

1

2 Kommission  
3 Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe  
4 gemäß § 3 Standortauswahlgesetz

5  
6 Arbeitsgruppe 3  
7 Entscheidungskriterien sowie Kriterien  
8 für Fehlerkorrekturen

9

10

---

11 **Geowissenschaftliche Kriterien – Stand 14.04.2016 - Bearbeitungsstand**  
12 **26.04.2016**

---

13 Fortschreibung der Fassung aus Drs. AG3-91c nach der AG3-Sitzung am 14.04.2016 unter  
14 Berücksichtigung der im Vorfeld der Sitzung eingegangenen Änderungsvorschläge der AG-  
15 Mitglieder.

16 Workshop- oder Onlinekommentare wurde, wenn die AG3 sich mit ihnen im Zuge der Durchsprache  
17 des Dokuments befasst hat, entfernt, d.h. es sind nur noch solche Kommentare bzw.  
18 Kommentarverweise aus Workshop- oder Onlinekommentierung enthalten, die noch nicht in der  
19 Diskussion angesprochen wurden.

20 Die aktuelle Fassung enthält die im Rahmen der AG3-Sitzung am 14.04. unmittelbar vereinbarten  
21 Änderungen. Diese wurde der Kommission zur Beratung am 18.04. vorgelegt, dort aber nicht  
22 behandelt.

23 Im aktuellen Bearbeitungsstand wurde außerdem die Einleitung zu Kap. 5 (bzw. 6.5.5)  
24 "geowissenschaftliche Abwägungskriterien um einen Textvorschlag zu den Gewichtungsguppen  
25 ergänzt und im bestehenden Teil, wo erforderlich, überarbeitet. Der Vorschlag dient als  
26 Diskussionsgrundlage für die Sitzung der AG 3 am 04.05.2016.

27

28

29

30

1	<b>Inhaltsverzeichnis</b>	
2	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>4</b>
3	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>5</b>
4	<b>I. Vorbemerkung der Vorsitzenden</b>	<b>7</b>
5	<b>II. Verwendete Kommissionsdokumente</b>	<b>8</b>
6	<b>1. Ziel</b>	<b>11</b>
7	<b>2. Begriffsbestimmungen</b>	<b>15</b>
8	<b>3. Kapitel 6.5.3 Geowissenschaftliche Ausschlusskriterien</b>	<b>16</b>
9	3.1. <b>Kapitel 6.5.3.1 Großräumige Vertikalbewegungen</b>	<b>16</b>
10	3.2. <b>Kapitel 6.5.3.2 Aktive Störungszonen</b>	<b>16</b>
11	3.3. <b>Kapitel 6.5.3.3 Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher Tätigkeit</b>	<b>16</b>
12		
13	3.4. <b>Kapitel 6.5.3.4 Seismische Aktivität</b>	<b>17</b>
14	3.5. <b>Kapitel 6.5.3.5 Vulkanische Aktivität</b>	<b>17</b>
15	3.6. <b>Kapitel 6.5.3.6 Grundwasseralter</b>	<b>17</b>
16	<b>4. Kapitel 6.5.4 Geowissenschaftliche Mindestanforderungen</b>	<b>18</b>
17	4.1. <b>Kapitel 6.5.4.1 Gebirgsdurchlässigkeit</b>	<b>18</b>
18	4.2. <b>Kapitel 6.5.4.2 Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs</b>	<b>19</b>
19		
20	4.3. <b>Kapitel 6.5.4.3 Minimale Tiefe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs</b>	<b>19</b>
21		
22	4.4. <b>Kapitel 6.5.4.4 Maximale Tiefe des Einlagerungsbereichs</b>	<b>20</b>
23	4.5. <b>Kapitel 6.5.4.5 Fläche des Endlagers</b>	<b>20</b>
24	4.6. <b>Kapitel 6.5.4.6 Erkenntnisse zum einschlusswirksamen Gebirgsbereich hinsichtlich des Nachweiszeitraums</b>	<b>21</b>
25		
26	<b>5. Kapitel 6.5.5 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien</b>	<b>23</b>
27	5.1. <b>Kapitel 6.5.5.1 Gewichtungsgruppe 1: Güte des Isolationsvermögens und Zuverlässigkeit des Nachweises</b>	<b>26</b>
28		
29	5.1.1. Anforderung 1: Kein oder langsamer Transport durch Grundwasser einschlusswirksamen Gebirgsbereich	26
30		
31	5.1.2. Anforderung 2: Günstige Konfiguration der Gesteinskörper, insbesondere von Wirtsgestein und einschlusswirksamem Gebirgsbereich	30
32		
33	5.1.3. Anforderung 3: Gute räumliche Charakterisierbarkeit	42
34	5.1.4. Anforderung 4: Gute Prognostizierbarkeit der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse	43
35		

1	<b>5.2.</b>	<b>Kapitel 6.5.5.2 Gewichtungsgruppe 2: Absicherung des</b>	
2		<b>Isolationsvermögens</b>	<b>46</b>
3	5.2.1.	Anforderung 5: Günstige gebirgsmechanische Voraussetzungen	46
4	5.2.2.	Anforderung 6: Geringe Neigung zur Bildung von Wasserwegsamkeiten in	
5		Wirtsgesteinskörper / einschlusswirksamem Gebirgsbereich	51
6	<b>5.3.</b>	<b>Kapitel 6.5.5.3 Gewichtungsgruppe 3: Weitere sicherheitsrelevante</b>	
7		<b>Eigenschaften</b>	<b>54</b>
8	5.3.1.	Anforderung 7: Gute Bedingungen zur Vermeidung bzw. Minimierung der	
9		Gasbildung	54
10	5.3.2.	Anforderung 8: Gute Temperaturverträglichkeit	55
11	5.3.3.	Anforderung 9: Hohes Rückhaltevermögen der Gesteine einschlusswirksamen	
12		Gebirgsbereich gegenüber Radionukliden	61
13	5.3.4.	Anforderung 10: Günstige hydrochemische Verhältnisse	63
14	5.3.5.	Anforderung 11: Günstige Bedingungen für den Bau von Verschlussbauwerken	64
15	<b>5.4.</b>	<b>Zusätzliche, noch keiner Gewichtungsgruppe zugeordnete</b>	
16		<b>Abwägungskriterien</b>	<b>65</b>
17	5.4.1.	Anforderung 12 : Hohes Rückhaltevermögen der Gesteine im Deckgebirge von	
18		Salzstöcken gegenüber Radionukliden	65
19	5.4.2.	Anforderung 13: Schützender Aufbau des Deckgebirges	65
20	5.4.3.	[Anforderung NEU14: Günstige Randbedingungen für Fehlerkorrekturen]	68
21	5.4.4.	[Anforderung NEU15: Günstige Voraussetzungen zur Vermeidung des Aufbaus zu	
22		hohen Gasdrucks]	68
23	5.4.5.	[Anforderung NEU16: Optimale Tiefenlage des Einlagerungsbereichs]	68
24			

---

1	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	
2	Abbildung 5-1: Konfigurationen zwischen Wirtsgestein und einschlusswirksamem	
3	Gebirgsbereich: Typ A und Typ Ba aus AkEnd 2002	32
4	Abbildung 5-2: Konfigurationen zwischen Wirtsgestein und einschlusswirksamem	
5	Gebirgsbereich: Typ Bb aus AkEnd 2002	33
6	Abbildung 5-3: Schematische Darstellung von Potenzialgebieten und Endlagerbereich	
7	aus AkEnd 2002	36
8	<b>Abbildung 5-4:</b> Maximal mögliche Endlagertiefe in Abhängigkeit von der	
9	Gebirgsdruckfestigkeit für Festgesteine mit nicht bis gering	
10	kriechfähigem (duktilen) Materialverhalten [nach LUX 2002]	48
11	<b>Abbildung 5-5:</b> Maximal mögliche Endlagertiefe in Abhängigkeit von der	
12	Gebirgsdruckfestigkeit für Festgesteine mit ausgeprägt kriechfähigem	
13	(duktilen) Materialverhalten [nach LUX 2002]	49
14		

---

## 1 Tabellenverzeichnis

2	Tabelle 5-1:	Transport durch Grundwasser: Eigenschaften, Bewertungsgrößen bzw. Indikatoren und Erfüllungsfunktionen der Kriterien	28
3			
4	Tabelle 5-2:	Transport durch Grundwasser: Bewertungsgrößen der Diffusionsgeschwindigkeit für den Wirtsgesteinstyp Tonstein	30
5			
6	Tabelle 5-3:	Günstige Konfiguration der Gesteinskörper: Eigenschaften, Bewertungsgrößen bzw. Indikatoren und Erfüllungsfunktionen der Kriterien	38
7			
8			
9	Tabelle 5-4:	Gute räumliche Charakterisierbarkeit: Eigenschaften, Bewertungsgrößen bzw. Indikatoren und Erfüllungsfunktionen der Kriterien	43
10			
11			
12	Tabelle 5-5:	Gute Prognostizierbarkeit der langfristigen Stabilität: Eigenschaften, Bewertungsgrößen bzw. Indikatoren und Erfüllungsfunktionen der Kriterien	45
13			
14			
15	Tabelle 5-6:	Günstige gebirgsmechanische Voraussetzungen: Eigenschaften, Bewertungsgrößen bzw. Indikatoren und Erfüllungsfunktionen des Kriteriums	50
16			
17			
18	Tabelle 5-7:	Geringe Neigung zur Bildung von Wasserwegsamkeiten: Eigenschaften, Bewertungsgrößen bzw. Indikatoren und Erfüllungsfunktionen des Kriteriums	53
19			
20			
21	Tabelle 5-8:	Gute Bedingungen zur Vermeidung bzw. Minimierung der Gasbildung: Eigenschaften, Bewertungsgrößen bzw. Indikatoren und Erfüllungsfunktionen des Kriteriums	55
22			
23			
24	Tabelle 5-9:	Gute Temperaturverträglichkeit: Eigenschaften, Bewertungsgrößen bzw. Indikatoren und Erfüllungsfunktionen des Kriteriums	56
25			
26	Tabelle 5-10:	Hohes Rückhaltevermögen im einschlusswirksamen Gebirgsbereich: Eigenschaften, Bewertungsgrößen bzw. Indikatoren und Erfüllungsfunktionen des Kriteriums	62
27			
28			
29	Tabelle 5-11:	Hohes Rückhaltevermögen im Deckgebirge: Eigenschaften, Bewertungsgrößen bzw. Indikatoren und Erfüllungsfunktionen des Kriteriums	66
30			
31			
32			
33			



## 1 I. Vorbemerkung der Vorsitzenden

2 Ein zentraler Teil für die Auswahl eines Endlagerstandortes sind die geowissenschaftlichen Kriterien,  
3 anhand derer in den verschiedenen Stufen des Auswahlprozesses Entscheidungen vorgenommen  
4 werden. Dementsprechend hat nach dem Standortauswahlgesetz die "Kommission Lagerung hoch  
5 radioaktiver Abfallstoffe" einen Vorschlag für diese Kriterien vorzulegen.

6 Die Kommission hat sich dazu entschieden, die Kriterien auf dem im Jahr 2002 veröffentlichten  
7 Bericht des AkEnd aufzubauen (der AkEnd-Bericht steht als K-MAT 1 auf der Internetseite der  
8 Kommission zur Verfügung). Zuständig für die Vorbereitung ist die Arbeitsgruppe 3  
9 "Gesellschaftliche und technisch-wissenschaftliche Entscheidungskriterien sowie Kriterien für  
10 Fehlerkorrekturen" der Kommission.

11 Dazu fand in einer ganzen Reihe von Sitzungen der AG 3 eine Diskussion statt, in der geprüft wurde,  
12 ob die einzelnen Kriterien des AkEnd heute noch Bestand haben bzw. ob einzelne Kriterien entfallen  
13 können, hinzugefügt werden müssen oder geändert werden müssen.

14 Das folgende Papier stellt den weit fortgeschrittenen Diskussionsstand der AG 3 dar, der vorläufig  
15 mit der Sitzung vom 17.12.2015 abgeschlossen wurde. Dieser weit fortgeschrittene Zwischenstand  
16 soll im Januar 2016 mit der Fachöffentlichkeit und der allgemeinen Öffentlichkeit im Internet und in  
17 einem Fachworkshop diskutiert werden. Danach soll das Papier finalisiert werden.

18 In dem folgenden Papier sind alle Kriterien enthalten, die nach derzeitigem Diskussionsstand  
19 erforderlich sind oder deren Aufstellung und Ausgestaltung in der AG3 noch diskutiert wird. Bei einer  
20 großen Zahl der Kriterien besteht in der AG 3 Einigkeit; diese Textpassagen sind nicht besonders  
21 gekennzeichnet. Bei anderen Kriterien bestehen bisher noch unterschiedliche Auffassungen in der  
22 AG 3 oder noch nicht abschließend beratene Änderungsvorschläge, Workshop-Kommentare und  
23 Online-Kommentare. In früheren Versionen enthaltene, mittlerweile aber abschließend in der  
24 Arbeitsgruppe beratene Änderungsvorschläge und Kommentare sind in der hier vorliegenden  
25 Fassung NICHT mehr enthalten.

26 Gelb unterlegte Textpassagen sind lediglich als Lesehinweise zu verstehen.

27

Änderungs- und Ergänzungswünsche sowie Diskussionsbeiträge von Mitgliedern der  
Arbeitsgruppe 3 **BIS ENDE JANUAR 2016** sind grundsätzlich in eckiger Klammer mit  
Nennung des jeweiligen Autors, ggf. bezugnehmender Drucksache und Datum eingefügt  
und grün hinterlegt.

28

29 Die im Vorfeld und Rahmen der AG 3 Sitzung am 05./06.04. vereinbarten Änderungen sind, soweit  
30 noch nicht abschließend vereinbart, im Änderungsmodus eingefügt, dabei wird auf hinterlegte K-  
31 Drs. gesondert per Kommentar hingewiesen

32

Hinweise der ESK aus K-MAT 47 (Evaluation der Kriterien des AkEnd) sind gesondert in grauen  
Kästen eingefügt. Die Einfügungen sind auf die Sachaussagen der ESK zu den einzelnen  
Anforderungen des AkEnd beschränkt. Nicht übernommene Querverweise im Text des ESK-  
Dokuments sind *kursiv* gesetzt.

Kommentiert [Oline1]: ID 1001

1

2 Hinweise und Ergebnisse aus der Fachtagung „Kriterien für die Standortauswahl“ am 29./30.01.2016  
3 in Berlin (s.a. Dokument "Ergebnisse\_Fachtagung\_Version1.pdf" werden an der jeweiligen Stelle  
4 per Kommentar eingespeist, dabei wird zwischen den themenspezifischen Beiträgen aus dem AK1  
5 (Geowissenschaftliche Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen) und aus dem AK2  
6 (Geowissenschaftliche Abwägungskriterien) unterschieden. Thematische Doppelungen aus  
7 unterschiedlichen Beiträgen allgemein bekannte Fakten werden dabei weitgehend vermieden. Nicht  
8 genau einzelnen Kriterien oder Gewichtungsgruppen zuordenbare Ergebnisse der Fachtagung  
9 werden als Kommentar zu Kap. 1 (Ziel) subsummiert.

Kommentiert [AK1-2]: Beispielkommentar AK 1

Kommentiert [AK2-3]: Beispielkommentar AK 2

10 Auf Beiträge aus der Online-Kommentierung der K.Drs. 157 wird per Kommentar auf die  
11 tabellarische Auswertung von ZebraLog verwiesen (Datei Export\_Online\_Konsultation\_20160201-  
12 sortiert.xlsx, bzw. gleichnamige pdf-Datei) verwiesen. Die Online-Beiträge sind in dieser Tabelle  
13 nach Kapitel und Unterkapitel sortiert und in der ersten Spalte mit einer vierstelligen ID indiziert. Es  
14 handelt sich dabei um insgesamt 185 Kommentare von Einzelpersonen. Aufgrund der Vielzahl der  
15 Einzelkommentare und der teils umfangreichen Kommentarinhalte können diese hier nicht im Detail  
16 wiedergegeben werden. Offensichtlich nicht mit dem Thema der Drs-157 bzw. seiner Fortschreibung  
17 verknüpfte, doppelte oder sonst offensichtlich für die Diskussion in der AG 3 ungeeignete  
18 Kommentare (insgesamt 28 Stück) wurden nicht übernommen. Die ID-Nummern der nicht  
19 übernommenen Kommentare sind in der o.a. Tabelle rot hinterlegt. Die in der Tabelle enthaltenen  
20 Textbezüge zur K.-Drs. 157 wurden, soweit erforderlich und sinnvoll, redaktionell eingekürzt, um die  
21 Tabelle lesbar zu halten.

