Gutachten zur Frage:

Ist die verbalargumentative Bewertung der Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (§ 24 StandAG) für das Wirtsgestein Salz in den Salzstöcken Gorleben und Waddekath plausibel und fachlich nachvollziehbar?
Gemeint ist die zusammenfassende, verbalargumentative Bewertung der Einzelbewertungen der geowissenschaftlichen Abwägungs-kriterien (§ 24 StandAG).

Auftraggeber:	Nationales Begleitgremium Geschäftsstelle Buchholzweg 8 13627 Berlin
Projektnummer	153434-07

Potsdam, 21. April 2021

[redacted]

Dr. Michael Weber

0. Inhaltsverzeichnis

0.	**Inhaltsverzeichnis**	**02**
1.	**Vorbemerkungen**	**03**
2.	**Aufgabenstellung**	**03**
3.	**Datengrundlage und Akteneinsicht**	**03**
4.	**§ 24 StandAG – Geowiss. Abwägungskriterien - Wirtsgestein Salz**	**04**
5.	**Kriterien und Indikatoren im Wirtsgestein Salz**	**05**
6.	**Betrachtung einzelner Gebiete**	**09**
	6.1 Waddekath	**09**
	6.2 Gorleben	**10**
	6.3 Vergleich der Bewertung verschiedener Salzstöcke	**10**
	Gorleben ↔ Waddekath	**12**
	Gorleben ↔ Demsin	**12**
	Gorleben ↔ Offlebener Sattel	**13**
	Demsin ↔ Nettgau	**13**
	Waddekath ↔ Nettgau	**14**
7.	**Zusammenfassung**	**15**
8.	**Handlungsempfehlungen**	**16**
9.	**Literaturverzeichnis**	**17**
Abkürzungsverzeichnis + Erläuterungen		**18**

1. Vorbemerkungen

Die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) hat nach § 13 Absatz 1 StandAG (StandAG_2020) unter Anwendung der in § 24 StandAG festgelegten geowissenschaftlichen Anforderungen und Kriterien Teilgebiete zu ermitteln, die günstige geologische Voraussetzungen für die sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle erwarten lassen. Das Ergebnis ist von der BGE gemäß § 13 Absatz 2 Satz 3 StandAG in einem Zwischenbericht (ZB) am 28.9.2020 (BGE_2020) veröffentlicht worden. Der ZB inklusive seiner Anlagen (BGE_2020a, BGE_2020b, BGE_2020ag, BGE_2020ah, BGE_2020k) bildet die Grundlage dieses Gutachtens.

Laut § 24 StandAG (Geowissenschaftliche Abwägungskriterien) wird anhand geowissenschaftlicher Abwägungskriterien 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 in den Absätzen 3 bis 5 des § 24 StandAG aufgeführten elf Kriterien dienen hierbei als Bewertungsmaßstab. Diese elf Abwägungskriterien sind als Anlagen 1 bis 11 zu § 24 StandAG aufgeführt. Details hierzu in Kapitel 4 (S.4ff) dieses Gutachtens.

2. Aufgabenstellung

Am 9. März 2021 wurde ich von der BGE beauftragt (AZ 07 124/0003#0130) zu bewerten, ob **„die verbalargumentative Bewertung der Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (§ 24 StandAG) für das Wirtsgestein Salz in den Salzstöcken Gorleben und Waddekath plausibel und fachlich nachvollziehbar ist. Gemeint ist die zusammenfassende, verbalargumentative Bewertung[1] der Einzelbewertungen der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (§ 24 StandAG).“**

3. Datengrundlage und Akteneinsicht

Für die Bewertung und Nutzung der Abwägungskriterien wurden folgende Unterlagen der BGE genutzt: BGE_2020, BGE_2020a, BGE_2020b, BGE_2020ag, BGE_2020ah, BGE_2020d, BGE_2020k, BGE_2020ma, BGE_2020v, BGE_2021. Die Datengrundlage für die Betrachtung der verbalargumentativen Bewertung der Salzstöcke findet sich in:

Gorleben	020_00IG_S_s_z	(**nicht günstig**)	BGE_2020ah, S. 143-155
Waddekath	062_00TG_146_00IG_S_s_z	**(günstig)**	BGE_2020ag, S. 824-837 & BGE_2021, S. 224-226

Die farbliche Kodierung (**schwarz - nicht günstig**, **grün - günstig**) folgt der Farbkodierung der BGE, z.B. in BGE_2020ag und BGE_2020ah.

[1] *Siehe S. 18 zur Erläuterung des Begriffs „verbalargumentative Bewertung“*

Weiterhin wurden folgende z.T. zufällig ausgewählte Salzstöcke zum Vergleich betrachtet, welche sowohl „nicht günstig“ als auch „günstig“ bewertete Gebiete umfassen, um stichprobenartig zu überprüfen ob dieselbe Vorgehensweise angewendet wurde:

Demsin	021_00IG_S_s_z	(**nicht günstig**)	BGE_2020ah, S. 156-169
Nettgau	061_00TG_145_00IG_S_s_z	**(günstig)**	BGE_2020ag, S. 811-823 & BGE_2021, S. 221-223
Offlebener Sattel	073_00TG_183_00IG_S_s_z	**(günstig)**	BGE_2020ag, S. 972-984 & BGE_2021, S. 257-259

Einsicht in die Unterlagen und Diskussion mit der BGE erfolgte für die fünf genannten Salzstöcke via Skype-Konferenz bei der BGE am 31.3. und am 16.4.2021.

Die Ergebnisse der Akteneinsicht und Diskussionen mit der BGE sowie die Analyse der im ZB und seinen Anlagen präsentierten Einschätzungen sind im Folgenden zusammengefasst.

