfahren die Gebirgsdurchlässigkeit (in den Standortregionen, an den Standorten) jeweils bestimmt werden?

Fragen (2)

- Sofern Daten erst später erhoben werden können, gilt eine Mindestanforderung als erfüllt (§ 23 Abs. 3 StandAG)

→ Konkrete Umsetzung bei unterschiedlichem Datenumfang und Datenqualität: Wurden mit dem Ziel einer einheitlichen Methodik Informationen zu einzelnen Standorten gezielt nicht verwendet?

Beispiel Fachbericht, S. 65: Keine Einzelfallbetrachtung der Mächtigkeit des Hutgesteins. Lagen Informationen zur Mächtigkeit für einzelne Salinare vor?

→ Wie wird grundsätzlich mit Nichtwissen umgegangen?

Vorschläge (1)

- Die 3D-Modelle sind von zentraler Bedeutung für Nachvollziehbarkeit und Transparenz des Standortauswahlverfahrens

→ Die Modelle sollten zugänglich gemacht werden (siehe z. B. das Konzept des Community Modelling von C. Landström)

Vorschläge (2)

- Anwendung der Anforderung „Erhalt der Barrierewirkung“ in weiteren Verfahrensschritten:
  1. Mögliche Ursachen für Schädigung der Barrierewirkung zusammenstellen: Prozesse, Phänomene, …
  2. Katalog mit Informationen, die auf das Vorliegen dieser Prozesse etc. hinweisen können, erstellen
  3. Mit der Fachwelt diskutieren und optimieren
  4. Bei erneuter Anwendung gezielt abprüfen und dokumentieren

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Haben Sie noch Fragen?

Fach-
konferenz
Teilgebiete

Dokumentation Arbeitsgruppe B2:
Salz - Mindestanforderungen im Gesetz und in der Anwendung

1. Beratungstermin der Fachkonferenz Teilgebiete, 05.02. – 07.02.2021

Fach-konferenz Teilgebiete

Leitfrage: Welche Probleme werden identifiziert?

- Langzeit-Integrität schwer zu bewerten
- Gebirgsdurchlässigkeit: Herleitung des Wertes (10^{-10}) fehlt
- MA Erhalt der Barrierewirkung ist schwer nachzuweisen
- Fehlende definierte und begründete maximale Teufe in StandAG (1.500 m)
- Salzgesteine sind nicht homogen: Thema Verunreinigung oder Begleitmedien beim Steinsalz (Stichwort: Sicherheit)

Fach-konferenz Teilgebiete

Leitfrage: Wo ist Handlungsbedarf?

- Untersuchung zukünftiger Aufstiegsbewegungen von Salzstrukturen, Salzhorizonte in stratiformer Lagerung genauer untersuchen
- Störungslinie/-zonen berücksichtigen (herzynische Störungen, vertikal als auch horizontal)
- Bei Salzstöcken Bewegungen und Veränderungen im Untergrund näher berücksichtigen (Bsp. Umgebung Berlin)
- Karststrukturen: detaillierte Betrachtung der lokalen Geologie in weiterer Phase – Gegenargument: Karststrukturen müssten eig. über Ausschlusskriterium ausgeschlossen worden sein (Kriterium 2: atektonischen Störungszonen)

Fach-
konferenz
Teilgebiete

Leitfrage: Erwartungen und Forderungen an die BGE?

- Jeden Salzstock individuell prüfen (Stichwort: Scheitel- und Sockelstörung)
- Wissenschaftlichen Diskurs über einzelne Fragestellungen führen und im Austausch bleiben

Fach-konferenz Teilgebiete

Leitfrage: Offene Fragen?

- Wie wird mit Nichtwissen (nicht vorhandenen Daten) umgegangen? (BGE muss vorlegen, ob Erkenntnisse Vorliegen)
- Sind Salzstöcke wirklich ein sicheres Endlager?
- Studie von BASE zur Durchlässigkeit von Salz – Inwiefern ergibt sich daraus ein Zweifel am Wirtsgestein Salz?
- Inwiefern kann eine Schichtung von Gesteinsarten/-formen bei Salz in stratiformer Lagerung einen vertikalen Transport ggf. verhindern?