Kommentiert [Oline4]: Beispiel  
ID 1xxx

22

## 23 II. Verwendete Kommissionsdokumente

24 Verwendete Unterlagen sind:

- 25 • K-Drs. /AG3-63: Beratungsunterlage für die 15. Sitzung am 17. Dezember 2015 -  
26 Geowissenschaftliche Kriterien im Rahmen des Standortauswahlverfahrens, Entwurf 3 vom 13.  
27 Dezember 2015; Verfasser: Prof. Dr.-Ing. Wolfram Kudla
- 28 • K-Drs. /AG3-64: Beratungsunterlage für die 15. Sitzung am 17. Dezember 2015 -  
29 Kriterien für Kristallin als Wirtsgestein, Datum: 13. Dezember 2015; Verfasser: Dr. Ulrich  
30 Kleemann unter Verwendung vorbereitender Papiere von Prof. Dr.-Ing. Wolfram Kudla, Dr. Detlef  
31 Appel und Dr. Markus Traumannsheimer
- 32 • K-Drs. /AG3-65: Beratungsunterlage für die 15. Sitzung am 17. Dezember 2015 -  
33 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien (Kurzfassung auf Basis AkEnd 2002) mit Zuordnung  
34 von Kommentaren aus der AG 3, Stand 13.12.2015; Verfasser: Dr. Detlef Appel
- 35 • K-Drs. /AG3-70: Vorschläge zur Umformulierung bzw. Neuformulierung geowissenschaftlicher  
36 Kriterien, korrigierte Fassung - 16.12.2015; Verfasser: Dr. Detlef Appel
- 37 • Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und Ländliche Räume Schleswig-Holstein (LLUR, Fr. Dr.  
38 Rosenbaum): Änderungs-/Ergänzungsvorschlag in der K-Drs. AG3- 65 (S. 24/25) bezüglich des  
39 Kriteriums „gute Charakterisierbarkeit“ (per Email, 21.12.2015)
- 40 • K-Drs. /AG3-71: Anforderung 8: Gute Temperaturverträglichkeit - Kommentar „Eckige Klammer“  
41 zur K-Drs. / AG3-65 (Dr. Appel), 21.12.2015; Verfasser: Dr. Jan Richard Weber, BGR,



- 
- 1 • K-Drs. /AG3-72: Kurzstellungnahme zu Beratungsunterlage K-Drs. AG 3-43 „Vorschläge zur  
2 Umformulierung bzw. Neuformulierung geowissenschaftlicher Kriterien (Verfasser: Dr. Detlef  
3 Appel) bzw. zur korrigierten Fassung vom 16. Dezember 2015 (Tischvorlage zur 15. Sitzung der  
4 AG 3 am 17.12.2015 für den Fachworkshop am 29./30.01.2016 in Berlin, 21.12.2015; Verfasser:  
5 Dr. Bernhard Fischer, MdB Steffen Kanitz
- 6 • K-Drs. /AG3-73: Dr. Appel: Neues Kriterium Deckgebirge Salzstöcke - Anforderung "Schützender  
7 Aufbau des Deckgebirges von Salzstöcken" (Gewichtungsgruppe 1) und zugehöriges  
8 Abwägungskriterium "Schutzfunktion des Deckgebirges von Salzstöcken", 21.12.2015; Verfasser:  
9 Dr. Detlef Appel
- 10 • K-Drs. /AG3-74: Textvorlagen für den Berichtsteil der AG 3, Verfasser: Min Stefan Wenzel, 22.  
11 Dezember 2015
- 12 • K-Drs. /AG3-64: Beratungsunterlage für die 15. Sitzung am 17. Dezember 2015 - Kriterien für  
13 Kristallin als Wirtsgestein, Datum: 13. Dezember 2015; Verfasser: Dr. Ulrich Kleemann unter  
14 Verwendung vorbereitender Papiere von Prof. Dr.-Ing. Wolfram Kudla, Dr. Detlef Appel und Dr.  
15 Markus Trautmannsheimer
- 16 • K-Drs. /AG3-77: Dr. E.h. Bernhard Fischer, Prüfung der K-Drs. 157 „Geowissenschaftliche  
17 Kriterien - Papier der Vorsitzenden der AG 3" und "Klammertexte" zu Anforderung 2 und  
18 Anforderung 3, per Email am 08.01.2016
- 19 • K-Drs. /AG3-80: Stellungnahme zur K.-Drs.157 „Geowissenschaftliche Kriterien – Papier der  
20 Vorsitzenden der AG 3 – Stand 29.12.2015“, Verfasser: Prof. Dr.-Ing Wolfram Kudla, Datum:  
21 08.01.2016
- 22 • Email von Herrn Min. Wenzel an die Endlagerkommission vom 19.01.2016
- 23 • Email von Herrn Dr. Appel an die Vorsitzenden der AG 3 vom 28.01.2016
- 24 • K-MAT 47: Diskussionspapier der Entsorgungskommission - Evaluation der Rand- und  
25 Rahmenbedingungen, Bewertungsgrundsätze sowie der Kriterien des Arbeitskreises  
26 Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd), 10.12.2015
- 27 • Zebralog: Fachtagung "Kriterien der Standortauswahl", 29. und 30. Januar 2016: Ergebnisse der  
28 Arbeitskreise 1-5, zusammengestellt von Zebralog auf Grundlage der von den Teilnehmern  
29 eingereichten Ergebnisvorlagen sowie der Mitschriften aus den Arbeitskreisen, Version 1.0,  
30 05.02.2016 (Datei: "Ergebnisse\_Fachtagung\_Version1.pdf")
- 31 • Zebralog: Datei Export\_Online\_Konsultation\_20160201.xlsx (tabellarische Zusammenstellung  
32 der Online-Kommentierung der K.-Drs. 157 vom 18.-31.01.2016)
- 33 • K-Drs. /AG3-104: Beratungsunterlage zu TOP 13 der 19. Sitzung der AG 3 am 2. März 2016,  
34 Anmerkungen zu den Geowissenschaftlichen Ausschlusskriterien (K-Drs. 91A), Pkt. 3.6  
35 Grundwasseralter, Verfasser: Dr. Detlef Appel, 29. Februar 2016
- 36 • K-Drs. /AG3-109: Änderungsvorschlag Appel / Thomauske zu Kapitel 3.3. in K-Drs. AG3-91a
- 37 • K-Drs. /AG3-110: Änderungsvorschlag Appel zu Kap. 5.1.2. in K-Drs. AG3-91a bzw. 91c
- 38 • K-Drs. /AG3-116: Überarbeitung zu K-Drs./AG3-91a Geowissenschaftliche Kriterien, Kap. 5.1.1.  
39 Anforderung 1, Abwägungskriterium „Diffusionsgeschwindigkeit“, Verfasser: Dr. Detlef Appel,  
40 Datum 18.03.2016
- 41 • E-Mail von Herrn Dr. Appel vom 07.04.2016: Änderungsvorschläge Appel zu K-Drs. AG3-110
- 42 • E-Mail von Herrn Dr. Appel vom 07.04.2016: Überarbeitung K-Drs. /AG3-116, Appel, 31.3.2016 /  
43 7.4.2016

- 
- 1 • K-Drs. AG3-XXX: DBEtec (2016): Gutachten Flächenbedarf für ein Endlager für  
2 wärmeentwickelnde, hoch radioaktive Abfälle (ohne Berichtsdatum)

3

1 **1. Ziel**

- 2 Die Endlagerkommission hat gemäß § 4 Abs. 2 (2) des Standortauswahlgesetzes die Aufgabe,  
3 „geowissenschaftliche ... Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen im Hinblick auf die  
4 Eignung geologischer Formationen für die Endlagerung sowie wirtsgesteinsspezifische Ausschluss-  
5 und Auswahlkriterien für die möglichen Wirtsgesteine Salz, Ton und Kristallin sowie  
6 wirtsgesteinsunabhängige Abwägungskriterien“  
7 für das Standortauswahlverfahren festzulegen.

**Herr Minister Wenzel** (K.-Drs. /AG3-74 vom 22.12.2015)

Der folgende Text ist der identische Text aus K.-Drs. 157, Stand 17.12.2015. Der Text wurde wegen Diskussionsbedarfs in die eckige Klammer überführt

Nach den Vorgaben des StandAG ist bei der Standortauswahl der Stand von Wissenschaft und Technik anzuwenden. Weiterhin sind internationale Erfahrungen zu analysieren. Aus der Analyse der internationalen Erfahrungen ist festzustellen, dass die Lagerung Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle sowohl im Wirtsgestein Ton als auch im Wirtsgestein Kristallin den internationalen Stand von Wissenschaft und Technik darstellt.

Aus diesem Grund muss dafür Sorge getragen werden, dass diese Wirtsgesteinstypen nicht frühzeitig aus dem Auswahlverfahren ausgeschlossen werden. Insbesondere sollten die Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen in der Phase 1 des Auswahlverfahrens nicht zu einem solchen Ausschluss führen.

Demnach sind auch die Abwägungskriterien daraufhin zu prüfen, inwieweit sie durch die Wahl der bewertungsrelevanten Eigenschaft und/oder Bewertungsgröße bzw. Indikator des Kriteriums bereits wirtsgesteinsspezifisch ausgerichtet sind.

**Kommentiert [sal5]:** In diesem Vorspann muss noch ein Text zur Stellung des ewG-Konzepts im Verfahren erarbeitet werden. Dabei geht es auch und besonders um die Einbindung von Kristallin in das Konzept

Hinweis: in K.-Drs. 201 (Anforderungen an Behälter), das aus der Ag3 stammt und in der Kommission am 4.4. (oder 05.04.) beraten wurde, wurde das Thema auf Seite 2 bereits in eckiger Klammer angerissen. Dort heißt es:

"In Endlagerkonzepten, die auf der Ausweisung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (ewG) beruhen (Salz, Tonstein, spezielle Kristallinkonfigurationen) soll der ewG vollständig die Funktion des sicheren Einschusses übernehmen, die Sicherheit des Endlagers darf langfristig (d.h. im Nachweiszeitraum) nicht auf der Funktion des Behälters beruhen. In auf Kristallingestein ohne ewG basierenden Endlagerkonzepten ist für den sicheren Einschluss hingegen ein Zusammenwirken der technischen und geotechnischen Barrieren erforderlich und für den Nachweiszeitraum zu zeigen. [...]"

**Kommentiert [sal6]:** 14.04.2016: Herr Prof. Kudla hat sich bereit erklärt, hier einen Vorschlag auszuarbeiten

8

**Herr Prof. Kudla** (K.-Drs. /AG3-80 vom 08.01.2016)

Im Abschnitt „1. Ziel“ heißt es dazu auf Seite 9:

„Nach den Vorgaben des StandAG ist bei der Standortauswahl der Stand von Wissenschaft und Technik anzuwenden. Weiterhin sind internationale Erfahrungen zu analysieren. Aus der Analyse der internationalen Erfahrungen ist festzustellen, dass die Lagerung Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle sowohl im Wirtsgestein Ton als auch im Wirtsgestein Kristallin den internationalen Stand von Wissenschaft und Technik darstellt. Aus diesem Grund muss dafür Sorge getragen werden, dass diese Wirtsgesteinstypen nicht frühzeitig aus dem Auswahlverfahren ausgeschlossen werden. Insbesondere sollten die Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen in der Phase 1 des Auswahlverfahrens nicht zu einem solchen Ausschluss führen. Demnach sind auch die Abwägungskriterien daraufhin zu prüfen, inwieweit sie durch die Wahl der bewertungsrelevanten Eigenschaft und/oder Bewertungsgröße bzw. Indikator des Kriteriums bereits wirtsgesteinsspezifisch ausgerichtet sind.“

Vom Unterzeichner wurde die oben geführte Unterstreichung vorgenommen. Der Abschnitt konterkariert allerdings die Beschlusslage der AG 3 am 17.12.2015. In der Sitzung der AG 3 wurde beschlossen, dass die festgelegten Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen

**Kommentiert [Oline7]:** ID 1005, 1006, 1007, 1009, 1011, 1014, 1015, 1017, 10191 1024

und Abwägungskriterien für alle drei Wirtsgesteine (Salz, Tonstein, Kristallingestein) gelten sollen. Die Kriterien sind also für alle drei Wirtsgesteine die gleichen. [...]

Der Absatz in der K.-Drs.157 soll daher gestrichen werden und stattdessen ausgeführt werden, dass die Sicherheit (also, der langzeitsichere Einschluss der radioaktiven Abfälle über eine Mio. Jahre) bei der Standortauswahl bei allen drei Wirtsgesteinen oberste Priorität hat und die Standortauswahl bei allen drei Wirtsgesteinen nach den gleichen Kriterien erfolgt.

1

2 Nachfolgende Ausarbeitung beschäftigt sich mit den geowissenschaftlichen Ausschlusskriterien,  
3 Mindestanforderungen und Abwägungskriterien für ein Endlager für hoch radioaktive Abfälle. In  
4 Phase 1 des Standortsuchverfahrens werden mit Hilfe von Ausschlusskriterien und  
5 Mindestanforderungen Teilgebiete und nachfolgend Standortregionen festgelegt, in denen die  
6 nachfolgend genannten Mindestanforderungen erfüllt sind und die Ausschlusskriterien nicht erfüllt  
7 sind.

8 Die Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen gelten während des gesamten  
9 Standortauswahlverfahrens. Wenn dementsprechend in einer späteren Phase festgestellt wird, dass  
10 in einer Standortregion (bzw. an einem Standort) ein Ausschlusskriterium erfüllt ist oder eine  
11 Mindestanforderung nicht eingehalten ist, wird die Standortregion bzw. der Standort  
12 ausgeschlossen.

13 Nach genannte Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und Abwägungskriterien gelten nicht für  
14 ein Endlager für schwach und mittel radioaktive Abfälle. Für ein solches Endlager müssen noch  
15 gesonderte Überlegungen angestellt werden.

16

17

**Kommentiert [Oline8]:** ID 1012

**Kommentiert [Oline9]:** ID 1025

**Kommentiert [AK1-10]:**  
Ergebnisse\_Fachtagung\_Version1.pdf  
1.1.9

Prüfen ob Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen für  
getrennte Lager grundsätzlich anders sind?

Prüfung der Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen  
(bes. Mächtigkeit ewG und Flächenbedarf) für ein  
gemeinsames Endlager für [HAW, MAW und LAW] noch mal in  
Angriff nehmen

Unterschiede im Bereich der Abwägungskriterien prüfen (z.B.  
Gasbildung)

1 Hinweis AK1: Wirtsgesteinsspezifische Kriterien

2 Eine Aufgliederung der Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen nach Wirtsgesteinstypen  
3 macht tatsächlich Sinn, insb. weil sie eine transparente und nachvollziehbare Aufarbeitung  
4 ermöglicht.

5 (Wohl wissend, dass dabei Dopplungen auftreten, (z.B. Ausschlusskriterien) die für das Verfahren  
6 aber nicht schädlich sind, und erkennend, dass wirtsspezifische Bezüge, insb. bei den  
7 Mindestanforderungen eine Rolle spielen werden).

**Kommentiert [AK1-11]:**  
Ergebnisse\_Fachtagung\_Version1.pdf  
1.1.1

8  
9 Hinweis AK1: Subrosions-Seen als zusätzliches Ausschlusskriterium

10 Es wurde die Frage diskutiert, ob vorhandene bzw. leicht erkennbare verlandete Subrosions-Seen  
11 über einem Salzstock als zusätzliches Ausschlusskriterium angesehen werden können. Für die  
12 Einstufung als Ausschlusskriterium ergab sich kein Konsens, als Abwägungskriterium erschien das  
13 Vorhandensein von subrosionsbedingten Einbruchseen bzw. anderen Subrosionsmerkmalen  
14 dennoch relevant.

**Kommentiert [AK1-12]:**  
Ergebnisse\_Fachtagung\_Version1.pdf  
1.1.6:

15  
16 Hinweis AK 1: Salzstöcke als potenzielle Rohstofflagerstätten grundsätzlich ausschließen?