4. § 24 StandAG – Geowissenschaftliche Abwägungskriterien - Wirtsgestein Salz

Für die Mehrzahl der geowissenschaftlichen Anwendungskriterien (8 von 11) basiert die Einschätzung durch die BGE auf wirtsgesteinsspezifischen Referenzdatensätzen (RDS), d.h. auf standort-un-spezifischen Daten. Diese Referenzdaten decken dabei den oberen Bereich der physikalisch möglichen Bandbreite des Wirtsgesteins ab, d.h. es werden sehr günstige Eigenschaften für das Wirtsgestein angenommen. Für drei der geowissenschaftlichen Anwendungskriterien (in Wirtsgestein Salz) wurden **gebietsspezifische Daten** (**GSD**) genutzt (Kriterien 2, 3, 11). Den **gebietsspezifischen Daten** kommt in der jetzigen Phase des Standortauswahlgesetzes eine besondere Bedeutung bei der Gesamtbewertung zu. Die elf Kriterien lassen sich in drei Gruppen zusammenfassen:

Qualität des Einschlusses
Kriterium 1: Transport radioaktiver Stoffe durch Grundwasserbewegungen im ewG***** (RDS)
Kriterium 2: Konfiguration der Gesteinskörper (GSD)
Kriterium 3: Räumliche Charakterisierbarkeit (GSD)
Kriterium 4: Langfristige Stabilität der günstigen Verhältnisse (RDS)

Absicherung des Isolationsvermögens
Kriterium 5: Günstige gebirgsmechanische Eigenschaften (RDS)
Kriterium 6: Neigung zur Bildung von Fluidwegsamkeiten (RDS)

Weitere sicherheitsrelevante Eigenschaften
Kriterium 7: Gasbildung (RDS)
Kriterium 8: Temperaturverträglichkeit (RDS)
Kriterium 9: Rückhaltevermögen im ewG (RDS)
Kriterium 10: Hydrochemische Verhältnisse (RDS)
Kriterium 11: Schutz des ewG durch das Deckgebirge (GSD)

*ewG = einschlusswirksamer Gebirgsbereich

Diese elf Kriterien sind für das Wirtsgestein Salz mit insgesamt 40 Indikatoren unterlegt. Die 40 Indikatoren, die 11 Kriterien, sowie die (Gesamt)-Bewertung können folgende Bewertungen erhalten:

Indikatoren: **g / bg / ug / wg / ng / kRD**
Kriterien: **g / bg / ug / wg / ng**
Bewertung: **g / ng**

g - günstig / bg - bedingt günstig / ug - ungünstig / wg - weniger günstig / ng - nicht günstig / kRD – keine Referenzdaten.

Zur Anwendung dieser Kriterien hat die BGE einen normierten, softwaregestützten Bewertungsvorgang (Bewertungs-Modul) entwickelt, welches mir bei der Dateneinsicht am 31.3.2021 vorgestellt wurde. Hierbei wurde mir das Vorgehen bei der Bewertung, die jeweils benutzten Daten, und die Entscheidungsmechanismen bis zur Ebene der Indikatoren (40 Indikatoren) präsentiert und erläutert.
Dieses Bewertungs-Modul bildet die Grundlage sowohl für die abschließende Bewertung zu jedem Kriterium, als auch für die zusammenfassende Bewertung, welche dann als Ergebnis der Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien für jedes identifizierte Gebiet steht. Im Ergebnis ist das Gebiet entweder „**günstig**“ oder „**nicht günstig**“.

5. Kriterien und Indikatoren im Wirtsgestein Salz

1: Kriterium zur Bewertung des Transportes radioaktiver Stoffe durch Grundwasserbewegungen im ewG - Referenzdaten

BGE Definition: Die Bewertung der Indikatoren und des Kriteriums erfolgte auf Basis des Referenzdatensatzes Steinsalz (BGE_2020b und BGE_2020k). Grundsätzlich sind in situ erfasste Messwerte nötig um Grundwasserbewegungen im ewG zu beurteilen. Bei Abwesenheit von standortbezogenen Daten lassen sich jedoch Aussagen über die sehr geringe Durchlässigkeit von Steinsalz auf Basis von im Labor ermittelten Messwerten, einer Reihe wissenschaftlicher Publikationen, sowie bergmännischer Erfahrungen und natürlicher Analoga treffen. Der Transport radioaktiver Stoffe durch Grundwasser im ewG sollte so gering wie möglich sein. Die hier genutzten drei Indikatoren (Indikatoren I2, I3 kommen bei Wirtsgestein Salz nicht zur Anwendung) sind

- *I1 Abstandsgeschwindigkeit des Grundwassers*
- *I4 Charakteristischer effektiver Diffusionskoeffizient des Gesteinstyps für tritiiertes Wasser (HTO) bei 25 °C*
- *I5 Charakteristische Gebirgsdurchlässigkeit des Gesteinstyps*

Die Argumentation ist plausibel und nachvollziehbar.

2: Kriterium zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper – Gebietsspezifische Daten

BGE Definition: Die Bewertung der Indikatoren erfolgte anhand gebietsspezifischer Daten. Diesem Kriterium kommt aufgrund der Datenlage zum jetzigen Zeitpunkt eine besondere Bedeutung zu und daher wird die Gesamtbewertung des Kriteriums durch die jeweils schlechteste Bewertung der Indikatoren bestimmt (siehe BGE 2020a).

Die Bewertung basiert auf der Annahme, dass der sichere Einschluss ausschließlich durch die Einlagerung im ewG erfolgt. Der mögliche Einsatz technischer und geotechnischer Barrieren wird nicht berücksichtigt. Die hier genutzten vier Indikatoren sind

- *I1 Barrierenmächtigkeit*
- *I2 Grad der Umschließung des Einlagerungsbereichs durch einen* ewG
- *I3 Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen* ewGs
- *I4 Flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit (Vielfaches des Mindest-flächenbedarfs)*

Die Argumentation ist plausibel und nachvollziehbar.

3: Kriterium zur Bewertung der räumlichen <u>Charakterisierbarkeit</u> – Gebietsspezifische Daten

BGE Definition: Die Bewertung der Indikatoren erfolgte anhand von Fachliteratur. Für identifizierte Gebiete in Steinsalz in steiler Lagerung ergab sich bei dem Indikator *Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit* keine Differenzierung in der Bewertung der verschiedenen identifizierten Gebiete. Dieser Indikator ist daher für die Bewertung des Kriteriums nicht ausschlaggebend.
Die Charakterisierung der geologischen Barrieren (insbesondere der des ewG) soll nach bestem, jetzigem Stand der Kenntnis und Technik zuverlässig sein. Die hier genutzten vier Indikatoren sind

- *I1 Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im Endlagerbereich*
- *I2 Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im Endlagerbereich und ihrer Eigenschaften*
- *I3 Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit*
- *I4 Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)*

Die Argumentation ist plausibel und nachvollziehbar.