17 Müssen kein Ausschlusskriterium sein, die Gefahr von Human Intrusion müsste aber zumindest in  
18 Abwägung stärker berücksichtigt werden

19 [Nutzungskonkurrenz wurde in der Diskussion mehrheitlich als wenig relevant, jedenfalls nicht  
20 verfahrensleitend angesehen ]

**Kommentiert [AK1-13]:**  
Ergebnisse\_Fachtagung\_Version1.pdf  
1.1.10

21  
22

1 Hinweis AK 2: Aggregation der Abwägungskriterien

2 Es gab eine Diskussion über die vorzuschlagende Methodik, und zu der in Drs. / Ag 3\*84  
3 aufgeworfenen Feststellung, es sei nicht Ziel der AG 3, Vorgaben für den multikriteriellen Vergleich  
4 zu erarbeiten, und Verweis auf das Kap. " Aggregierung" im AkEnd-Bericht

5 Vorschlag: Beauftragen von Experten, Keine Verlagerung der Entscheidung in das Verfahren.

6 Die Diskussion enthält auch einen Vorschlag zum weiteren Procedere:

- 7 1. Quantitative Beschreibung der Anforderungen und Kriterien durch AG3
- 8 2. Quantitative Untersetzung der Kriterien (Indikatoren) herausnehmen
- 9 3. Konsultationsprozess zu den Anforderungen / Kriterien
- 10 4. Festlegung des Prozedere zur Festlegung der Indikatoren und Aggregationsregeln in einem
- 11 Konzept (vgl. Sachplan CH) durch AG3
- 12 5. Öffentlicher Konsultationsprozess zu diesem Konzept

**Kommentiert [AK2-14]:**  
Ergebnisse\_Fachtagung\_Version1.pdf  
2.1.1

14 Hinweis AK 2: 2.1.2 Bezug der Abwägungskriterien zu Ausschlusskriterien / Abwägungskriterien  
15 allgemein

16 Endlagerkonzept muss frühzeitig in Phase 1 festgelegt werden, um Sicherheitsbetrachtungen durchführen zu  
17 können.

**Kommentiert [AK2-15]:**  
Ergebnisse\_Fachtagung\_Version1.pdf  
2.1.2

19 Hinweis AK2: Wirtsgesteinsspezifische Kriterien

20 Der AK 2 hat ausführlich zum Thema diskutiert. Wesentliche Punkte und Fragen:

- 21 • Was genau wird mit wirtsgesteinsspezifischen Kriterien verbunden?
- 22 • Brauchen die einzelnen Wirtsgesteine ein Deckgebirge?
- 23 • Wichtiger Punkt ist die Vermittelbarkeit an die BürgerInnen.
- 24 • Bewertung von Abwägungskriterien kann nur erfolgen, wenn man bereits ein
- 25 Endlagerkonzept kennt.
- 26 • Grundgedanke des ewG: Grundansatz Ton und Salz als Wirtsgestein ist die eigentliche
- 27 Barriere. Funktioniert bei Kristallin nicht.

**Kommentiert [AK2-16]:**  
Ergebnisse\_Fachtagung\_Version1.pdf  
2.2.1

## 2. Begriffsbestimmungen

Für die Systematisierung der Kriterienentwicklung hat die AG 3 ein einheitliches Verständnis der Kategorien "Ausschlusskriterium", Mindestanforderung und "Abwägungskriterium" entwickelt, dass zu folgenden Begriffsbestimmungen führte:

### Ausschlusskriterium:

Ein Ausschlusskriterium ist ein Kriterium, bei dessen Erfüllung eine Standortregion bzw. ein Standort nicht für ein Endlager geeignet ist und daher aus dem weiteren Verfahren ausgeschlossen wird. Die Ausschlusskriterien bleiben während des gesamten Auswahlverfahrens gültig.

### Mindestanforderung:

Eine Mindestanforderung für die Auswahl einer Endlagerregion bzw. eines Endlagerstandortes ist eine Anforderung, die auf jeden Fall eingehalten werden muss. Sofern sie nicht eingehalten wird, ist der Standort nicht geeignet und wird daher aus dem weiteren Verfahren ausgeschlossen. Die Mindestanforderungen bleiben während des gesamten Auswahlverfahrens gültig.

### Abwägungskriterium:

Durch Abwägungskriterien sollen Standortregionen bzw. Standorte, die nach Anwendung der Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen im Verfahren verblieben sind, untereinander verglichen werden (zusammen mit den Ergebnissen von Sicherheitsuntersuchungen).

18

Die nachfolgend genannten Kriterien haben zum Ziel, einen Standort festzulegen, der die bestmögliche Sicherheit zur Isolation insbesondere hoch radioaktiver Abfälle für einen Zeitraum von einer Million Jahren erwarten lässt. Sie orientieren sich an den geowissenschaftlichen Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und Anforderungen an eine günstige geologische Gesamtsituation gemäß AkEnd<sup>1</sup>. Die dort zusammengestellten Aspekte wurde von der Arbeitsgruppe geprüft und entweder übernommen, modifiziert bzw. angepasst oder begründet nicht übernommen.

26

Kommentiert [Oline17]:  
IOD 1026, 1029, 1030, 1031, 1032, 1033

Kommentiert [Oline18]:  
ID 1027

Kommentiert [Oline19]:  
ID 1034, 1035

<sup>1</sup> vgl. AkEnd (2002), Auswahlverfahren für Endlagerstandorte

---

1 **3. Kapitel 6.5.3 Geowissenschaftliche Ausschlusskriterien**

2 **3.1. Kapitel 6.5.3.1 Großräumige Vertikalbewegungen**

3 Eine Standortregion mit einer zu erwartenden großräumigen geogenen Hebung von im Mittel mehr  
4 als 1 mm pro Jahr im Nachweiszeitraum (~1 Mio. Jahre) wird ausgeschlossen. Eine Standortregion  
5 soll möglichst geringe tektonisch bedingte großräumige Hebungen aufweisen.

6 *Erläuterung: Großräumige Hebungen eines Gebirgsbereiches in dem ein Endlager eingebettet ist,*  
7 *könnten dazu führen, dass an der Geländeoberfläche verstärkt Erosion auftritt, die die notwendige*  
8 *Schutzwirkung der Überdeckung des Endlagers beeinträchtigen kann (s.a. AkEnd-Bericht, S. 86-*  
9 *87).*

10 **3.2. Kapitel 6.5.3.2 Aktive Störungszonen**

11 Im einschlusswirksamen Gebirgsbereich inklusive eines Sicherheitsabstands dürfen keine  
12 geologisch aktiven Störungszonen vorhanden sein, die das Endlagersystem und insbesondere den  
13 einschlusswirksamen Gebirgsbereich sowie die technischen und geotechnischen Barrieren  
14 beeinträchtigen können. Unter einer „aktiven Störungzone“ werden sowohl Verwerfungen mit  
15 deutlichem Gesteinsversatz als auch Zerrüttungszonen mit tektonischer Entstehung verstanden. Als  
16 "aktive Störungen" mit Sicherheitsrelevanz für ein Endlager werden Verwerfungen angesehen, an  
17 denen nachweislich oder mit großer Wahrscheinlichkeit im Zeitraum Rupel (ein geologischer  
18 Zeitraum, der vor etwa 34 Mio. Jahren beginnt) bis heute Bewegungen stattgefunden haben.  
19 Atektonische bzw. aseismische Vorgänge (also Vorgänge, die nicht aus den Gesetzen der Tektonik  
20 abgeleitet werden können oder nicht auf seismische Aktivitäten zurückzuführen sind), die zu  
21 ähnlichen sicherheitlichen Konsequenzen wie tektonische Störungen führen können, sind wie diese  
22 zu behandeln (s.a. AkEnd-Bericht, S. 87/88).

23 *Erläuterung: Die mutmaßlichen Breiten von Störungszonen sind individuell abzuschätzen. Da eine*  
24 *exakte Zonenbreite in der Regel nicht festlegbar ist, sollte für eine Ausweisung von Gebieten mit*  
25 *besonders ungünstigen Verhältnissen ein "Sicherheitsaufschlag" von einigen Kilometern beidseits*  
26 *der erkannten Zone festgelegt werden (s.a. AkEnd 2002, S. 88).*

27 **3.3. Kapitel 6.5.3.3 Einflüsse aus gegenwärtiger oder früherer bergbaulicher**  
28 **Tätigkeit**

29 In der Standortregion darf das Gebirge nicht durch gegenwärtige oder frühere bergbauliche Tätigkeit  
30 so geschädigt sein, dass daraus negative Einflüsse auf den Spannungszustand und die  
31 Permeabilität des Gebirges im Bereich des Endlagers und insbesondere des einschlusswirksamen  
32 Gebirgsbereiches zu besorgen sind. Erkundungsmaßnahmen im Rahmen des  
33 Standortauswahlverfahrens sind so zu planen und durchzuführen, dass der einschlusswirksame  
34 Gebirgsbereich nur im für den erforderlichen Informationsgewinn unvermeidlichen Ausmaß verritzt  
35 und seine Integrität nicht gefährdet wird.

36 Das Endlager muss in einem neu aufzufahrenden Bergwerk errichtet werden. Vorhandene alte  
37 Bohrungen dürfen den umgebenden einschlusswirksamen Gebirgsbereich in seiner  
38 Einschlussfunktion nachweislich nicht beeinträchtigen

39 Auffahrung, Betrieb und Offenhaltung des Erkundungsbergwerkes Gorleben bleiben davon  
40 unberührt.



---

1 *Erläuterung: Da im ersten Schritt des Standortauswahlverfahrens noch keine gebirgsmechanischen*  
2 *Standortsicherheitsberechnungen erfolgen, müssen die Einflüsse aus gegenwärtiger und früherer*  
3 *bergbaulicher Tätigkeit zunächst qualitativ abgeschätzt werden.*

#### 4 **3.4. Kapitel 6.5.3.4 Seismische Aktivität**

5 In der Standortregion dürfen die zu erwartenden seismischen Aktivitäten nicht größer sein als in  
6 Erdbebenzone 1<sup>2</sup> nach DIN EN 1998-1 / NA 2011-01.

#### 7 **3.5. Kapitel 6.5.3.5 Vulkanische Aktivität**

8 In der Standortregion darf kein quartärer oder zukünftig zu erwartender Vulkanismus vorliegen.

9 *Erläuterung<sup>3</sup>: Ein Magmenzutritt in das Endlager ist zu vermeiden, da Temperatur-spannungen,*  
10 *vulkanische Beben und induzierte Bewegungen an Störungen die Integrität des Endlagers*  
11 *beeinträchtigen und über den Zutritt von Grundwasser die Barriere-Wirkung verringern können.*  
12 *Beim Ausschluss von Gebieten mit vulkanischer Aktivität ist zusätzlich ein Sicherheitssaum von*  
13 *10 km um potenziell gefährdete Bereiche zu berücksichtigen.*

14 *Der AKEnd kam zur Einschätzung der vulkanischen Gefährdung in Deutschland auf Grundlage einer*  
15 *Expertenumfrage<sup>4</sup> zu dem Ergebnis, dass in Deutschland außer den Gebieten Eifel und*  
16 *Vogtland/Egergraben keine weiteren Gebiete mit einer vulkanischen Gefährdung benannt werden*  
17 *müssen. Das Wiederaufleben des Vulkanismus in der Eifel im Prognosezeitraum in der*  
18 *Größenordnung von einer Million Jahren ist als sicher anzunehmen. Anzeichen einer*  
19 *bevorstehenden Eruption sollten sich in einem Zeitraum von ca. ein bis zwei Jahren zuvor*  
20 *ankündigen. Im Bereich des Vogtlands und in der angrenzenden Region Nordwestböhmens besteht*  
21 *nach dem vorliegenden Kenntnisstand eine Wahrscheinlichkeit von etwa 50 % für das*  
22 *Wiederaufleben des Vulkanismus im westlichen Teil des Egergrabens.*

#### 23 **3.6. Kapitel 6.5.3.6 Grundwasseralter**

24 Im einschlusswirksamen Gebirgsbereich bzw. im Einlagerungsbereich dürfen keine jungen  
25 Grundwässer vorliegen. In diesen Grundwässern dürfen daher Tritium und Kohlenstoff-14 nicht in  
26 Konzentrationen über dem natürlichen Hintergrundniveau nachweisbar sein.

27 *Erläuterung: Junge Grundwässer deuten auf eine Teilnahme des Grundwassers am*  
28 *hydrologischen Kreislauf hin. Die auf Grund der Tritium-/Kohlenstoff-14-Konzentrationen*  
29 *errechneten Grundwasseralter müssen dabei validiert und ggfs. durch weitere geochemische und*  
30 *isotopen-hydrogeologische Hinweise überprüft werden<sup>5</sup>.*

31

---

<sup>2</sup> vgl. AkEnd (2002), Auswahlverfahren für Endlagerstandorte, K-MAT 1, S. 89-91

<sup>3</sup> vgl. AkEnd (2002), Auswahlverfahren für Endlagerstandorte, K-MAT 1, S. 91-93

<sup>4</sup> vgl. K-Mat 12-14: JENTZSCH, G. (2001): Vulkanische Gefährdung in Deutschland. Entwicklung eines Kriteriums zum Ausschluss von Gebieten für die weitere Untersuchung hinsichtlich der Eignung als Standort eines Endlagers für radioaktive Abfälle.

<sup>5</sup> vgl. AkEnd (2002), Auswahlverfahren für Endlagerstandorte, K-MAT 1, S. 94-95

---

1 **4. Kapitel 6.5.4 Geowissenschaftliche Mindestanforderungen**

2 **4.1. Kapitel 6.5.4.1 Gebirgsdurchlässigkeit**

3 Im einschlusswirksamen Gebirgsbereich muss die Gebirgsdurchlässigkeit  $k_f$  weniger als  $10^{-10}$  m/s  
4 betragen. Sofern ein direkter Nachweis in der ersten und zweiten Phase der Standortsuche noch  
5 nicht möglich ist, muss nachgewiesen werden, dass der einschlusswirksame Gebirgsbereich aus  
6 Gesteinstypen besteht, denen eine Gebirgsdurchlässigkeit kleiner als  $10^{-10}$  m/s zugeordnet werden  
7 kann.

8 Die Erfüllung des Kriteriums kann auch durch überlagernde Schichten nachgewiesen werden. Der  
9 einschlusswirksame Gebirgsbereich befindet sich damit außerhalb des Wirtsgesteins (Fall Bb nach  
10 AK End).

11 *Erläuterung: Grundsätzlich gilt, dass die Gebirgsdurchlässigkeit möglichst gering sein soll, damit ein*  
12 *advektiver Flüssigkeitstransport vermieden wird und allenfalls ein diffusiver Stofftransport erfolgt<sup>6</sup>.*

13 *Kristallingesteine können zwar über homogene Bereiche mit sehr geringen*  
14 *Gesteinsdurchlässigkeiten ( $k_f < 10^{-10}$  m/s) verfügen, die Gebirgsdurchlässigkeit über Trennflächen*  
15 *(Klüfte, Verwerfungen) kann jedoch deutlich erhöht sein. Demnach sind bei der Erkundung*  
16 *Homogenbereiche auszuweisen, in denen mächtige, hydraulisch aktive Störungszonen nicht*  
17 *vorhanden sind. Zwischen eventuell auftretenden, hydrogeologisch relevanten Störungszonen*  
18 *müssen unter Beachtung von Sicherheitsabständen möglichst homogene und minimal deformierte*  
19 *Gesteinsblöcke geringer Durchlässigkeit ausgewiesen werden. Deshalb ist für den Nachweis der*  
20 *Standorteignung eine detaillierte Erfassung und hydrogeologische Bewertung des strukturellen*  
21 *Inventars erforderlich<sup>7</sup>. Günstig für eine Radionuklidrückhaltung ist das Vorkommen alterierter*  
22 *Gesteinsvarietäten mit guten Sorptionseigenschaften in diesen Gebieten. Die Gesteine sollten*  
23 *demnach im Nah- und Fernfeld des Endlagers über gut ausgebildete Isolations- bzw.*  
24 *Radionuklidfixierungseigenschaften verfügen.*

25 *Der Kenntnisstand wird jedoch zu Beginn des Auswahlverfahrens noch nicht vollständig zur genauen*  
26 *Abgrenzung dieser Bereiche ausreichen. Wenn für Kristallingesteinsformationen geologische*  
27 *Informationen (z.B. ein entsprechend hoher Durchtrennungsgrad, hydrogeologisch relevante oder*  
28 *hydraulisch aktive Störungszonen) vorliegen die erwarten lassen, dass die Gebirgsdurchlässigkeit*  
29 *größer ist als  $10^{-10}$  m/s, werden diese Kristallingesteinsformationen ausgeschlossen.*

30 *Der Nachweis der Isolation kann auch durch überlagernde dichte Gesteine (Ton/Salz) erfolgen<sup>8</sup>. Der*  
31 *einschlusswirksame Gebirgsbereich liegt dabei außerhalb des Wirtsgesteins (Fall Bb nach AK End<sup>9</sup>*  
32 *2002).*

33

---

<sup>6</sup> vgl. AkEnd (2002), Auswahlverfahren für Endlagerstandorte, K-MAT 1, S. 95 und S. 113-129

<sup>7</sup> vgl. Ziegenhagen, J., Hammer, J., Fahrenholz, C. et al. (2005): Anforderungen an die Standorterkundung für HAW-Endlager in Hartgesteinen (ASTER).- Abschlussbericht, BMWA, FKZ 02E9612 und 02E 9622

<sup>8</sup> vgl. K-MAT 42: Schreiber, U., Ewert, T. & Jentsch, G. (2015): Geologische Potenziale zur Einlagerung von radioaktiven Abfallstoffen unterhalb von stratiformen Salzformationen.- Universität Duisburg-Essen

<sup>9</sup> vgl. AkEnd (2002), Auswahlverfahren für Endlagerstandorte, K-MAT 1, S. 131-135

#### 4.2. Kapitel 6.5.4.2 Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

[Der einschlusswirksame Gebirgsbereich muss mindestens 100 m mächtig sein<sup>10</sup>.]