Es ist allerdings zu bemerken, dass innerhalb eines Einlagerungsbereichs möglicherweise mit geologischen / gebirgsparametrischen Variationen zu rechnen ist, welche sich eventuell (noch nicht) in der Fachliteratur finden lassen, bzw. erst im Rahmen einer detaillierteren Erkundung genauer bestimmbar sind.
Im momentanen Stand des Verfahrens ist die Vorgehensweise plausibel.

4: Kriterium zur Bewertung der <u>langfristigen Stabilität</u> der günstigen Verhältnisse - Referenzdaten

BGE Definition: Die Bewertung der Indikatoren und der Kriterien erfolgte auf Basis des Referenzdatensatzes Steinsalz (BGE_2020b und BGE_2020k).
Der ewG sollte sich über lange Zeiträume wenig verändert haben. Die hier genutzten drei Indikatoren sind

- *I1 Langfristigen Stabilität der "Mächtigkeit" des ewGs*
- *I2 Langfristigen Stabilität der flächenhaften bzw. räumlichen „Ausdehnung“ des ewGs*
- *I3 Langfristigen Stabilität der „Gebirgsdurchlässigkeit“ des ewGs*

Die Argumentation ist plausibel und nachvollziehbar.

5: Kriterium zur Bewertung der günstigen <u>gebirgsmechanischen Eigenschaften</u> - Referenzdaten

BGE Definition: Die Bewertung der Indikatoren und des Kriteriums erfolgte auf Basis des Referenzdatensatzes Steinsalz (BGE_2020b und BGE_2020k).
Außerhalb der durch den Bau von Endlagerhohlräumen entstandenen direkten Auflockerungsbereiche sollte die dadurch entstehende Sekundärpermeabilität möglichst gering sein. Die hier genutzten zwei Indikatoren sind

I1 Aufnahme der Beanspruchung aus Auffahrung und Betrieb ohne planmäßigen tragenden Ausbau
I2 Keine mechanisch bedingten Sekundärpermeabilitäten um Endlagerhohlräume zu erwarten

Die Argumentation ist plausibel und nachvollziehbar.

6: Kriterium zur Bewertung der Neigung zur Bildung von <u>Fluidwegsamkeiten</u> - Referenzdaten

BGE Definition: Die Bewertung der Indikatoren und der Kriterien erfolgte auf Basis des Referenzdatensatzes Steinsalz (BGE_2020b und BGE_2020k).
Das ewG sollte möglichst wenig Wegsamkeiten haben, bzw. entwickeln. Die hier genutzten fünf Indikatoren, Indikator I3 „Duktilität des Gesteins“ kommt hier nicht zur Anwendung (BGE_2020a, S. 99), sind

I1 Verhältnis repräsentative Gebirgsdurchlässigkeit / Gesteinsdurchlässigkeit
I2 Erfahrungen über die Barrierewirksamkeit der Gebirgsformationen
I4 Rückbildung der Sekundärpermeabilität durch Rissschließung
I5 Rückbildung der mechanischen Eigenschaften durch Rissverheilung
I6 Zusammenfassende Beurteilung der Neigung zur Bildung von Fluidwegsamkeiten

Die Argumentation ist plausibel und nachvollziehbar.

Auch hier ist zu bemerken, dass innerhalb eines Einlagerungsbereichs möglicherweise mit stärkeren geologischen Variationen zu rechnen ist, welche in den nächsten Schritten genauer untersucht werden müssen.
Im momentanen Stand des Verfahrens ist die Vorgehensweise plausibel.

7: Kriterium zur Bewertung der <u>Gasbildung</u> - Referenzdaten

BGE Definition: Die Bewertung der Indikatoren und des Kriteriums erfolgte auf Basis des Referenzdatensatzes Steinsalz (BGE_2020b und BGE_2020k).
Die Gasbildung aufgrund von Wasser im ewG sollte möglichst gering sein. Der Indikator ist

I1 Wasserangebot im Einlagerungsbereich

Die Argumentation ist plausibel und nachvollziehbar,
auch wenn auch hier lokale Variationen momentan nicht ausgeschlossen werden können.
Im momentanen Stand des Verfahrens ist die Vorgehensweise plausibel.

8: Kriterium zur Bewertung der Temperaturverträglichkeit - Referenzdaten

BGE Definition: Die Bewertung der Indikatoren und der Kriterien erfolgte auf Basis des Referenzdatensatzes Steinsalz (BGE_2020b und BGE_2020k).
Das Wirtsgestein sollte gegenüber Temperaturänderungen (aufgrund der Einlagerung radioaktiven Materials) möglich stabil sein und keine Sekundärpermeabilitäten ausbilden. Die hier genutzten zwei Indikatoren sind

- *I1 Neigung zur Bildung wärmeinduzierter Sekundärpermeabilitäten und ihre Ausdehnung*
- *I2 Temperaturstabilität des Wirtsgesteins hinsichtlich Mineralumwandlungen*

Die Argumentation ist plausibel und nachvollziehbar,
basiert aber wie auch einige andere Kriterien momentan auf der Annahme einer möglichst großen Homogenität des ewG.
Im momentanen Stand des Verfahrens ist die Vorgehensweise plausibel.

9: Kriterium zur Bewertung des Rückhaltevermögens im einschlusswirksamen Gebirgsbereich - Referenzdaten

BGE Definition: Die Bewertung der Indikatoren und der Kriterien erfolgte auf Basis des Referenzdatensatzes Steinsalz (BGE_2020b und BGE_2020k). Das Rückhaltevermögen der geologischen Barrieren sollte möglichst groß sein. Die vier hier genutzten Indikatoren sind

- *I1 Kd-Wert für langzeitrelevante Radionuklide, deren Gleichgewichts-Sorptionskoeffizient nach der Henry-Isotherme einen Schwellenwert von 10^{-3} m³/kg überschreitet*
- *I2 Gehalt der Gesteine des ewG an Mineralphasen mit großer reaktiver Oberfläche wie Tonminerale sowie Eisen- und Mangan-Hydroxide und -Oxihydrate*
- *I3 Ionenstärke des Grundwassers im ewG*
- *I4 Öffnungsweiten der Gesteinsporen*

Die Argumentation ist plausibel und nachvollziehbar.
Auch hier ist zu bemerken, dass innerhalb eines ewG möglicherweise mit stärkeren geologischen Variationen zu rechnen ist, welche in den nächsten Schritten genauer untersucht werden.
Im momentanen Stand des Verfahrens ist die Vorgehensweise plausibel.

10: Kriterium zur Bewertung der hydrochemischen Verhältnisse - Referenzdaten

BGE Definition: Die Bewertung der Indikatoren und der Kriterien erfolgte auf Basis des Referenzdatensatzes Steinsalz (BGE_2020b und BGE_2020k).
Ausbaumaterial und Behälter sollten eine möglichst geringe Korrosions-Neigung auf lokal auftretende Grund-/Tiefenwässer zeigen. Die fünf hier genutzten Indikatoren sind

- *I1 Chemisches Gleichgewicht zwischen dem Wirtsgestein im Bereich des ewGs und dem darin enthaltenen tiefen Grundwasser*
- *I2 Neutrale bis leicht alkalische Bedingungen (pH-Wert 7 bis 8) im Bereich des Tiefenwassers*
- *I3 Anoxisch-reduzierendes Milieu im Bereich des Tiefenwassers*
- *I4 Ein möglichst geringer Gehalt an Kolloiden und Komplexbildnern im Tiefenwasser*
- *I5 Geringe Karbonatkonzentration im Tiefenwasser*

Die Argumentation ist plausibel und nachvollziehbar.

Eine weitergehende detaillierte Beurteilung wird z.B. erst mit (Bohr)-Proben möglich sein.
Im momentanen Stand des Verfahrens ist die Vorgehensweise plausibel.

11: Kriterium zur Bewertung des Schutzes des ewGs durch das Deckgebirge – Gebietsspezifische Daten

BGE Definition: Die Bewertung der Indikatoren erfolgte anhand gebietsspezifischer Daten. Diesem Kriterium kommt aufgrund der Datenlage zum jetzigen Zeitpunkt eine besondere Bedeutung zu und daher wird die Gesamtbewertung des Kriteriums durch die jeweils schlechteste Bewertung der Indikatoren bestimmt (siehe BGE 2020a). Siehe auch BGE_2020v für weitere Erläuterungen. Die drei hier genutzten Indikatoren sind

- *I1 Überdeckung des ewGs mit grundwasserhemmenden Gesteinen, Verbreitung und Mächtigkeit grundwasserhemmender Gesteine im Deckgebirge*
- *I2 Verbreitung und Mächtigkeit erosionshemmender Gesteine im Deckgebirge des ewGs*
- *I3 Keine Ausprägung struktureller Komplikationen (zum Beispiel Störungen, Scheitelgräben, Karststrukturen) im Deckgebirge, aus denen sich subrosive, hydraulische oder mechanische Beeinträchtigungen für den ewG ergeben könnten*

Die Argumentation ist plausibel und nachvollziehbar.

Nach dieser generellen Betrachtung der Indikatoren und Kriterien nach § 24 StandAG wurde an fünf ausgewählten Gebieten die Anwendung der Abwägungskriterien überprüft.

6. Betrachtung einzelner Gebiete

Die wesentlichen Unterlagen für diese Betrachtung sind wieder BGE_2020, BGE_2020a, BGE_2020b, BGE_2020d, BGE_2020k, BGE_2020ma und BGE_2020v. Weitere Unterlagen waren für die **Identifizierten Gebiete** (**020_Gorleben** und **021_Demsin**) BGE_2020ah und für die **Teilgebiete** (**062_Waddekath, 061_Nettgau** und **073_Offlebener Sattel**) BGE_2020ag und BGE_2021.

6.1 Waddekath

Für diesen Salzstock erfolgte die Betrachtung zusammen mit MitarbeiterInnen der BGE am 31.3.2021 unter Benutzung des Datenraums und des Bewertungs-Moduls. Dies betraf sowohl die gesetzlichen Grundlagen als auch die Anwendungsmethodik, siehe auch BGE_2020a. Für dieses Gebiet wurde jedes der 11 Kriterien und alle 40 Indikatoren einzeln betrachtet und diskutiert. Weiterhin wurde durch die BGE an diesem Beispiel die Verfügbarkeit von Daten und die Funktionalität des Datenraums demonstriert.
Siehe auch S. 12 dieses Gutachtens.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Argumentation für alle Indikatoren und Kriterien, sowie die Gesamtbewertung, plausibel und nachvollziehbar ist.

6.2 Gorleben

Für diesen Salzstock erfolgte die Überprüfung aufgrund der o.g. Unterlagen. Zusammen mit den Informationen aus dem Bewertungs-Modul, wie am Beispiel Waddekath demonstriert, folgt, dass **die Argumentation für alle Indikatoren und Kriterien, sowie die Gesamtbewertung für den Salzstock Gorleben plausibel und nachvollziehbar ist.**
Siehe auch S. 12 dieses Gutachtens.

6.3 Vergleich der Bewertung verschiedener Salzstöcke

Zur Überprüfung, ob die bei den Salzstöcken **Waddekath** und **Gorleben** angewandte Vorgehensweise konsistent auch bei anderen Salzstöcken eingesetzt wurde, habe ich drei weitere Salzstöcke ausgewählt, siehe Abb. 1 und Abb. 2. Hierfür wurden Indikatoren / Kriterien / Gesamtbewertung untereinander verglichen. Abb. 1 gibt einen Überblick zwischen welchen Salzstöcken dieser wechselseitige Abgleich, durch rote Pfeile angedeutet, durchgeführt wurde.