*Erläuterung: Da der einschlusswirksame Gebirgsbereich eine Mächtigkeit von mindestens 100 m aufweisen soll, sind im Rahmen der Standortauswahl Wirtsgesteinsbereiche mit Barrierefunktion auszuweisen, die hinreichend mächtig sind um den einschlusswirksamen Gebirgsbereich aufzunehmen.*

*Die Herleitung der Mindestmächtigkeit durch den AkEnd beruht ursprünglich auf Überlegungen zu "Gesteinstypen mit sehr kleinen Gebirgsdurchlässigkeiten"<sup>11</sup>, in denen das Konzept des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs über das gesamte Endlagervolumen uneingeschränkt gültig ist.*

*Für potenzielle Standorte mit Kristallingestein ergibt sich hieraus einerseits der Anspruch, entsprechend große homogene Kristallinbereiche auszuweisen (s.a. Kapitel [6.5.4.1]), andererseits sind auch Kristallinbereiche denkbar, in denen das Konzept des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs nicht für das Endlager in seiner Gesamtheit, sondern für kleinere Einheiten des Endlagers bis hin zum Einzelbehälter definiert werden muss. In diesen Fällen ist aber auch das Barrierenkonzept im Kristallin mit einem langzeitsicherheitlichen Schwerpunkt auf der Kombinationswirkung aus Behälter und geotechnischer Barriere ein grundsätzlich anderes. Für diesen Fall ist eine Mindestanforderung, die eine Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs von mindestens 100 m fordert, mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht darstellbar. Dies könnte nach Auffassung der AG3 [der Kommission] dazu führen, dass deutsche Kristallinvorkommen frühzeitig aus dem Auswahlverfahren ausscheiden.*

#### 4.3. Kapitel 6.5.4.3 Minimale Tiefe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

Die Oberfläche des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches muss mindestens 300 m unter der Geländeoberfläche liegen<sup>12</sup>.

In Gebieten, in denen im Nachweiszeitraum

[exogene Prozesse in einer Intensität auftreten können, die die Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs in Frage stellen können, muss die Intensität dieser Prozesse bei der Mindesttiefe berücksichtigt werden]

[mit der Bildung eiszeitlicher Rinnen zu rechnen ist, muss die Oberfläche des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches unter der maximal zu erwartenden Tiefe solcher Rinnen liegen.]

*Erläuterung: Durch die Festlegung einer Mindesttiefe des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches soll vermieden werden, dass der einschlusswirksame Gebirgsbereich durch von der Geländeoberfläche ausgehende Einwirkungen, insbesondere durch intensive Erosion (z.B. durch subglaziale Rinnenbildung in Eiszeiten) beeinträchtigt wird. Die in einer Standortregion bzw. am Standort zu erwartende Rinnentiefe muss prognostiziert werden. Bei der später vorzunehmenden Abwägung ist aus sicherheitlichen Überlegungen im Rahmen der Abwägung auf einen großen*

**Kommentiert [sal20]:** AG3-Sitzung am 14.04.2016: Nds liefert diesbezüglich noch einen Erläuterungstext

**Kommentiert [sal21]:** Es wurde in der AG3 am 22.02. vereinbart und am 14.04. bestätigt, dass hierzu ein abgestimmter gemeinsamer Vorschlag von Herrn Dr. Appel, Dr. Fischer, Min. Wenzel erarbeitet wird, ggf. unter Einbindung weiterer AG3-Mitglieder und der BGR

**Kommentiert [sal22]:** Vorschlag D. Appel zur Verallgemeinerung

<sup>10</sup> vgl. AkEnd (2002), Auswahlverfahren für Endlagerstandorte, K-MAT 1, S. 96

<sup>11</sup> vgl. AkEnd (2002), Auswahlverfahren für Endlagerstandorte, K-MAT 1, S. 96

<sup>12</sup> vgl. AkEnd (2002), Auswahlverfahren für Endlagerstandorte, K-MAT 1, S. 96

---

1 Abstand zwischen der Oberfläche des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches und der Unterfläche  
2 der Rinnen zu achten.

3 **4.4. Kapitel 6.5.4.4 Maximale Tiefe des Einlagerungsbereichs**

4 Diese Anforderung des AkEnd entfällt aus Sicht der **AG3 [Kommission]**.

5 *Begründung: Die Tiefe eines Endlagerbergwerks ergibt sich aus der örtlichen geologischen*  
6 *Situation, dem Einlagerungskonzept, der bergtechnischen Machbarkeit und ggf. zusätzlichen*  
7 *Anforderungen an die Arbeitssicherheit unter Tage (e.g. Umgebungstemperatur). Die Suche nach*  
8 *einem Endlagerstandort sollte für eine Einlagerungstiefe zwischen 500 und 1000 m erfolgen. Je*  
9 *nach Einlagerungskonzept (z.B. vertikale Bohrlochlagerung) können auch größere Tiefen erreicht*  
10 *oder notwendig werden. Die an einem bestimmten Standort erforderliche Einlagerungstiefe kann*  
11 *also von Standort zu Standort sehr unterschiedlich sein. Unter diesen Randbedingungen ist die*  
12 *Kommission, abweichend vom Vorschlag des AkEnd, der Auffassung, dass es nicht sinnvoll ist, für*  
13 *die maximale Tiefe des Einlagerungsbereichs eine Mindestanforderung zu definieren.*

14 **4.5. Kapitel 6.5.4.5 Fläche des Endlagers**

15 Der einschlusswirksame Gebirgsbereich muss über eine Ausdehnung in der Fläche verfügen, die  
16 eine Realisierung des Endlagers ermöglicht.

17 *Erläuterung: Im Rahmen der Auswahl der Standortregionen (1. Schritt des Auswahlverfahrens) ist*  
18 *der einschlusswirksame Gebirgsbereich eines Endlagers noch nicht bekannt. Für die Größe des*  
19 *einschlusswirksamen Gebirgsbereiches einschließlich des gesamten Endlagerbergwerks wurde im*  
20 *AKEnd-Bericht für Salz von einer Fläche von 3 km<sup>2</sup> und für Tonstein von 10 km<sup>2</sup> ausgegangen<sup>13</sup>.*  
21 *Die Kommission hat diese Angaben zur erforderlichen Mindestfläche durch ein Gutachten*  
22 *überprüfen lassen<sup>14</sup>. Das Gutachten hat für die dort untersuchten Szenarien folgende*  
23 *Mindestflächenbedarfe errechnet:*

---

<sup>13</sup> vgl. AkEnd (2002), Auswahlverfahren für Endlagerstandorte, K-MAT 1, S. 96-97

<sup>14</sup> vgl. DBEtec (2016): Gutachten Flächenbedarf für ein Endlager für wärmeentwickelnde, hoch radioaktive Abfälle

**Tabelle 4-1: Gesamtendlagerflächenbedarf entsprechend DBE (2016)**

Endlagervariante Flächenermittlung	Salz 200°C	Salz 100°C	Tonstein 100°C	Granit 100°C
Erforderliche Pfeilerbreite zwischen Einlagerungsstrecken	2,0 x Breite der Strecke	2,0 x Breite der Strecke	5,0 x Breite der Strecke	2,5 x Höhe der Strecke
Erforderliche Endlagerfläche für Gebinde (m <sup>2</sup> )	800.800	1.632.600	4.871.000	2.212.700
Erforderlicher Sicherheitsabstand (m)	50	50	40	100
Erforderliche Endlagerfläche aus Sicherheitsabstand (m <sup>2</sup> )	228.000	401.200	1.082.000	1.026.000
Erforderliche Fläche für Infrastrukturbereich (m <sup>2</sup> )	250.000	250.000	630.000	320.000
<b>Gesamtendlagerfläche (m<sup>2</sup>)</b>	<b>1.278.800</b>	<b>2.283.800</b>	<b>6.583.000</b>	<b>3.558.700</b>

Quelle: DBEtec (2016)

1

2 Die Kommission nimmt das Gutachten als Orientierung zur Kenntnis, ist aber auch der Auffassung,  
3 dass der tatsächliche Flächenbedarf im Rahmen der Standortauswahl leicht deutlich größer sein  
4 kann, beispielsweise durch zusätzliche Sicherheitspfeiler oder zur Flexibilisierung der  
5 Endlagergeometrie.

6 Nach dem Bericht zum Nationalen Entsorgungsprogramm sollen zudem weitere Abfallmengen aus  
7 der Urananreicherung und aus dem Endlager Asse – sofern ein geeigneter Standort für ein  
8 Kombilager gefunden werden kann - in das Endlager für hoch radioaktive Abfälle aufgenommen  
9 werden sollen. Bei der Berechnung der Flächenausdehnung eines Endlagers muss auch das  
10 Lagerkonzept einschließlich der Zugangsstrecken, Untertagelabors, Verschlussbauwerke usw.  
11 beachtet werden.

12 Im Vergleich zu den in dem Gutachten errechneten Mindestflächenbedarfen können die Ansätze  
13 des AkEnd als konservativ angesehen werden. Sie eignen sich daher im Rahmen der  
14 Standortauswahl nach wie vor als Mindestanforderungen für den Standortauswahlprozess und  
15 können daher beibehalten werden.

16

17 **4.6. Kapitel 6.5.4.6 Erkenntnisse zum einschlusswirksamen Gebirgsbereich**  
18 **hinsichtlich des Nachweiszeitraums**

19 Es dürfen keine Erkenntnisse oder Daten vorliegen, welche die Einhaltung der  
20 geowissenschaftlichen Mindestanforderungen zur Gebirgsdurchlässigkeit, Mächtigkeit und

- 
- 1 Ausdehnung des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches und damit seine Integrität über einen
  - 2 Zeitraum von einer Million Jahren zweifelhaft erscheinen lassen<sup>15</sup>.
  - 3

---

<sup>15</sup> vgl. AkEnd (2002), Auswahlverfahren für Endlagerstandorte, K-MAT 1, S. 97

## 5. Kapitel 6.5.5 Geowissenschaftliche Abwägungskriterien

Ziel des Standortauswahlverfahrens ist es, einen Standort zu finden, der die bestmögliche Sicherheit für eine Isolation der Abfälle von den Schutzgütern für einen Zeitraum von einer Million Jahren gewährleistet. Nachdem unter Anwendung der geowissenschaftlichen Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen geologische Suchräume ausgewiesen wurden, soll mit Hilfe der nachfolgend genannten Abwägungskriterien beurteilt werden, ob in einem Teilgebiet bzw. einer Standortregion eine insgesamt günstige geologische Gesamtsituation vorliegt. Dabei gilt grundsätzlich, dass ein einzelnes Abwägungskriterium nicht hinreichend ist, um die günstige geologische Gesamtsituation nachzuweisen oder auszuschließen. Die günstige geologische Gesamtsituation ergibt sich also nicht aus der besonders guten Erfüllung eines einzelnen Kriteriums, sondern aus der Summe der Erfüllung (bzw. Erfüllungsgrade) aller Anforderungen und deren Kriterien. Eine günstige geologische Gesamtsituation ist ein Teilziel. Sie ist dem Gesamtziel, eine hinsichtlich der Sicherheit des Endlagers günstige Gesamtsituation zu erreichen untergeordnet. Die Sicherheit des Endlagers wird im Rahmen von Sicherheitsuntersuchungen beurteilt.

Die geowissenschaftlichen Abwägungskriterien sind im Folgenden in **[endgültige Anzahl]** Anforderungen und drei Gewichtungsgruppen gegliedert, die sich zunächst an der Bedeutung der Anforderung für das zentrale Ziel des Einschlusses im ewG orientieren:

Gewichtungsgruppe 1: Güte des **[Einschlussvermögens]** **[Isolationsvermögens]** und Zuverlässigkeit des Nachweises

- Anforderung 1: Kein oder langsamer Transport durch Grundwasser im Endlagerniveau
- Anforderung 2: Günstige Konfiguration der Gesteinskörper, insbesondere von Wirtsgestein und einschlusswirksamem Gebirgsbereich
- Anforderung 3: Gute räumliche Charakterisierbarkeit
- Anforderung 4: Gute Prognostizierbarkeit der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse

Gewichtungsgruppe 2: Absicherung des **[Einschlussvermögens]** **[Isolationsvermögens]**

- Anforderung 5: Günstige gebirgsmechanische Voraussetzungen
- Anforderung 6: Geringe Neigung zur Bildung von Wasserwegsamkeiten in Wirtsgesteinskörper / einschlusswirksamem Gebirgsbereich

Gewichtungsgruppe 3: Weitere sicherheitsrelevante Eigenschaften

- Anforderung 7: Gute Bedingungen zur Vermeidung bzw. Minimierung der Gasbildung
- Anforderung 8: Gute Temperaturverträglichkeit
- Anforderung 9: Hohes Rückhaltevermögen des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs gegenüber Radionukliden
- Anforderung 10: Günstige hydrochemische Verhältnisse
- Anforderung 11: Günstige Bedingungen für den Bau von Verschlussbauwerken

Es wird z. Zt. noch darüber diskutiert, den Katalog der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien um weitere Kriterien zu ergänzen, deren Einordnung in die zugehörigen Gewichtungsgruppe mit Verabschiedung dieser neuen Abwägungskriterien noch erfolgen muss. In der Diskussion stehen diesbezüglich:

**Kommentiert [sal23]:** Merkposten aus der Sitzung am 14.04.

Aus der Diskussion der AG 3 am 6.4. zu Anforderung 6: Im nächsten Durchgang grundsätzlich prüfen, ob bei der Beschreibung der Abwägungskriterien der Abwägungsaspekt stärker betont werden sollte, damit nicht der Eindruck entsteht, dass das jeweilige Abwägungskriterium zu einer absoluten Wertung hinsichtlich der Standorteignung führt.

Aus der Diskussion der AG 3 am 6.4. Für die Abschließende Prüfung der Vollständigkeit wird eine Hinzuziehung der K-MAT 7 (BGR Wirtsgesteine im Vergleich) vereinbart.

Aus der Diskussion in der AG 3 am 05./06.04.: Noch einmal überlegen, ob die Anwendung der Mindestanforderungen durchgehend als Positivkartierung ("Gebiete/Regionen/Standorte die die Anforderungen erfüllen" oder Negativkartierung ("Ausschluss von Gebieten/Regionen/Standorten, die die Anforderungen nicht erfüllen") formuliert werden soll.

**Kommentiert [sal24]:** Vorschlag D. Appel: Einschlussvermögen statt Isolationsvermögen

- 
- 1 • [Anforderung x12: Hohes Rückhaltevermögen der Gesteine im Deckgebirge
  - 2 gegenüber Radionukliden]
  - 3 • [Anforderung x13: Schützender Aufbau des Deckgebirges]
  - 4 • [Anforderung x14: Günstige Randbedingungen für Fehlerkorrekturen]
  - 5 • [Anforderung x15: Günstige Voraussetzungen zur Vermeidung des Aufbaus zu
  - 6 hohen Gasdrucks]
  - 7 • [Anforderung x16 Optimale Tiefenlage des Einlagerungsbereichs]

8

9 Die geowissenschaftlichen Abwägungskriterien kommen erstmals in Schritt 2 der Phase 1 des  
10 Standortauswahlverfahrens zur Anwendung und gelten ab dann für den gesamten weiteren  
11 Abwägungsprozess bis zum Abschluss der Phase 3 mit der Auswahl des Endlagerstandorts.

12 Sie dienen in Schritt 2 der Phase 1 zunächst der Ausweisung von Teilgebieten mit günstigen  
13 geologischen Voraussetzungen. In Schritt 3 der Phase 1 sollen sie im Rahmen einer vertiefenden  
14 Abwägung zusammen mit repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen und der  
15 Anwendung planungswissenschaftlicher Kriterien, dazu dienen, Standortregionen für die übertägige  
16 Erkundung auszuweisen (Abschluss Phase 1).

17 In den Phasen 2 und 3 treten auf Basis der zunehmenden standortbezogenen Informationen aus  
18 der übertägigen und untertägigen Erkundung schrittweise Sicherheitsuntersuchungen (s.a. **Kapitel**  
19 **6.5.1 des Kommissionsberichts**) auf Basis noch generischer Endlagerkonzepte hinzu, die mit dem  
20 Kenntnisgewinn iterativ verfeinert und an die Standortverhältnisse angepasst werden. Aus dem  
21 Vergleich der jeweils betrachteten Standortregionen bzw. Standorte ergeben sich zum Abschluss  
22 der Phase 2 Vorschläge für die untertägige Erkundung und schlussendlich der Vorschlag für den  
23 Standort mit der bestmöglichen Sicherheit (Abschluss Phase 3).

24 Die geowissenschaftlichen Abwägungskriterien dienen in diesem Prozess *[als vergleichende*  
25 *Prüfgegenstände] [vergleichende Prüfkriterien]*, anhand derer Unterschiede in der Standorteignung  
26 für den Abwägungsprozesse herausgearbeitet werden sollen. Ihre Gruppierung verweist dabei auf  
27 die Bedeutung des jeweiligen Kriteriums beim Einschluss der radioaktiven Abfälle und gibt daher  
28 auch Auskunft über seinen Rang innerhalb des Abwägungsprozesses: Gewichtungsgruppe 1 hat  
29 die höchste Bedeutung, gefolgt von Gewichtungsgruppe 2; Gewichtungsgruppe 3 ist beim Vergleich  
30 von Standortregionen oder Standorten zwar ebenfalls wichtig, in der Abwägungsrangfolge aber  
31 nachgeordnet.

32 In die Gewichtungsgruppe 1 (Güte des Einschlussvermögens) sind dabei diejenigen  
33 Abwägungskriterien eingeordnet, mit denen im Vergleich von Standortregionen oder Standorten  
34 untereinander die Qualität des Einschlusses der radioaktiven Stoffe am Ort ihrer Endlagerung, sowie  
35 die Zuverlässigkeit der Nachweisführung für den Nachweis der Langzeitsicherheit bewertet werden.  
36 Beides sind im Hinblick auf die Endlagerung zentrale Aspekte die darauf hinweisen, dass

- 37 a) am potenziellen Ort der Einlagerung ein langzeitsicherer Einschluss radioaktiver Stoffe
- 38 möglich ist
- 39 b) dies auch im Rahmen eines Nachweisverfahrens mit hinreichender Gewissheit gezeigt und
- 40 für den Nachweiszeitraum prognostiziert werden kann.



---

1 Das Einschlussvermögen am Ort der Einlagerung, sei es durch Ausweisung und Nachweis eines  
2 einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (ggf. auch mehrerer) oder durch Zusammenwirken  
3 technischer, geotechnischer und geologischer Barrieren in einer langzeitstabilen Umgebung, ist die  
4 zentrale geologische Eigenschaft des gesamten Endlagersystems, und ist insofern das primäre  
5 Standortmerkmal nach dem im Auswahlverfahren gesucht wird. Die Gewichtungsgruppe 1 ist daher  
6 für den Auswahlprozess von größter Bedeutung. Im Rahmen der Abwägung geht es dabei um den  
7 Vergleich und die Rangfolgenbildung von Standortregionen oder Standorten, bei den das  
8 Einschlussvermögen gegenüber radioaktiven Abfällen grundsätzlich erwartet werden kann. Das  
9 Fehlen des Einschlussvermögens am Ort der Einlagerung würde zum Ausschluss aus dem  
10 Verfahren führen, daher wären derartige Standorte bereits nicht mehr Gegenstand der  
11 geowissenschaftlichen Abwägung.

12 Bei der Abwägung auftretende relative Nachteile beim Einschlussvermögen können nicht durch  
13 Kriterien der anderen Gewichtungsgruppen kompensiert werden. Beispielsweise lässt sich ein  
14 fehlender oder im Vergleich schwächerer einschlusswirksamer Gebirgsbereich in der Abwägung  
15 nicht gleichwertig durch ein sorptionsfähiges Deckgebirge ersetzen.

16 Gewichtungsgruppe 2 (Absicherung des Einschlussvermögens) enthält Abwägungskriterien mit  
17 denen bewertet werden kann, wie gut das Gebirge sein Einschlussvermögen gegenüber  
18 Beanspruchungen aufrecht erhält, die bei Errichtung und Betrieb von untertägigen Hohlräumen des  
19 Endlagers entstehen. Günstige Eigenschaften sind eine hohe Tragfähigkeit des Gebirges, also eine  
20 hohe Stabilität der aufzufahrenden Hohlräume, eine möglichst geringe Neigung zur  
21 Gebirgsauflockerung im Umfeld der Hohlräume, eine möglichst geringe Neigung zur Bildung neuer  
22 oder Reaktivierung fossiler Wasserwegsamkeiten *[im einschlusswirksamen Gebirgsbereich]* *[durch*  
23 *den einschlusswirksamen Gebirgsbereich]* *[im Wirtsgesteinskörper]* sowie die Fähigkeit, auf  
24 induzierte Rissbildung mit Selbstheilungsprozessen zu reagieren. Da diese Eigenschaften bis zu  
25 einem gewissen Grad durch geotechnische Maßnahmen beim Ausbau des Endlagers verbessert  
26 und daher Abwägungsnachteile ggf. technisch kompensiert werden können, sind sie als  
27 Gewichtungsgruppe 2 der ersten Gewichtungsgruppe nachgeordnet.

28 Gewichtungsgruppe 3 enthält Abwägungskriterien, mit denen die Robustheit des Endlagersystems  
29 bewertet wird. Sie verweisen darauf, dass die Funktion des Endlagers nicht mit dem  
30 Nachweiszeitraum endet, sondern dass der Einschluss nach menschlichem Ermessen zeitlich  
31 unbegrenzt erhalten bleiben soll, und dass Eigenschaften, die dies unterstützen, in der Abwägung  
32 ansonsten gleichwertiger Standorte positiv zu werten sind. Günstige Eigenschaften in dieser  
33 Gewichtungsgruppe sind für den formalen Nachweis der Langzeitsicherheit eines Endlagers nicht  
34 zwingend erforderlich, stärken und erhöhen aber die Sicherheit des Gesamtsystems über das in den  
35 Gewichtungsgruppen 2 und 3 bewertete Einschlussvermögen hinaus, indem beispielsweise im  
36 Nahfeld der Abfälle ein günstiges Milieu zur Minimierung von Korrosion, und Gasbildung herrscht,  
37 oder die Wärme aus den Abfällen schnell und ohne Mineralumbildung in das Gestein abgeführt und  
38 dem Aufbau eines kritischen Gasdrucks entgegen gewirkt wird. Der Fähigkeit zum  
39 Radionuklidrückhalt im Gestein des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs limitiert oder verhindert  
40 den Radionuklidtransport in die Biosphäre für den Fall einer Freisetzung aus den Abfällen. Ein  
41 Deckgebirge, das den einschlusswirksamen Gebirgsbereich zusätzlich vor ungünstigen  
42 Einwirkungen (z.B. Erosion, Subrosion, glaziale Rinnen) schützt und/oder zusätzlich Radionuklide  
43 zurückhalten kann, steigert die Robustheit des Endlagersystems ebenfalls.

44 In der Zuordnung der Abwägungskriterien zu einer der Gewichtungsgruppen kommt also zum  
45 Ausdruck, dass die Abwägungskriterien im Hinblick auf die Sicherheit des auszuwählenden  
46 Standorts unterschiedliche Bedeutung haben, die z.T. auch *[konzeptspezifisch]*  
47 *[wirtsgesteinsspezifisch]* unterschiedlich sein kann. Die Unterschiede sind bei der Abwägung

1 zwischen Standortregionen oder Standorten zu berücksichtigen. Auch Kombinationswirkungen  
2 können abwägungsrelevant sein. Aus diesem Grund sind in jedem Prozessschritt für die darin  
3 betrachteten Standortregionen oder Standorte alle Anforderungen mit ihren zugehörigen  
4 Abwägungskriterien entsprechend dem jeweiligen Informationsstand zu betrachten und abzu prüfen.  
5 Es kann auch grundsätzlich keine der Anforderungen unter Verweis auf andere Anforderungen in  
6 der Betrachtung entfallen.

7 Für Bewertung und Vergleich der jeweils zu betrachtenden Standortregionen bzw. Standorte ist ein  
8 verbal-argumentativer Abwägungsprozess erforderlich. Formale Aggregationsregeln, insbesondere  
9 solche mit kompensatorischer Aggregation der Einzelergebnisse der Kriterienanwendung, hält die  
10 Kommission nicht für zielführend. Die abwägende vergleichende Gesamtbetrachtung aller  
11 Anforderungen erfolgt mit dem Ziel, Standortregionen bzw. Standorte mit möglichst günstiger  
12 Gesamtausprägung ihrer sicherheitsgerichteten geologischen Merkmale auszuweisen,  
13 Unterschiede anhand sicherheitsbezogener Vorteile und Nachteile der Standortregionen bzw.  
14 Standort transparent zu machen und hieraus eine Auswahl für den jeweils folgenden Prozessschritt  
15 abzuleiten. In jedem Schritt können auf Basis vorhandener Kenntnisse und des erzielten  
16 Kenntnisgewinns die Vorteile und Nachteile sowie die daraus ableitbare Sicherheit der Standorte  
17 iterativ überprüft und bewertet werden. Im Verlauf dieses Prozesses gewinnen die Ergebnisse der  
18 detaillierter werdenden Sicherheitsuntersuchungen gegenüber den Abwägungskriterien an  
19 Bedeutung. Über Sensitivitätsanalysen können robustere von weniger robusten  
20 Merkmalskombinationen unterschieden werden. Dabei sind auch Änderungen in der anfänglichen  
21 Rangfolge sowie Rücksprungmöglichkeiten zu zunächst zurückgestellten Standorten mit zu  
22 bedenken.

## 23 5.1. **Kapitel 6.5.5.1 Gewichtungsgruppe 1: Güte des Isolationsvermögens und** 24 **Zuverlässigkeit des Nachweises**

**Kommentiert [Oline25]:** ID 1119, 1120

### 25 5.1.1. **Anforderung 1: Kein oder langsamer Transport durch Grundwasser** 26 **einschlusswirksamen Gebirgsbereich**

**Kommentiert [sal26]:** Geändert gem. K-Drs AG3-116 in der überarbeiteten Fassung vom 07.04.2016. Die ursprünglichen Online-Kommentare des Ausgangstextes wurden von Herrn Dr. Appel beider Überarbeitung mit berücksichtigt.

27 Die Anforderung "kein oder langsamer Transport durch Grundwasser im Endlagerniveau"  
28 charakterisiert für die sichere Endlagerung radioaktiver Abfälle günstige hydrogeologische  
29 Verhältnisse. Als günstig werden diese dann bezeichnet, wenn sowohl das Grundwasserangebot an  
30 die Abfälle als auch die Grundwasserbewegung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich gering ist:  
31 Ein geringes Grundwasserangebot begrenzt u.a. die Korrosion der Abfallbehälter und damit die  
32 Freisetzung von Radionukliden aus den Abfällen. Eine geringe Grundwasserbewegung ist  
33 Bedingung für einen langsamen advektiven Transport von Schadstoffen aus dem  
34 einschlusswirksamen Gebirgsbereich. Als Bewertungsgröße dafür wird die  
35 Abstandsgeschwindigkeit des Grundwassers herangezogen. Diese errechnet sich aus der  
36 Entfernung, die das Grundwasser in einer Zeiteinheit zurücklegt. Unter stagnierenden  
37 Grundwasserbedingungen kommt lediglich Diffusion als Transportmechanismus in Frage.

#### 38 Zugehörige Kriterien

- 39 • Die Grundwasserströmung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich, ausgedrückt als  
40 **Abstandsgeschwindigkeit**, sollte möglichst gering, d. h. deutlich kleiner als 1 mm pro Jahr (s.  
41 Tab. 5-1), sein.
- 42 • Das **Grundwasserangebot** im einschlusswirksamen Gebirgsbereich sollte möglichst gering sein.  
43 Der einschlusswirksame Gebirgsbereich sollte daher aus Gesteinstypen bestehen, die  
44 erfahrungsgemäß eine geringe Gebirgsdurchlässigkeit aufweisen.

1 • Die **Diffusionsgeschwindigkeit** im einschlusswirksamen Gebirgsbereich, erfasst durch den  
2 effektiven Diffusionskoeffizienten, sollte möglichst gering (kleiner  $10^{-11}$  m<sup>2</sup>/s) sein.

3 Zu den Bewertungsgrößen dieser Kriterien liegen in der ersten Phase des Auswahlverfahrens  
4 voraussichtlich keine ausreichenden Informationen vor. Solange diese Situation Bestand hat,  
5 kommen ersatzweise folgende Indikatoren zur Anwendung:

6 Als Indikator für die Beurteilung von Grundwasserströmung und Grundwasserangebot werden die  
7 charakteristischen Gebirgsdurchlässigkeiten der ins Auge gefassten Wirtsgesteinstypen Steinsalz,  
8 Tonstein und Kristallin benutzt<sup>16</sup>. Da zunächst auch dazu keine Informationen vorliegen werden,  
9 kommt der Gesteinstyp selbst als Indikator für die Gebirgsdurchlässigkeit zum Einsatz<sup>17</sup>:

10

11 Indikator "Gesteinstyp" für Gebirgsdurchlässigkeit, Abstandsgeschwindigkeit und  
12 Grundwasserangebot

13 Zugehöriges Kriterium

14 Der einschlusswirksame Gebirgsbereich sollte aus Gesteinstypen bestehen, die erfahrungsgemäß  
15 geringe Gebirgsdurchlässigkeiten aufweisen (die dafür in Tab. 5-1 für die Bewertungsgröße  
16 Grundwasserangebot angegebenen Werte gelten auch für die Bewertungsgröße  
17 Abstandsgeschwindigkeit).

18

19 Von den potenziellen Wirtsgesteinstypen kann das jeweilige Vorhandensein von Steinsalz und  
20 Tonstein als Indikatoren für geringe Gebirgsdurchlässigkeit angesehen werden, weil die  
21 Wahrscheinlichkeit, dass Gesteinskörper dieser Gesteinstypen die geforderte geringe  
22 Gebirgsdurchlässigkeit aufweisen, relativ groß ist. Allerdings ist im Rahmen des weiteren  
23 Auswahlverfahrens zu zeigen, dass grundsätzlich nicht ausschließbare durchlässigkeitserhöhende  
24 Eigenschaften, wie Inhomogenitäten oder wassergängige Trennfugen, bei einem betrachteten  
25 Gesteinskörper nicht ausgeprägt sind bzw. keine das Einschlussvermögen des  
26 einschlusswirksamen Gebirgsbereichs gefährdende Bedeutung haben.

27 Das Vorhandensein von Kristallingestein eignet sich nur eingeschränkt als Indikator für geringe  
28 Gebirgsdurchlässigkeit, weil Gesteinskörper dieses Gesteinstyps typischerweise  
29 durchlässigkeitserhöhende Trennfugen oder Klüfte aufweisen. Das macht die Existenz von  
30 Gesteinskörpern mit geringer Gebirgsdurchlässigkeit weniger wahrscheinlich (schließt sie aber, wie  
31 Beispiele zeigen, nicht aus) und führt ggf. zu einem anderen Sicherheitskonzept.