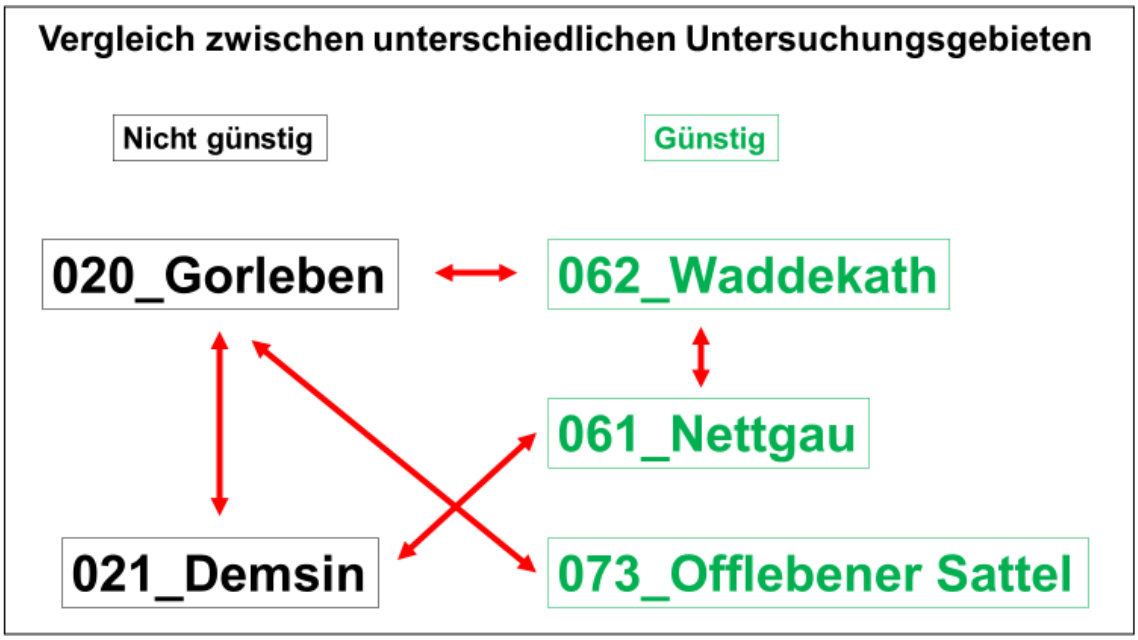

Abb. 1: Vergleich zwischen Untersuchungsbieten, ↔ indiziert einen Vergleich

Für die hier betrachteten fünf Salzstöcke sind nur **Kriterium 2 (Konfiguration der Gesteinskörper)** und **Kriterium 11 (Schutzes des ewGs durch das Deckgebirge**) teilweise unterschiedlich. Beide Kriterien basieren auf gebietsspezifischen Daten.

Abb. 2 zeigt farblich kodiert die Bewertung für alle 11 Kriterien und 40 Indikatoren für 5 Untersuchungsgebiete.

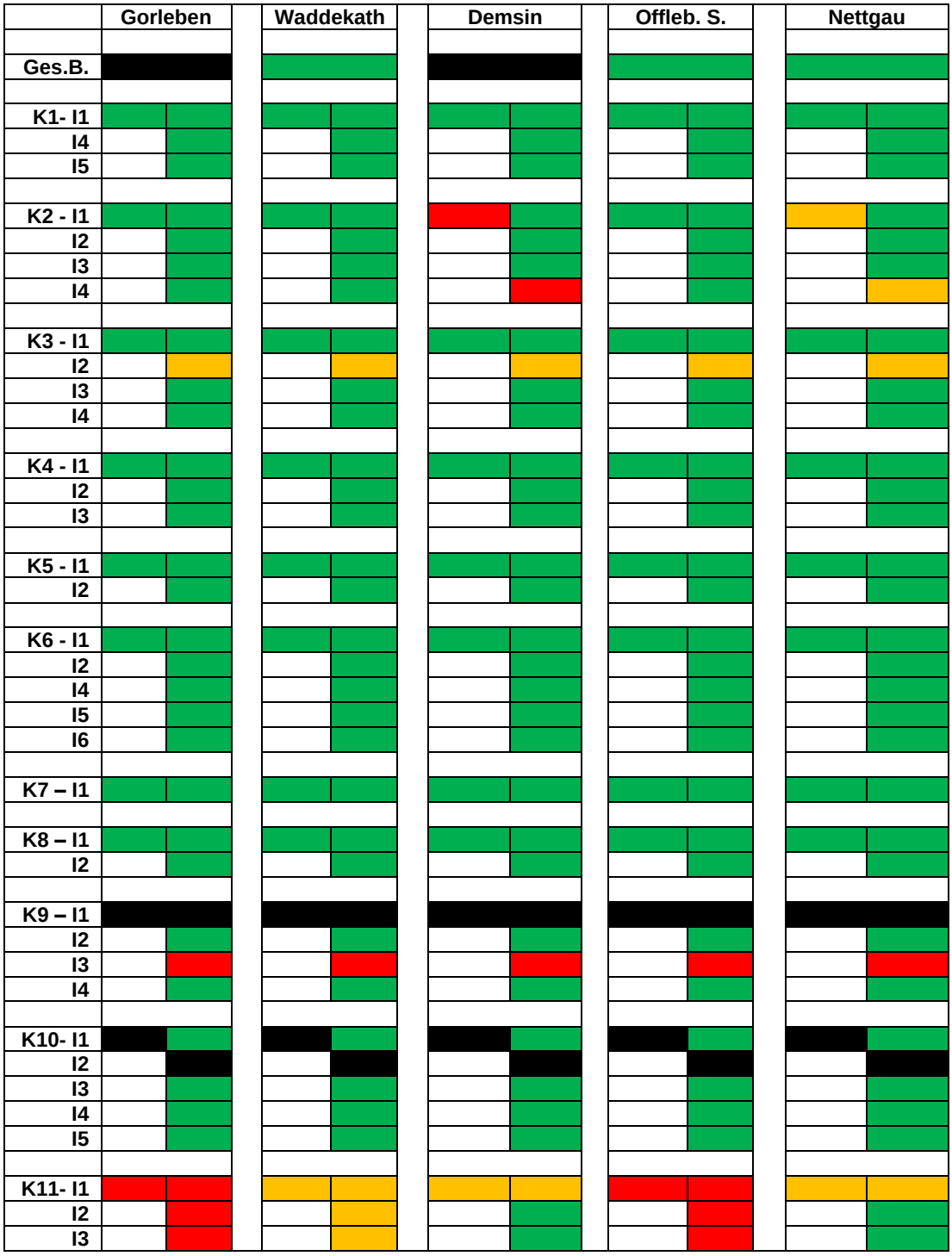

Abb. 2: Gesamtbewertung (Ges.B.), 11 Kriterien, 40 Indikatoren für 5 Salzstöcke. In der linken Spalte findet sich bei jedem der 5 Salzstöcke die Bewertung des jeweiligen Kriteriums. In der rechten Spalte findet sich die Bewertung des jeweiligen Indikators.