32 Mögliche weitere Indikatoren für das Fehlen einer Grundwasserbewegung bzw. für eine nur geringe  
33 Grundwasserbewegung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich, für die in AKEND (2002) keine  
34 Kriterien abgeleitet wurden, sind:

35 • auf Dauer "trockenes" Gestein<sup>18</sup>

36 • Temperaturverteilung im tiefen Untergrund<sup>19</sup>

**Kommentiert [sal27]:** Bezug zum ewG-Konzept in der abschließenden Fassung prüfen

<sup>16</sup> vgl. AkEnd (2002), Auswahlverfahren für Endlagerstandorte, K-MAT 1, S. 114ff

<sup>17</sup> vgl. AkEnd (2002), Auswahlverfahren für Endlagerstandorte, K-MAT 1, S. 121

<sup>18</sup> vgl. AkEnd (2002), Auswahlverfahren für Endlagerstandorte, K-MAT 1, S. 113

<sup>19</sup> vgl. AkEnd (2002), Auswahlverfahren für Endlagerstandorte, K-MAT 1, S. 121ff

- 1 • teufenabhängige Zunahme der Grundwasserdichte<sup>20</sup>
- 2 • "tatsächliches" Alter des Grundwassers im einschlusswirksamen Gebirgsbereich]
- 3 In Phase 1 des Auswahlverfahrens sind die mit diesen Indikatoren verbundenen Sachverhalte im
- 4 Rahmen der vertiefenden Abwägung zu betrachten, soweit entsprechende Informationen vorliegen.
- 5 **Diffusion** in wassergesättigten Gesteinen ist gegenüber der in freiem Wasser eingeschränkt. In den
- 6 die Diffusionsgeschwindigkeit charakterisierenden effektiven Diffusionskoeffizienten gehen neben
- 7 dem begrenzten Porenvolumen zusätzlich die eingeschränkte Zugänglichkeit von Poren geringer
- 8 Öffnungsweite (Konstriktivität) und besonders die zur Verlängerung der Migrationsweges führende
- 9 gewundene Form von Poren (Tortuosität) ein.
- 10 Im Hinblick auf den diffusen Stofftransport durch den einschlusswirksamen Gebirgsbereich ist
- 11 sicher zu stellen, dass die Migrationszeiten von Radionukliden möglichst dem geforderten
- 12 Isolationszeitraum entsprechen (AKEND 2002, S. 127ff). Daher muss die Ausdehnung des
- 13 einschlusswirksamen Gebirgsbereichs auf die Diffusionsgeschwindigkeit der Radionuklide
- 14 abgestimmt werden: Dazu wird als Modell eine 50 m mächtige Barriere angenommen, die einseitig
- 15 mit einer erhöhten Ausgangskonzentration eines idealen Tracers beaufschlagt wird. Die geforderte
- 16 geringe Diffusionsgeschwindigkeit bedeutet, dass die Konzentration des Tracers bei Austritt aus
- 17 dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich über einen Zeitraum von einer Million Jahren unterhalb
- 18 von 1 % der Ausgangskonzentration verbleibt. Dies ist bei einem effektiven Diffusionskoeffizienten
- 19  $< 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$  der Fall (Zuweisung der Werte zu den Wertungsgruppen in Tab. 5-1).<sup>21)</sup>
- 20

**Tabelle 5-1: Transport durch Grundwasser: Eigenschaften, Bewertungsgrößen bzw. Indikatoren und Erfüllungsfunktionen der Kriterien**

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße bzw. Indikator des Kriteriums [Dimension]	Wertungsgruppe		
		günstig	bedingt günstig	weniger günstig
Grundwasserströmung	<b>Abstandsgeschwindigkeit</b> des Grundwassers [mm/a]	$< 0,1$	0,1 - 1	$> 1$
Grundwasserangebot	<b>Charakteristische Gebirgsdurchlässigkeit des Gesteinstyps</b> [m/s]	$< 10^{-12}$	$10^{-12} - 10^{-10}$	
Diffusionsgeschwindigkeit	<b>Charakteristischer effektiver Diffusionskoeffizient des Gesteinstyps</b>	$< 10^{-11}$	$10^{-11} - 10^{-10}$	$> 10^{-10}$

<sup>20</sup> vgl. AkEnd (2002), Auswahlverfahren für Endlagerstandorte, K-MAT 1, S. 126

<sup>21</sup> Wichtige diffusionsbezogene Aspekte der sicherheitlichen Beurteilung von Diffusion im Rahmen von Sicherheitsuntersuchungen (u.a. Abhängigkeit des Diffusionskoeffizienten von Ionentyp, Ionenspezies, Gesteinstyp, Temperatur und Diffusionsrichtung, Interaktion mit Sorption) werden hier nicht berücksichtigt.

	[für tritiiertes Wasser (HTO) bei 25°C] <sup>22)</sup> [m <sup>2</sup> /s]			
--	---	--	--	--

Kommentiert [D.A.28]: In der AG3 zu besprechen

1

2 Zum effektiven Diffusionskoeffizienten liegen als Maß für die Diffusionsgeschwindigkeit in konkreten  
 3 Gesteinsvorkommen zu Beginn des Standortauswahlverfahrens keine ausreichenden Information  
 4 vor. Da der Diffusionskoeffizient (wie auch die Gebirgsdurchlässigkeit) generell vom Porenvolumen  
 5 des Gesteins abhängig ist, kann hilfsweise die absolute Porosität als Indikator für die  
 6 Diffusionsgeschwindigkeit in Frage kommen.

7

<sup>22)</sup> Vorschlag in Drs. AG3-36: Diffusionskoeffizient für tritiiertes Wasser (HTO) bei 25°C

1 Dies trifft bei Tonstein zu<sup>23</sup>). Hier nehmen Diffusionsgeschwindigkeit und effektiver  
 2 Diffusionskoeffizient wie die Porosität mit zunehmendem Kompaktions- bzw. Verfestigungsgrad des  
 3 Gesteins generell ab, so dass beide Eigenschaften als Indikatoren in Frage kommen:

4 Indikatoren "absolute Porosität" und "Verfestigungsgrad" für Diffusionsgeschwindigkeit bzw.  
 5 effektiven Diffusionskoeffizienten bei Tonstein

6 Zugehöriges Kriterium

7 Der einschlusswirksame Gebirgsbereich sollte aus Gestein(en) mit geringer absoluter Porosität und  
 8 hohem diagenetischen Verfestigungsgrad bestehen.

9

**Tabelle 5-2: Transport durch Grundwasser: Bewertungsgrößen der Diffusionsgeschwindigkeit für den Wirtsgesteinstyp Tonstein**

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße bzw. Indikator des Kriteriums [Dimension]	Wertungsgruppe <sup>24)</sup>		
		günstig	bedingt günstig	weniger günstig
Diffusionsgeschwindigkeit	Absolute Porosität	< 20 %	20 % - 40 %	> 40 %
	Verfestigungsgrad	Tonstein	fester Ton	halbfester Ton

10

11 Die Abhängigkeit von Diffusionsgeschwindigkeit bzw. effektivem Diffusionskoeffizienten (auch der  
 12 Durchlässigkeit) von der Porosität ist grundsätzlich auch bei kristallinen Gesteinen erkennbar.  
 13 Quantitative Zusammenhänge zwischen den Parametern sind allerdings nicht immer deutlich, selbst  
 14 wenn eine Korrelation zwischen dem effektiven Diffusionskoeffizienten und der Durchlässigkeit  
 15 festgestellt wird<sup>25</sup>. Belastbare Aussagen zur Unterscheidung und Abgrenzung unterschiedlich  
 16 günstiger Gesteinskörper im Hinblick auf die Diffusionsgeschwindigkeit sind daher allein auf Basis  
 17 von Indikatoren, also ohne gezielte Erhebung der effektiven Diffusionskoeffizienten, nicht möglich.

18 Bei unversehrtem Steinsalz ist der effektive Diffusionskoeffizient gelöster (und gasförmiger) Stoffe  
 19 wegen der sehr geringen Porosität des Gesteins für die Standortauswahl ohne Bedeutung.

**Kommentiert [D.A.29]:** In der AG3 zu besprechen

20 **5.1.2. Anforderung 2: Günstige Konfiguration der Gesteinskörper, insbesondere von**  
 21 **Wirtsgestein und einschlusswirksamem Gebirgsbereich**

**Kommentiert [sal30]:** s.a. K-Drs. AG3-110 (Appel) in der geänderten Fassung vom 07.04.2016, eingefügt auf Seite 37

22 Unter dem Begriff "Konfiguration" werden in erster Linie die Ausdehnung und Funktion des eine  
 23 günstige geologische Gesamtsituation bestimmenden Gesteinskörpers oder - bei mehreren

<sup>23)</sup> Umfassende Darstellung der Ableitung und Anwendung von Indikatoren bei: MAZUREK, M., GAUTSCHI, A., MARSCHALL, P., VIGNERON, G., LEBON, P., DELAY, J. (2008): Transferability of geoscientific information from various sources (study sites, underground rock laboratories, natural analogues) to support safety cases for radioactive waste repositories in argillaceous formations.- *Physics and Chemistry of the Earth* 33 (2008), S. 95-105, Elsevier Ltd.

<sup>24)</sup> Die für die absolute Porosität festgelegten Grenzen zwischen den Wertungsgruppen sind als näherungsweise gültige Angaben zu verstehen, in strengem quantitativen Sinn treffen sie aber nicht für alle Tonsteinformationen zu.

<sup>25)</sup> Kuva, J., Voutilainen, M., Kekäläinen, P., Siitari-Kauppi, M., Timonen, J. & Koskinen, L. (2014): Gas Phase Measurements of Porosity, Diffusion Coefficient, and Permeability in Rock Samples from Olkiluoto Bedrock, Finland.- *Transp Porous Med*, DOI 10.1007/s11242-014-0432-2, Springer Science+Business Media.-

1 Gesteinskörpern - die geometrische Anordnung der durch Ausdehnung und Funktion  
2 charakterisierten beteiligten Gesteinskörper verstanden. Hinzu kommen die Tiefenlage des  
3 einschlusswirksamen Gebirgsbereichs innerhalb der Geosphäre sowie die mögliche  
4 Beeinträchtigung seiner Barrierewirkung durch die Nähe zu Gesteinskörpern mit erhöhtem  
5 hydraulischem Potenzial.

Kommentiert [Oline31]: ID 1101

6 Ausdehnung, Anordnung und Tiefenlage von Gesteinskörpern sind in der Regel einfacher erhebbar  
7 als bestimmte Gesteinseigenschaften oder die hydraulischen und hydrochemischen  
8 Standortverhältnisse. Daher kommt der Konfiguration sicherheitsrelevanter Gesteinskörper in der  
9 geologischen Barriere als früh erkennbarem Merkmal einer "günstigen geologischen  
10 Gesamtsituation" im Rahmen des Auswahlverfahrens besondere Bedeutung zu.

#### 11 Zugehörige Kriterien

12 • Die **barrierewirksamen Gesteine des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs** müssen über  
13 eine **Mächtigkeit** verfügen, die eine Isolation der Radionuklide über einen Zeitraum einer Million  
14 Jahren bewirkt (rechnerische Ableitung unter Voraussetzung idealer Barrierewirkung).

Kommentiert [Oline32]: ID 1100

15 • Der **Endlagerbereich** (Konfigurationstyp A<sup>26</sup>, siehe auch Abbildung 5-1) **bzw.** der  
16 **Wirtsgesteinskörper** (Konfigurationstyp Ba<sup>27</sup>, siehe auch Abbildung 5-1) **sollte** von den  
17 **barrierewirksamen Gesteinen des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs umschlossen sein.**

Kommentiert [Oline33]: ID 1102

18 Handelt es sich bei Wirtsgestein und einschlusswirksamem Gebirgsbereich um unterschiedliche  
19 Gesteinskörper und wird der Wirtsgesteinskörper nicht vollständig vom einschlusswirksamen  
20 Gebirgsbereich umschlossen (Konfigurationstyp Bb<sup>28</sup> siehe auch Abbildung 5-2), dann kann die  
21 Anordnung beider Einheiten allein selbst dann keinen ausreichenden Beitrag zu einer "günstigen  
22 geologischen Gesamtsituation" leisten, wenn sie die geforderten Gesteinseigenschaften  
23 aufweisen.

Kommentiert [Oline34]: ID 1109

24 Zumindest kann die Qualität der barrierewirksamen Funktion des einschlusswirksamen  
25 Gebirgsbereiches aus Anordnung und Ausdehnung der beteiligten Gesteinskörper nicht ohne  
26 weiteres abgeleitet werden. In erster Näherung dürfte die einschließende Wirkung einer solchen  
27 Konfiguration davon abhängig sein, wie weitgehend das Wirtsgestein vom einschlusswirksamen  
28 Gebirgsbereich umschlossen ist und in welcher hydraulischen Position sich (eine oder mehrere)  
29 konfigurationsbedingte Fehlstellen im einschlusswirksamen Gebirgsbereich befinden, durch die  
30 das Grundwasser im Wirtsgestein auf Grund der Konfiguration in die regionale  
31 Grundwasserbewegung einbezogen sein kann.

32 Eine "günstige geologische Gesamtsituation" muss sich umso mehr aus  
33 konfigurationsunabhängigen Gegebenheiten einer Region bzw. eines Standortes ergeben, je  
34 "offener" die Anordnung von Wirtsgesteinskörper und einschlusswirksamem Gebirgsbereich ist.  
35 Denn dann müssen andere Gegebenheiten, wie beispielsweise große Tiefe und günstige  
36 hydraulische und hydrochemische Bedingungen im Einlagerungsbereich des Endlagers für den  
37 Einschluss der Abfälle im Endlager sorgen. Eine solche, dem Konfigurationstyp "Bb"  
38 entsprechende Situation könnte beispielsweise bei einer weiträumigen Überlagerung von tief  
39 liegendem kristallinem Wirtsgestein durch barrierewirksame Salz- oder Tonsteinsfolgen gegeben  
40 sein (siehe auch Abbildung 5-2 oben).

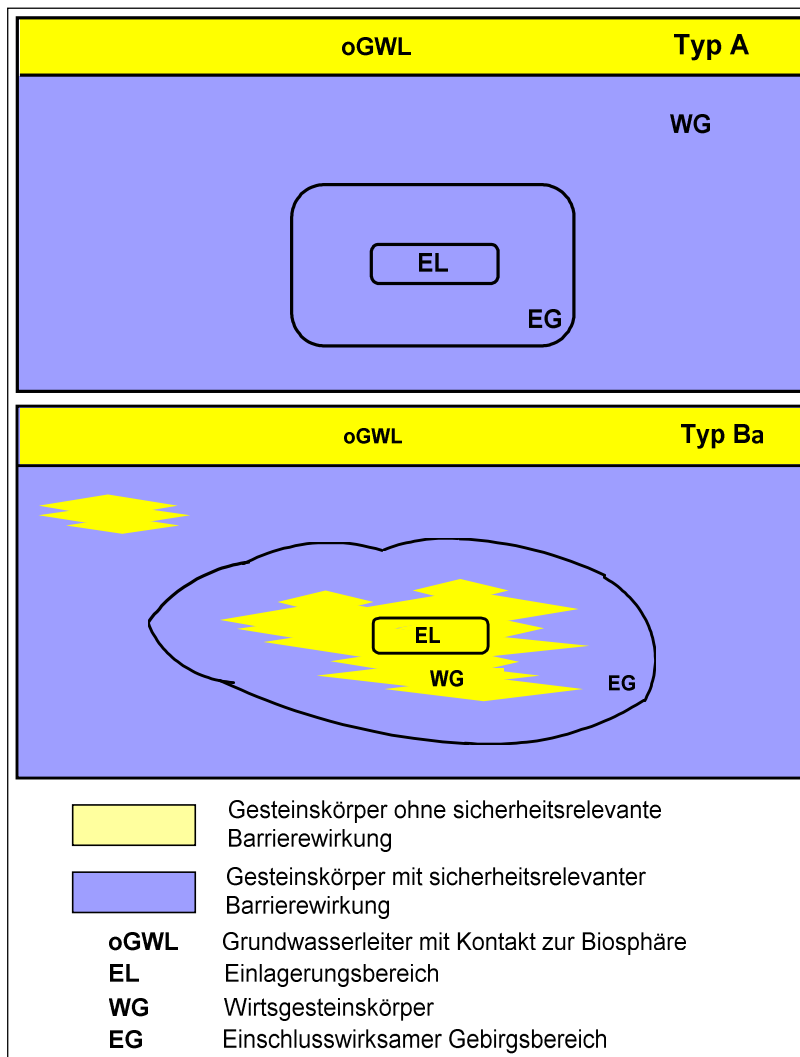
<sup>26</sup> vgl. AkEnd (2002), Auswahlverfahren für Endlagerstandorte, K-MAT 1, S. 130ff

<sup>27</sup> vgl. AkEnd (2002), Auswahlverfahren für Endlagerstandorte, K-MAT 1, S. 130ff

<sup>28</sup> vgl. AkEnd (2002), Auswahlverfahren für Endlagerstandorte, K-MAT 1, S. 130ff

Abbildung 5-1: Konfigurationen zwischen Wirtsgestein und einschlusswirksamem Gebirgsbereich: Typ A und Typ Ba<sup>29</sup>

Kommentiert [Oline35]: ID 1110



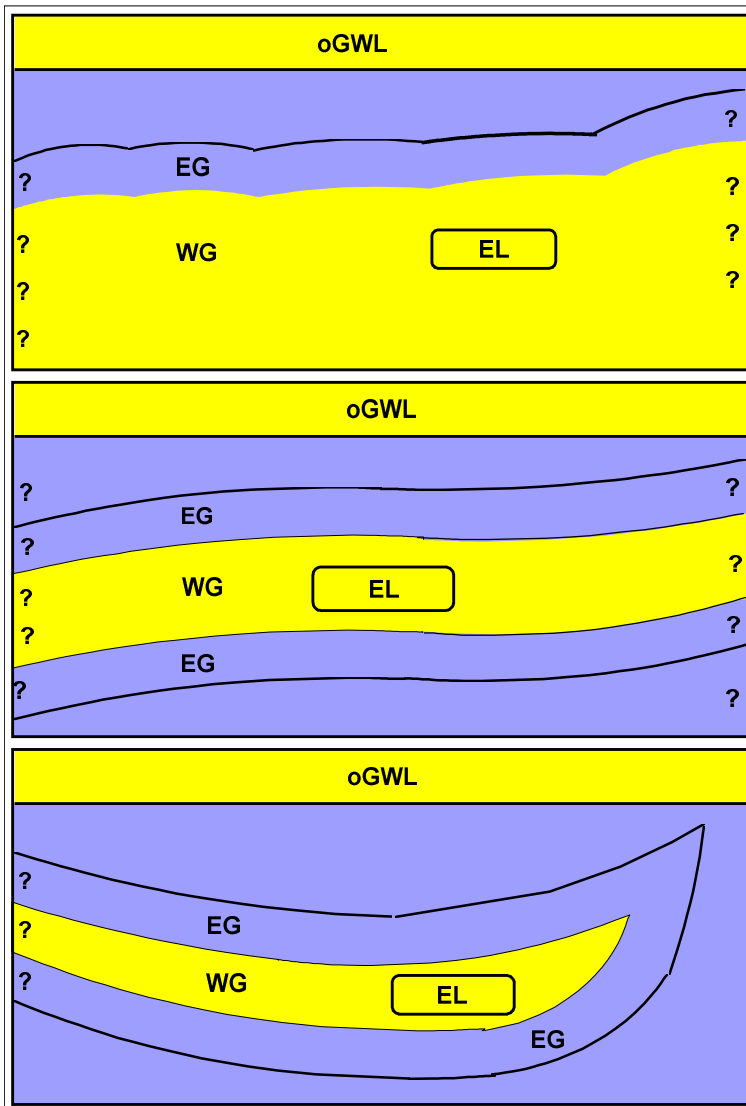
Quelle: AkEnd (2002)

<sup>29</sup> vgl. AkEnd (2002), Auswahlverfahren für Endlagerstandorte, K-MAT 1, S. 134. Erläuterung zu Abbildung 5-1: Typ A: Der einschlusswirksame Gebirgsbereich ist Teil eines Wirtsgesteinskörpers mit sicherheitsrelevanter Barrierefunktion. Typ B: Der Wirtsgesteinskörper hat keine sicherheitsrelevante Barrierefunktion und bildet mit dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich unterschiedliche Konfigurationen. Die Darstellung entspricht dabei dem Typ Ba: Das Wirtsgestein ist vollständig vom einschlusswirksamen Gebirgsbereich umschlossen. Die Darstellung ist schematisch und ohne Maßstab.