K = Kriterien, I = Indikatoren. Erläuterungen der Kriterien und Indikatoren auf Seite 5 bis 9.

günstig / bedingt günstig / ungünstig / weniger günstig / nicht günstig.

Gorleben ↔ Waddekath

Gorleben wird bei Kriterium 11 (K11) und Indikatoren I1-I3 **ungünstig** bewertet, da dieses Gebiet nur gering mächtige Überdeckung besitzt und in Kontakt mit quartären Ablagerungen steht, welche als nicht grundwasserhemmend angesehen werden. Dadurch ist eine potenzielle hydraulische Wirksamkeit für den einschlusswirksamen Gebirgsbereich bzw. das identifizierte Gebiet sehr wahrscheinlich. Des Weiteren sind Nachweise zu Störungen innerhalb des identifizierten Gebietes vorhanden.

Waddekath wird bei K11 und I1-I3 **bedingt günstig** bewertet, da zwar Nachweise zu Störungen innerhalb des identifizierten Gebietes vorhanden sind, jedoch ist zu diesem Zeitpunkt im Verfahren keine hydraulische Wirksamkeit auf den einschlusswirksamen Gebirgsbereich bzw. das identifizierte Gebiet anzunehmen (siehe BGE 2020a). Das identifizierte Gebiet verfügt über eine Überdeckung durch Gesteine des Tertiär oder älter, welche als potenziell grundwasserhemmend betrachtet werden, jedoch mit einer gering mächtigen und möglicherweise lückenhaften Ausprägung. Es besteht kein Kontakt zwischen der Salzstruktur und Ablagerungen des Quartär innerhalb des identifizierten Gebiets.

Dies führt in der Gesamtbewertung für **Gorleben** zur Bewertung **nicht günstig** und für **Waddekath** zu **günstig**.

Im Vergleich der zwei Gebiete ist die Argumentation für Indikatoren und Kriterien, sowie die Gesamtbewertung, plausibel und nachvollziehbar.

Gorleben ↔ Demsin

Gorleben wird bei K2 und I1-I4 als **günstig** bewertet, da eine Mächtigkeit innerhalb des identifizierten Gebietes größer als 300 Meter für eine Fläche von 56,4 km² vorhanden ist. Zum jetzigen Zeitpunkt wird weiterhin angenommen, dass das Wirtsgestein sicherheitsrelevanter Bestandteil des ewGs ist. D.h., Wirtsgestein und ewG sind Teil ein- und desselben Gesteinskörpers. Das identifizierte Gebiet liegt in einer Teufe zwischen 470 und 1500 Meter unter Geländeoberkante (GOK). Dementsprechend kann in diesem Gebiet ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich mit einer Mindestmächtigkeit von 100 Metern in einer Teufe größer 500 Meter unter GOK realisiert werden. Für K11 mit I1-I3 wird Gorleben **ungünstig** bewertet, da dieses Gebiet nur gering mächtige Überdeckung besitzt und in Kontakt mit quartären Ablagerungen steht, welche als nicht grundwasserhemmend angesehen werden. Dadurch ist eine potenzielle hydraulische Wirksamkeit für den einschlusswirksamen Gebirgsbereich bzw. das identifizierte Gebiet sehr wahrscheinlich. Des Weiteren sind Nachweise zu Störungen innerhalb des identifizierten Gebietes vorhanden.

Demsin wird bei K2 und I4 **weniger günstig** bewertet, da die Fläche des identifizierten Gebietes nur 4 km² beträgt und damit kleiner als 6 km² ist. Bei K11 und I1 ist Demsin **bedingt günstig** bewertet, da Nachweise zu Störungen innerhalb des identifizierten Gebietes vorhanden sind, jedoch ist zu diesem Zeitpunkt im Verfahren keine hydraulische Wirksamkeit auf den einschlusswirksamen Gebirgsbereich bzw. das identifizierte Gebiet anzunehmen.

Dies führt in der Gesamtbewertung für **Gorleben** und **Demsin** zur Bewertung **nicht günstig**.

Im Vergleich der zwei Gebiete ist die Argumentation für Indikatoren und Kriterien, sowie für die Gesamtbewertung, plausibel und nachvollziehbar.

Gorleben ↔ Offlebener Sattel

Gorleben und **Offlebener Sattel** werden bei allen Kriterien und Indikatoren gleich bewertet.

Gorleben wird bei K11 und I1-I3 **ungünstig** bewertet, da das identifizierte Gebiet nur gering mächtige Überdeckung besitzt und in Kontakt mit quartären Ablagerungen steht. Dadurch ist eine potenzielle hydraulische Wirksamkeit für den einschlusswirksamen Gebirgsbereich bzw. das identifizierte Gebiet sehr wahrscheinlich. Des Weiteren sind Nachweise zu Störungen innerhalb des identifizierten Gebietes vorhanden.

Offlebener Sattel wird bei K11 und I1-I3 ebenfalls **ungünstig** bewertet*. Da der Bereich, welcher bei K11 zur Bewertung „ungünstig" führt, nach jetzigem Kenntnisstand, nur einen sehr kleinen Teil des Offlebener Sattels betrifft (BGE_2021, Abb. 315, Abb. 316), ist die Ausführung in BGE_2020ag (S. 972) *„Somit ist dennoch damit zu rechnen, dass ein geeigneter einschlusswirksamer Gebirgsbereich gefunden werden kann."* nachvollziehbar.

Dies führt in der Gesamtbewertung für **Gorleben** zur Bewertung **nicht günstig** und für **Offlebener Sattel** zu **günstig**

Im Vergleich der zwei Gebiete ist die Argumentation für die Indikatoren und Kriterien, sowie die Gesamtbewertung, plausibel und nachvollziehbar.

* Ein Tippfehler in BGE_2020ag (S. 972; Abstand zur Quartärbasis dort fälschlicherweise als „bedingt günstig" genannt) ist der BGE bekannt und Teil eines in Arbeit befindlichen Korrigendums.

Demsin ↔ Nettgau

Demsin wird bei K2 und I4 **weniger günstig** bewertet, da die Fläche des identifizierten Gebietes nur 4 km² beträgt und damit kleiner als 6 km² ist. Bei K11 und I1 ist Demsin **bedingt günstig** bewertet, da Nachweise zu Störungen innerhalb des identifizierten Gebietes vorhanden sind, jedoch ist zu diesem Zeitpunkt im Verfahren keine hydraulische Wirksamkeit auf den einschlusswirksamen Gebirgsbereich bzw. das identifizierte Gebiet anzunehmen.

Nettgau wird bei K2 und I4 **bedingt günstig** bewertet, da die Fläche des identifizierten Gebietes 8,2 km² beträgt und damit größer 6 und kleiner als 9 km² ist. Bei K11 und I1 wird Nettgau **bedingt günstig** bewertet, da Nachweise zu Störungen innerhalb des identifizierten Gebietes vorhanden sind, jedoch ist zu diesem Zeitpunkt im Verfahren keine hydraulische Wirksamkeit auf den einschlusswirksamen Gebirgsbereich bzw. das identifizierte Gebiet anzunehmen.

Dies führt in der Gesamtbewertung für **Demsin** zur Bewertung **nicht günstig** und bei **Nettgau** zu **günstig**.

Im Vergleich der zwei Gebiete ist die Argumentation für Indikatoren und Kriterien, sowie die Gesamtbewertung, plausibel und nachvollziehbar.

Waddekath ↔ Nettgau

Waddekath wird bei K2 und I4 **günstig** bewertet, da die Fläche des identifizierten Gebietes 18,7 km² beträgt und damit größer 9 km² ist. Bei K11 mit I1-I3 ist Waddekath **bedingt günstig** bewertet, da zwar Nachweise zu Störungen innerhalb des identifizierten Gebietes vorhanden sind, jedoch ist zu diesem Zeitpunkt im Verfahren keine hydraulische Wirksamkeit auf den einschlusswirksamen Gebirgsbereich bzw. das identifizierte Gebiet anzunehmen ist (BGE 2020a). Das identifizierte Gebiet verfügt über eine Überdeckung durch Gesteine des Tertiär oder älter, welche als potentiell grundwasserhemmend betrachtet werden, jedoch mit einer gering mächtigen und möglicherweise lückenhaften Ausprägung. Es besteht kein Kontakt zwischen der Salzstruktur und Ablagerungen des Quartär innerhalb des identifizierten Gebiets.

Nettgau wird bei K2 und I4 **bedingt günstig** bewertet, da die Fläche des identifizierten Gebietes 8,2 km² beträgt und damit größer als 6 und kleiner als 9 km^2 ist. Bei K11 und I1 wird Nettgau **bedingt günstig** bewertet, da Nachweise zu Störungen innerhalb des identifizierten Gebietes vorhanden sind, jedoch ist zu diesem Zeitpunkt im Verfahren keine hydraulische Wirksamkeit auf den einschlusswirksamen Gebirgsbereich bzw. das identifizierte Gebiet anzunehmen.

Dies führt in der Gesamtbewertung für **Waddekath** und **Nettgau** zur Bewertung **günstig**.

Im Vergleich der zwei Gebiete ist die Argumentation für Indikatoren und Kriterien, sowie die Gesamtbewertung, plausibel und nachvollziehbar.

7. Zusammenfassung

- Die Anwendung der verbalargumentativen Bewertung ist plausibel und fachlich nachvollziehbar. Im weiteren Verfahren sollten aber mehr ortspezifische Daten berücksichtigt bzw. erhoben werden.

- Die verbalargumentative Bewertung der Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien (§ 24 StandAG) für das Wirtsgestein Salz in den Salzstöcken Gorleben und Waddekath ist plausibel und fachlich nachvollziehbar.

- Der Vergleich der Bewertung zwischen den Salzstöcken **Gorleben (ng) / Waddekath (g) / Demsin (ng) / Nettgau (g) / Offlebener Sattel (g)** ergab ein plausibles und nachvollziehbares Vorgehen.

- Die Farbkodierung der Kriterien und Indikatoren ist ein erster Schritt bei der Betrachtung der Gebiete, siehe Abb. 2.

- Die verbalargumentative Betrachtung und Abwägung der Kriterien und Indikatoren ist der entscheidende Schritt für die Bewertung des Gebietes.

- Es wäre wünschenswert die verbalargumentative Betrachtungen noch umfangreicher zu erläutern, unterstützt durch Verweise auf weitere Informationen / Abbildungen, wie z.B. in BGE_2021.

Das hier vorgelegte Gutachten wurde im Vorfeld der Einreichung mit Dr. Christian Bücker (Mitglied des Expertengremiums des NBG) diskutiert.

8. Handlungsempfehlungen

- Entwicklung eines „Daten-Pilots“, z.B. eine grafische Oberfläche, um relevante Daten / Unterlagen an den verschiedenen Stellen einfacher zu finden.

- Bereitstellung einer Suchfunktion nach geographischen Koordinaten. Dies ist laut Auskunft der BGE in Arbeit.

- Bereitstellung einer kompakteren Zusammenfassung des Bewertungs-Moduls, d.h. der gesetzlichen Grundlagen als auch der Anwendungsmethodik (siehe BGE_2020a, dort mit einem Umfang von 141 Seiten).

- Bereitstellung einer ergänzenden Kartendarstellung, analog zu BGE_2021, aber nun auch für die Gebiete die **nicht** Teilgebiete geworden sind.

- Bei der im nächsten Schritt folgenden Einengung der möglichen Endlagerstandorte erscheint es sinnvoll, weitere unabhängige ExpertInnen für Teilaspekte in die Bewertung einzubeziehen und den aktuellen Stand der Wissenschaft und Technik zu überprüfen. Dies ist bereits teilweise in der Umsetzung.

- Die Erstellung einer zusammenfassenden Bewertung aller Teilgebiete in farblich kodierter, tabellarischer Form, separat für die drei Wirtsgesteine, wäre hilfreich. Hier sollten die Bewertungen der Kriterien (11) mit den jeweiligen zugehörigen Indikatoren (total 40) ersichtlich sein. Damit ergibt sich ein erster Überblick der Teilgebiete pro Wirtsgestein (analog zu Abb. 2).