Abbildung 5-2: Konfigurationen zwischen Wirtsgestein und einschlusswirksamem Gebirgsbereich: Typ Bb<sup>30</sup>

Kommentiert [Oline36]: ID 1111



Quelle: AkEnd (2002)

<sup>30</sup> vgl. AkEnd (2002), Auswahlverfahren für Endlagerstandorte, K-MAT 1, S. 135. Erläuterung zu Abbildung 5-2: Konfigurationstyp Bb: Geologische Strukturen mit unterschiedlicher Anordnung von Wirtsgesteinskörper und

1

2 • Die **Teufe der Oberfläche des** erforderlichen **einschlusswirksamen Gebirgsbereichs** sollte  
3 unter einschränkender Beachtung tiefenabhängiger gebirgsmechanischer Risiken möglichst groß  
4 sein, um die **Robustheit** des Endlagersystems gegenüber natürlichen Einwirkungen auf den  
5 einschlusswirksamen Gebirgsbereich von außen und **Sicherheitsreserven** zu gewährleisten.

Kommentiert [Oline37]: ID 1106

6 Tiefenabhängige **gebirgsmechanische Risiken** bestehen **insbesondere beim**  
7 **Wirtsgesteinstyp Ton / Tonstein**. Sie werden außer durch die tiefenabhängige Gebirgsdruck-  
8 und Temperaturzunahme auch durch die petrographische und mineralogische  
9 Zusammensetzung, den Grad der Konsolidierung des Gesteins und die örtlichen  
10 Gebirgsspannungsverhältnisse beeinflusst.

11 Bei der Anwendung der Kriterien sind gegebenenfalls regionsspezifische Einwirkungsszenarien  
12 zu beachten. Deren etwaigen nachteiligen Auswirkungen auf den Einschluss ist dann  
13 gegebenenfalls durch die **rechtzeitig abgestimmte Vorgabe** einer regionsbezogenen maximalen  
14 Tiefe und bei der bewertungsrelevanten Eigenschaft "Robustheit und Sicherheitsreserven" in  
15 Tabelle 5-3 durch die Vorgabe einer abweichenden **regionsbezogenen Mindesttiefe** zu  
16 begegnen. Ein Beispiel hierfür ist die für eine künftige Eiszeit zu besorgende Entstehung tiefer  
17 subglazialer Rinnen in Teilgebieten der norddeutschen Tiefebene.

18 • Der **einschlusswirksame Gebirgsbereich** muss über eine **räumliche Ausdehnung** verfügen,  
19 die größer ist als das für das Endlager rechnerisch erforderliche Volumen. Damit besteht  
20 Spielraum für eine flexible Endlagerauslegung, u. a. um Platz brauchende Rückholungskonzepte  
21 berücksichtigen zu können, einschließlich Sicherheitsabständen. **Eingangsgröße für die**  
22 **Abwägung ist die bei einsöhliger Lagerung benötigte Fläche.**

Kommentiert [Oline38]: ID 1113

Kommentiert [Oline39]: ID 1107, 1108

23

---

*einschlusswirksamem Gebirgsbereich. Die Darstellung ist schematisch und ohne Maßstab, „?“ bedeutet „weitere Ausdehnung noch zu erkunden“. Legende siehe Abbildung 5-1.*

1 Die Nachfolgende Einfügung von Herrn Dr. Appel entspricht im Ursprung seinem Vorschlag aus  
2 K.-Drs. AG3-110. Die durchgeführten Änderungen (im Änderungsmodus nachvollziehbar) wurden  
3 von Herrn Dr. Appel mit Schreiben vom 07.04.2016 veranlasst.

- 4 • Bei potenziellen Endlagerstandorten mit Tonstein als Wirtsgestein kann der einschlusswirksame  
5 Gebirgsbereich von wasserleitenden Formationen mit erhöhtem hydraulischem Potenzial  
6 ("Potenzialbringer") unter- und/oder überlagert werden (s. Abb. 5-3). Ein dadurch verursachter  
7 hydraulischer Gradient kann unter Umständen zur **Induzierung bzw. Verstärkung der**  
8 **Grundwasserströmung** und damit auch des Radionuklidtransports **im einschlusswirksamen**  
9 **Gebirgsbereich** führen. Die daraus resultierende Abstandsgeschwindigkeit des Grundwassers  
10 im einschlusswirksamen Gebirgsbereich 1 mm/a nicht überschreiten (s. Kriterium  
11 Grundwasserströmung in Kapitel 5.1.1) .

12 Sind mögliche Potenzialbringer vorhanden, ist daher der Einfluss des resultierenden Gradienten  
13 auf Grundwasserbewegung und Radionuklidtransport im einschlusswirksamen Gebirgsbereich zu  
14 beurteilen.:

15 **Eine quantitative Beurteilung der möglicherweise induzierten Abstandsgeschwindigkeit**  
16 **kann erfahrungsgemäß aber erst im Rahmen vorläufiger Sicherheitsuntersuchungen erfolgen],**  
17 **wenn entsprechende Informationen vorliegen. Bis dahin können - bei geeigneter Datenlage - für**  
18 **die (vorläufige) Beurteilung einer möglichen Induzierung bzw. Verstärkung der**  
19 **Grundwasserbewegung im einschlusswirksamen Gebirgsbereich und den abwägenden Vergleich**  
20 **von Standortregionen / Standorten ersatzweise folgende Indikatoren eingesetzt werden:**

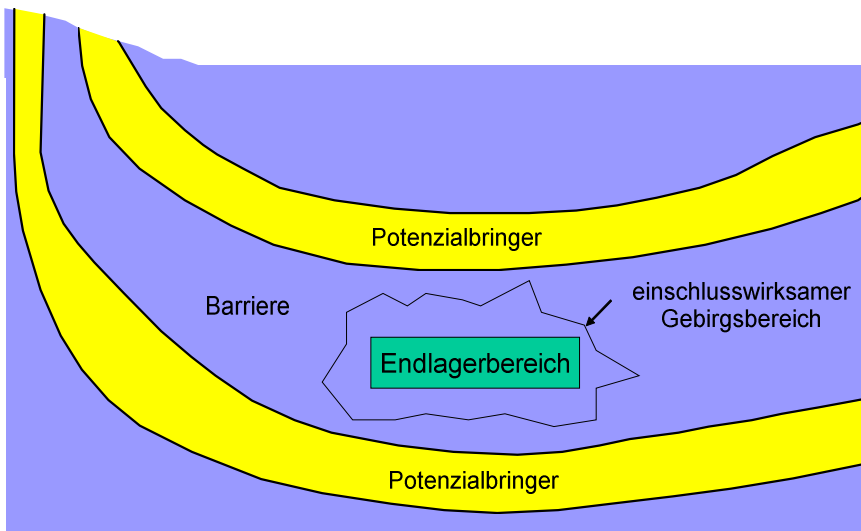
21 Indikator "Potenzialbringer"

22 Anschluss von wasserleitenden Schichten in Nachbarschaft zu einem einschlusswirksamen  
23 Gebirgsbereich aus Tonstein an ein hohes hydraulisches Potenzial verursachendes Gebiet  
24 (AKEND 2002, S. 144 und Abb. 5.3).

25

Kommentiert [D.A.40]: konkretere Formulierung

Abbildung 5-3: Schematische Darstellung von Potenzialgebieten und Endlagerbereich<sup>31</sup>



Quelle: AkEnd 2002

1

2 Zugehörige Kriterien

- 3 • Ein Anschluss an ein hohes hydraulisches Potenzial sollte möglichst nicht gegeben sein. Das  
4 ist insbesondere dann der Fall, wenn in unmittelbarer Nähe unterhalb und oberhalb des  
5 einschlusswirksamen Gebirgsbereichs bzw. des Wirtsgesteinskörpers keine wasserleitenden  
6 Schichten mit hohem Potenzial (bzw. hoher Potenzialdifferenz zwischen ihnen) vorhanden sind.
- 7 • Der hydraulische Widerstand der wasserleitenden Schicht(en) zwischen dem das hohe  
8 Potenzial verursachenden Gebiet und der Endlagerposition sollte groß sein, d. h. der Abstand  
9 sollte groß und die Gebirgsdurchlässigkeit klein sein.

10

11 Indikator Auffällige hydraulische Potenziale

12 Hydraulische Potenziale im einschlusswirksamen Gebirgsbereich bzw. Wirtsgesteinskörper aus  
13 Tonstein, die auffällig von der zu erwartenden hydrostatischen Potenzialverteilung abweichen und  
14 / oder deutliche Unterschiede zu benachbarten Grundwasser leitenden Gesteinskörpern  
15 aufweisen, können ein Hinweis auf geringe Gebirgsdurchlässigkeit des einschlusswirksamen  
16 Gebirgsbereichs bzw. Wirtsgesteinskörpers und damit auf günstige hydraulische Barrierewirkung  
17 sein.

18 Das gilt dann, wenn gezeigt werden kann, dass die aktuell und in der jüngeren geologischen  
19 Vergangenheit bestehenden hydraulischen Verhältnisse (hydraulische Eigenschaften der  
20 Gesteinskörper, Potenzialdifferenzen) nicht ausgereicht haben, um in fernerer geologischer

<sup>31</sup> vgl. AkEnd (2002), Auswahlverfahren für Endlagerstandorte, K-MAT 1, S. 143.

---

1 Vergangenheit verursachte anomale Potenziale bzw. Potenzialunterschiede abzubauen.  
2 Voraussetzung für eine solche Interpretation ist, dass die Auffälligkeiten für die gesamte  
3 geforderte Fläche des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs gelten und die Ursachen dafür  
4 plausibel abgeleitet werden können.

5

6 An dieser Stelle wurden Eckige Klammern von Min. Wenzel, Dr. Fischer und Dr. Appel aus K.-Drs. AG3-91c  
7 gelöscht, die sich auf den alten Text bezogen und dem neuen Text nicht mehr zuzuordnen sind.

8

**Tabelle 5-3: Günstige Konfiguration der Gesteinskörper: Eigenschaften, Bewertungsgrößen bzw. Indikatoren und Erfüllungsfunktionen der Kriterien**

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße bzw. Indikator des Kriteriums [Dimension]	Wertungsgruppe		
		günstig	bedingt günstig	weniger günstig
Barrierenwirksamkeit	Barrierenmächtigkeit [m]	> 150	100 – 150	50 -100
	Grad der <b>Umschließung</b> <sup>32</sup> des Endlagerbereichs bzw. des Wirtsgesteinskörpers durch den einschlusswirksamen Gebirgsbereich	Vollständig, Typ A und Ba,  s. Beispiel in Abbildung 5-1	Unvollständig, Typ Bb, kleinere, Fehlstellen, in unkritischer Position  s. Beispiel in Abbildung 5-2 Unten	Unvollständig; Typ Bb, größere Fehlstellen, in unsicherer Position  s. Beispiel in Abbildung 5-2 Oben und Mitte
Robustheit und Sicherheitsreserven (über die Mindestanforderung aus Kap. 4.3 hinaus.	<b>Teufe</b> der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs [m unter Geländeoberfläche]	> 500	300 – 500	
	<b>Alternativ-Vorschlag von Herrn Prof. Kudla</b>	Tonstein und Salzstöcke und Salz in flacher Lagerung: Sollvorgabe >500 m	Tonstein und Salzstöcke und Salz in flacher Lagerung: Sollvorgabe >500 m	Tonstein und Salzstöcke und Salz in flacher Lagerung: Sollvorgabe >500 m
Volumen des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs	<b>Flächenhafte</b> Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit [Vielfaches des Mindestflächenbedarfs (z. B. für Salz 3 km <sup>2</sup> und Ton 10 km <sup>2</sup> )] <sup>33</sup>	>> 2-fach	etwa 2-fach	<< 2-fach
<b>Indikator "Potenzialbringer" bei Tonstein</b> Anschluss von wasserleitenden Schichten in unmittelbarer Nähe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs bzw. des	Vorhandensein von Gesteinsschichten mit hydraulischen Eigenschaften und hydraulischem Potenzial, die die Induzierung bzw. Verstärkung der Grundwasserbewegung im	Keine Grundwasserleiter als mögliche Potenzialbringer in unmittelbarer Nachbarschaft		Grundwasserleiter in Nachbarschaft zum Wirtsgestein / einschlusswirksamen Gebirgs-

**Kommentiert [sal41]:** Umgang mit dieser Alternative zur darüber liegenden Zeile muss von der AG 3 noch vereinbart werden.

**Kommentiert [D.A.42]:** Appel: Ob Grundwasserleiter vorhanden sind, wird sich relativ früh im Verfahren beantworten lassen, ob ein (relevant) erhöhtes Potenzial vorhanden ist, wahrscheinlich erst dann, wenn auch die Beurteilung der Grundwassergeschwindigkeit möglich ist. Daher hier keine Zwischenkategorie.

<sup>32</sup> Angaben zu den Wertungsgruppen modifiziert nach telefonischer Abstimmung mit Herrn Dr. Appel

<sup>33</sup> Die genauen Flächenbedarfe sind noch festzulegen!

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße bzw. Indikator des Kriteriums [Dimension]	Wertungsgruppe		
		günstig	bedingt günstig	weniger günstig
Wirtsgesteinskörpers an ein hohes hydraulisches Potenzial verursachendes Gebiet	Einschlusswirksamen Gebirgsbereich ermöglichen können.	zum Wirtsgestein / einschlusswirksamen Gebirgsbereich vorhanden		bereich vorhanden

1

2 In frühen Phasen des Auswahlverfahrens liegen die zur Anwendung des Kriteriums zur Bestimmung  
3 und Bewertung des **spezifischen hydraulischen Gradienten über den einschlusswirksamen**  
4 **Gebirgsbereich bzw. der daraus resultierenden rechnerischen Abstandsgeschwindigkeit**  
5 erforderlichen Informationen wahrscheinlich nicht vor. Dann können ersatzweise das Vorhandensein  
6 potenzialbringender Grundwasserleiter und die relevanten Eigenschaften der für die Existenz  
7 erhöhter Potenziale in Frage kommenden Einheiten zur Beurteilung herangezogen werden. Dazu  
8 können folgende Indikatoren zur Anwendung kommen:

9 Indikator a

10 Anschluss von wasserführenden / wasserleitenden Schichten in Nachbarschaft zum  
11 einschlusswirksamen Gebirgsbereich an ein hohes hydraulisches Potenzial.