- Es ist dabei wichtig darauf hinzuweisen, dass dies nur ein erster Schritt ist. Die verbal-argumentative Betrachtung der Kriterien und Indikatoren ist der entscheidende Schritt für die Gesamtbewertung des Gebietes.

- Eine weitere Einbeziehung der Staatlichen Geologischen Dienste (SGD) sowie der Umweltbehörden der Kreise/Städte/Gemeinden der betroffenen Teilgebiete ist zu befürworten. Hierbei sollte auch dringend die Erarbeitung gemeinsamer Standards und die Bewertung von Unsicherheiten adressiert werden.

9. Literaturverzeichnis

BGE_2020. Zwischenbericht Teilgebiete gemäß § 13 StandAG. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) (Stand 28.09.2020)

BGE_2020a. Arbeitshilfe zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Rahmen von § 13 StandAG. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) (Stand 03.09.2020)

BGE_2020ag. Anlage 1A (zum Fachbericht Teilgebiete und Anwendung Geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG). Ergebnisse der Bewertung: Teil A (Teilgebiete). Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) (Stand 28.09.2020)

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) (Stand 28.09.2020)

BGE_2020b. Referenzdatensätze zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien im Rahmen von § 13 StandAG - Grundlagen. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) (Stand 01.09.2020)

BGE_2020d. Methodik zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) (Stand 06.05.2020)

BGE_2020k. Teilgebiete und Anwendung Geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG. Untersetzende Unterlage zum Zwischenbericht Teilgebiete. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) (Stand 28.09.2020)

BGE_2020ma: Datenbericht. Teil 4 von 4. Mindestanforderungen gemäß § 23 StandAG und geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG (Untersetzende Unterlage des Zwischenberichts Teilgebiete) Anhang. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) (Stand 28.09.2020)

BGE_2020v: Vorgehensweise bei der Bewertung der Indikatoren „Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden Gesteinen, Verbreitung und Mächtigkeit grundwasserhemmender Gesteine im Deckgebirge“ und „Verbreitung und Mächtigkeit erosionshemmender Gesteine im Deckgebirge des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ des Kriteriums zur Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge (Anlage 11 (zu § 24 Abs. 5) StandAG) im Rahmen von § 13 StandAG. Ergänzende Erläuterungen zur untersetzenden Unterlage „Teilgebiete und Anwendung Geowissenschaftliche Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG“. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) (Stand 11.12.2020)

BGE_2021: Ergänzende Kartendarstellungen zur Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gemäß § 24 StandAG im Rahmen von § 13 StandAG. Bewertung der Teilgebiete in Bezug auf: Anlage 2 – Kriterium zur Bewertung der Konfiguration der Gesteinskörper, Anlage 11 – Kriterium zur Bewertung des Schutzes des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge. Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) (Stand 6.1.2021)

StandAG_2020: Standortauswahlgesetz vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074), zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 7. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2760) geändert

Abkürzungsverzeichnis + Erläuterungen

BGE	Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
ewG	einschlusswirksamer Gebirgsbereich
GSD	gebietsspezifische Daten
Kd-Wert	Koeffizient, der die „Sorptionsfähigkeit der Gesteine“ bewertet. Details in BGE_2020a, S. 111ff.
NBG	Nationales Begleitgremium
RDS	wirtsgesteinsspezifischer Referenzdatensatz
SGD	Staatliche Geologische Dienste
StandAG	Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz)
ZB	Zwischenbericht (BGE_2020)

Erläuterung des verbalargumentatives Vorgehen
Begründung zu §24 StandAG, Absatz 1
(Bundestags-Drucksache 18/11398, S. 71)

„Die Festlegung von geowissenschaftlichen Abwägungskriterien dient dazu, die nach der Anwendung von Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen verbleibenden Gebiete hinsichtlich ihrer Eignung als Endlagerstandort vergleichend bewerten zu können. Dabei ist ein einzelnes Abwägungskriterium nicht hinreichend, um die günstige geologische Gesamtsituation nachzuweisen oder auszuschließen. Wie von der Endlagerkommission empfohlen soll dazu im Rahmen einer verbalargumentativen Abwägung ermittelt werden, in welchen Gebieten eine für die Sicherheit des Endlagers günstige geologische Gesamtsituation vorliegt. In jedem Prozessschritt sind für die darin betrachteten Gebiete alle Anforderungen mit ihren zugehörigen Abwägungskriterien entsprechend dem jeweiligen Informationsstand zu betrachten und abzuprüfen. Auch Kombinationswirkungen können abwägungsrelevant sein. Eine rechnerische Gesamtbewertung der Erfüllung der Abwägungskriterien ist bewusst nicht vorgesehen. Bei der Abwägung zur Bewertung der geologischen Gesamtsituation ist die Bedeutung der jeweiligen Abwägungskriterien für einen spezifischen Standort und das dort vorgesehene Endlagersystem zu würdigen.“

Summary

The use of the verbal argumentative evaluation is plausible and comprehensible. In the further procedure, however, more location-specific data should be considered. The verbal argumentative evaluation of the application of the geoscientific weighing criteria (§ 24 StandAG) for the host rock salt in the Gorleben and Waddekath salt domes is also plausible and comprehensible. The comparison of the evaluation between different salt domes was done in a plausible and comprehensible way. The color coding of the criteria and indicators is a first step in considering the areas. It is desirable to explain the verbal argumentative evaluation more extensively, supported by references to further information / illustrations.

Recommendation

- Development of a "data pilot", e.g. a graphical user interface, to find relevant documents more easily.
- Provision of a search function using geographical coordinates.
- Provision of a more compact summary of the assessment module, i.e. the legal basis as well as the application methodology.
- Provision of a map-supplement for the areas that have **not** become “Teil-Gebiete”.
- Inclusion of additional independent experts in the assessment of the current state of science and technology.
- Creation of a summarizing presentation of all “Teil-Gebiete” in color-coded, tabular form, separately for the three host rocks. Here it is important to note that this is only a first step. The verbal and argumentative consideration of the criteria and indicators is the decisive step for the overall assessment.
- Further involvement of the State Geological Services (SGD) and the environmental authorities of the districts / cities / municipalities of the areas concerned.
- The development of common standards and the assessment of uncertainties is urgent.