12 Zugehörige Kriterien

- 13 • Ein Anschluss an ein hohes Potenzial sollte möglichst nicht gegeben sein. Das ist insbesondere  
14 dann der Fall, wenn in unmittelbarer Nähe unterhalb und oberhalb des einschlusswirksamen  
15 Gebirgsbereichs bzw. des Wirtsgesteinskörpers **keine Gesteinskörper mit hohem Potenzial**  
16 **bzw. hoher Potentialdifferenz** vorhanden sind.

Kommentiert [Oline43]: ID 1105

17

**Herr Dr. Fischer** (K.-Drs. /AG3-77 vom 08.01.2016)

In Fortführung der Veränderung der Tabelle 5-5 wird das zugehörige AkEnd-Kriterium

*"Ein Anschluss an ein hohes Potential sollte möglichst nicht gegeben sein."*

ohne jegliche Beschränkung auf Ton, d.h. gültig für alle Wirtsgesteine, durch nachfolgende Formulierung ergänzt:

*"Das ist insbesondere dann der Fall, wenn in unmittelbarer Nähe unterhalb und oberhalb des ewG bzw. des Wirtsgesteinskörpers keine Gesteinskörper mit hohem Potential bzw. Potentialdifferenz vorhanden sind."*

Die dargestellte Vorgehensweise wirft erhebliche Fragen zur Verfahrensweise selbst, ihrer Zielstellung sowie der Rechtfertigung des Ergebnisses und zu den Konsequenzen auf. Offensichtlich genügen Salzstöcke, deren Wirtsgesteinskörper unmittelbar an eiszeitliche

Rinnen mit hoher Potentialdifferenz grenzen, dieser Anforderung formell nicht. Tatsächlich ist dies jedoch belanglos, wenn zwischen der eiszeitlichen Rinne und dem ewG mehrere hundert Meter mächtiges, praktisch undurchlässiges Salz liegen und die Subrosionsrate gering ist. Die vorgeschlagene Ergänzung ist daher zu streichen oder wenigstens unmissverständlich zu präzisieren.

Im Übrigen ist die Handhabung der vorgeschlagenen Ergänzung grundsätzlich schwierig, da sie bei einem Nachweiszeitraum von 1 Mio. Jahre an die Grenzen der Prognostizierbarkeit der hydraulischen Bedingungen außerhalb und insbesondere oberhalb des ewG stößt.

- 1
- 2 • Der hydraulische Widerstand der leitenden Schicht zwischen Potenzialanschluss und  
3 Endlagerposition sollte groß sein, d. h. die Transportlänge sollte groß und die  
4 Gebirgsdurchlässigkeit klein sein.

5

6 Indikator b (in Ergänzung zu AkEnd 2002)

7 **Hydraulische Drücke im einschlusswirksamen Gebirgsbereich bzw. Wirtsgesteinskörper**, die  
8 auffällig von der zu erwartenden hydrostatischen Druckverteilung abweichen, **und / oder deutliche**  
9 **Druckunterschiede zu benachbarten Grundwasser (gering) leitenden Gesteinskörpern**  
10 **aufweisen**, können ein Hinweis auf die günstige hydraulische Barrierewirkung und damit geringe  
11 Gebirgsdurchlässigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs bzw. Wirtsgesteinskörpers sein.  
12 Das gilt dann, wenn gezeigt werden kann, dass die aktuell und in der jüngeren geologischen  
13 Vergangenheit bestehenden hydraulischen Verhältnisse (hydraulische Eigenschaften der  
14 Gesteinskörper, Potentialdifferenzen) nicht ausgereicht haben, um in fernerer geologischer  
15 Vergangenheit verursachten anomalen Druckunterschiede abzubauen. Voraussetzung für eine  
16 solche Interpretation ist aber, dass die die Auffälligkeiten für den für die gesamte geforderte Fläche  
17 des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs gelten und die Ursachen dafür plausibel abgeleitet  
18 werden können.

19 Zugehöriges Kriterium

20 **Die hydraulischen Drücke im einschlusswirksamen Gebirgsbereich** bzw. generell im gering  
21 durchlässigem Wirtsgestein sollten von den auf Grund der Tiefenlage des einschlusswirksamen  
22 Gebirgsbereich **zu erwartenden hydrostatischen Drücken** bzw. von den in unter- bzw.  
23 überlagernden möglichen Potenzialbringern herrschenden Drücken **deutlich und plausibel**  
24 **erklärbar** abweichen.

25

K-MAT 47 (ESK, Evaluation der Kriterien des AkEnd), Kap. 7.2

Die seitens AkEnd angegebenen Zahlenwerte lassen sich in Abhängigkeit von der vorhandenen  
Barriermächtigkeit wie folgt zusammenfassen (*Auszug aus der Tabelle auf Seite 108 [1]*):



Bewertungsgröße des Kriteriums bzw. Indikator [Dimension]	günstig	bedingt günstig	weniger günstig
Barrierenmächtigkeit [m]	> 150	100-150	50-100
Grad der Umschließung des Wirtsgesteins durch einschlusswirksamen Gebirgsbereich	vollständig	unvollständig	keine Angabe des AkEnd
Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs [m unter Geländeoberfläche]	> 500	300-500	keine Angabe des AkEnd
Flächenhafte Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit [Vielaches des Mindestflächenbedarfs (z. B. für Salz 3 km <sup>2</sup> und Ton 10 km <sup>2</sup> )]	> 2-fach	2-fach	< 2-fach
Spezifischer hydraulischer Gradient (bei Gebirgsdurchlässigkeit 10 <sup>-10</sup> m/s und effektiver Porosität 0,1)	<< 10 <sup>-2</sup>	etwa 10 <sup>-2</sup>	>> 10 <sup>-2</sup>

Die Zahlenwerte zur Barrierenmächtigkeit beruhen auf Angaben aus [1], Tabelle 4.6, unter Ansatz des Darcy-Gesetzes und der Berechnung der Abstandsgeschwindigkeit. Hieraus ergibt sich eine Fließstrecke im Nachweiszeitraum von einer Million Jahre, welche der geforderten Barrierenmächtigkeit entspricht. Formal ist das Vorgehen richtig, in der Realität jedoch sind die Gradienten über sehr geringdurchlässige Gesteinsschichten deutlich höher (Faktor 10) anzusetzen.

Zur Anforderung an die Barrierenmächtigkeit scheinen die Zahlenwerte einleuchtend zu sein (je mächtiger, umso besser), deren quantifizierte Ableitung hat jedoch auch Schwächen. In der Tabelle wird das Kriterium des spezifischen hydraulischen Gradienten (bei vorgegebener Gebirgsdurchlässigkeit und effektiver Porosität) quantifiziert. Aus Sicht der ESK könnte ein solches Vorgehen auch kontraproduktiv sein. Dichte Gesteinspakete weisen ein höheres Potenzial auf als durchlässige (vgl. [1], Abbildung 4.8). Die Anforderung nach einem Gestein des ewG mit geringer hydraulischer Leitfähigkeit und einem geringen Potenzial erscheint unnötig. Soll das Kriterium erhalten werden, könnte dieser Aspekt auch unter dem Ausschlusskriterium "Gebirgsdurchlässigkeit" zugeschlagen werden, ohne Zahlenwerte vorzugeben (da die Durchlässigkeiten, hydraulischen Gradienten, Kluftdurchlässigkeiten und Klufthäufigkeiten einander bezüglich Stofftransport gegenseitig beeinflussen).

Weiter wird in der Tabelle die Teufe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs quantifiziert. Nach heutigen Erkenntnissen würden die Teufen je nach Regionen und Wirtsgesteinen angepasst werden. Der vom AkEnd eingesetzte Wert von 500 m orientierte sich an der Möglichkeit von externen Eingriffen in das System (aufgrund der durch flächige (fluviatile) Erosion oder glazialen Tiefenschurf bestimmten minimalen Tiefe) einerseits und an der maximalen Tiefe andererseits. Nach heutigem Kenntnisstand muss in Norddeutschland über eine Million Jahre mit mehrfacher Eisüberfahrung und damit verknüpfter glazialer Tiefenwirkung von 300 bis 500 m gerechnet werden.

Bezüglich der „flächenhaften Ausdehnung bei gegebener Mächtigkeit“ ist zu diskutieren, ob die seitens AkEnd angesetzten Mindestausdehnungen heutzutage angesichts der aktuellen Abfallmengen und der angedachten Möglichkeit eines Standortes mit mehreren separaten Lagerteilen für die neben den Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen zusätzlich einzulagernden Abfälle noch zutreffend sind. Außerdem ist abzuklären, inwieweit sich der Flächenbedarf dadurch ändert, dass in einem Endlager, das neben den Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen auch radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung (nicht

---

Konrad-gängige Abfälle, aus der Schachanlage Asse II rückzuziehende Abfälle, Urantails etc.) aufnimmt, zwingend eine ausreichende räumliche Trennung der Einlagerbereiche vorzusehen ist.

1

2 **5.1.3. Anforderung 3: Gute räumliche Charakterisierbarkeit**

3 Die zuverlässige räumliche Charakterisierung der wesentlichen direkt oder indirekt für den  
4 Einschluss der Abfälle zuständigen geologischen Barrieren, insbesondere des einschlusswirksamen  
5 Gebirgsbereichs bzw. des Wirtsgesteinskörpers, ist Voraussetzung für belastbare  
6 Abwägungsentscheidungen im Rahmen des Auswahlverfahrens sowie für zuverlässige spätere  
7 Sicherheitsbewertungen.

8 Die räumliche Charakterisierbarkeit beruht auf der **Ermittelbarkeit** der relevanten Gesteinstypen  
9 und ihrer Eigenschaften und der **Übertragbarkeit** dieser Eigenschaften durch Extrapolation bzw.  
10 Interpolation. Beide hängen maßgeblich von Entstehungsbedingungen der Gesteinstypen oder / und  
11 ihrer späteren Überprägung ab.

12 Zugehörige Kriterien

13 **Ermittelbarkeit**

- 14 • Die **charakteristischen Eigenschaften** der den einschlusswirksamen Gebirgsbereich bzw. den  
15 Wirtsgesteinskörper<sup>34</sup> aufbauenden **Gesteinstypen** sollten eine **geringe Variationsbreite**  
16 aufweisen und **räumlich möglichst gleichmäßig verteilt** sein.
- 17 • **Bei tektonisch überprägten geologischen Einheiten** sollte die **Überprägung möglichst**  
18 **gering sein**. Das Ausmaß der Überprägung wird abgeleitet aus den Lagerungsverhältnissen unter  
19 Berücksichtigung von **Bruch- und Falten tektonik**. **Salzstrukturen** sollten möglichst großräumige  
20 Verfaltungen von solchen Schichten aufweisen, die unterschiedliche mechanische und  
21 hydraulische Eigenschaften haben.

22

23 **Übertragbarkeit**

- 24 • **Günstige Verhältnisse** sind dadurch gekennzeichnet, dass die Gesteine des  
25 einschlusswirksamen Gebirgsbereichs bzw. des Wirtsgesteinskörpers **großräumig einheitlich**  
26 **oder sehr ähnlich ausgebildet** sind.

27 Im Hinblick auf die Einheitlichkeit der Gesteinsausbildung bestehen zwischen den verschiedenen  
28 genetischen Gesteinsgruppen (Sedimentgesteine, magmatische Gesteine und metamorphe  
29 Gesteine) deutliche Unterschiede. Zu ihrer genaueren Bewertung bedarf es daher  
30 unterschiedlicher Bewertungsmaßstäbe. Deren abschließende Spezifizierung ist erst nach  
31 Kenntnis des Gesteinstyps des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs und gegebenenfalls des  
32 Wirtsgesteins möglich. Insofern ist die Festlegung der Wertungsgruppen für Sedimentgesteine  
33 und metamorphe Gesteine auf Basis des Fazies-Begriffs vorläufig.

34

---

<sup>34</sup> Bei der Endlagerung hoch radioaktiver Abfälle in Salzstöcken des norddeutschen Tieflands wird das Wirtsgestein vom "Hauptsalz" der Staßfurt-Folge gebildet.

**Tabelle 5-4: Gute räumliche Charakterisierbarkeit: Eigenschaften, Bewertungsgrößen bzw. Indikatoren und Erfüllungsfunktionen der Kriterien**

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße bzw. Indikator des Kriteriums	Wertungsgruppe		
		günstig	bedingt günstig	ungünstig
Ermittelbarkeit der Gesteinstypen und ihrer charakteristischen Eigenschaften im einschlusswirksamen Gebirgsbereich / Wirtsgesteinskörper	Variationsbreite der Eigenschaften der Gesteinstypen im einschlusswirksamen Gebirgsbereich / Wirtsgesteinskörper	gering	deutlich, aber bekannt bzw. zuverlässig erhebbar	erheblich und/oder nicht zuverlässig erhebbar
	Räumliche Verteilung der Gesteinstypen im einschlusswirksamen Gebirgsbereich / Wirtsgesteinskörper und ihrer Eigenschaften	gleichmäßig	kontinuierliche, bekannte räumliche Veränderungen	diskontinuierliche, nicht ausreichend genau vorhersagbare räumliche Veränderungen
	Ausmaß der tektonischen Überprägung der geologischen Einheit	weitgehend ungestört (Störungen im Abstand > 3 km vom Rand des ewG), flache Lagerung	wenig gestört (weitständige Störungen, Abstand 100 m bis 3 km vom Rand des ewG), Flexuren	gestört (engständig zerblockt, Abstand < 100 m), gefaltet
Übertragbarkeit der Eigenschaften im einschlusswirksamen Gebirgsbereich	Gesteinsausbildung (Gesteinsfazies)	Fazies regional einheitlich	Fazies nach bekanntem Muster wechselnd	Fazies nach nicht bekanntem Muster wechselnd

**Kommentiert [sal44]:** Aus der Diskussion der AG3 am 6.4.: Grundsätzlich prüfen, ob dies für alle Abw.-Kriterien gelten kann, die NICHT mit Mindestanforderungen verknüpft sind.

1

2 **5.1.4. Anforderung 4: Gute Prognostizierbarkeit der langfristigen Stabilität der**  
3 **günstigen Verhältnisse**

4 Bei der Beurteilung günstiger geologischer Gesamtsituationen genügt es nicht, die aktuellen  
5 Verhältnisse zu ermitteln und räumlich zu charakterisieren; vielmehr müssen zur Identifizierung und  
6 Einschätzung sicherheitsrelevanter Langzeitveränderungen auch verlässliche Voraussagen über  
7 die zukünftige Entwicklung der **geologischen** Verhältnisse möglich sein. Die Anforderung der guten  
8 Prognostizierbarkeit ist daher eine wesentliche Voraussetzung für den Nachweis der langfristigen  
9 Stabilität der günstigen geologischen Verhältnisse. Sie bezieht sich auf das gesamte  
10 Endlagersystem. Sie gilt also nicht nur bei Einzelkriterien, sondern übergreifend bei der Gesamtheit  
11 der geowissenschaftlichen Kriterien.

---

1 Prognosen über den geforderten Isolationszeitraum von einer Million Jahren erfordern eine  
2 rückblickende Betrachtung über weit mehr als eine Million Jahre. Im Hinblick auf Prognostizierbarkeit  
3 günstig sind geologische Gesamtsituationen, deren Entwicklungsgeschichte sich über lange  
4 Zeiträume zurückverfolgen lässt und bei denen insbesondere keine wesentliche Veränderung der  
5 sicherheitsrelevanten Merkmale „Mächtigkeit“, „Ausdehnung“ und „Gebirgsdurchlässigkeit“ des  
6 einschlusswirksamen Gebirgsbereichs zu verzeichnen ist.

7 Zugehöriges Kriterium

- 8 • **Die für die langfristige Stabilität der günstigen Verhältnisse wichtigen sicherheitlichen**  
9 **Merkmale**, insbesondere "**Mächtigkeit**", flächenhafte bzw. räumliche "**Ausdehnung**" und  
10 "**Gebirgsdurchlässigkeit**" **des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs**, sollten sich seit  
11 einigen Millionen Jahren **nicht wesentlich verändert** haben.

12

**Tabelle 5-5: Gute Prognostizierbarkeit der langfristigen Stabilität: Eigenschaften, Bewertungsgrößen bzw. Indikatoren und Erfüllungsfunktionen der Kriterien**

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße bzw. Indikator des Kriteriums	Wertungsgruppe		
		günstig	bedingt günstig	weniger günstig
Langfristige Stabilität der günstigen Verhältnisse	Veränderung <u>der wesentlichen sicherheitstragenden Merkmale</u> : „Mächtigkeit“ des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs	keine wesentliche Veränderung der Betrachtungsmerkmale in der Vergangenheit über einen Zeitraum > 10 Mio. Jahre	keine wesentliche Veränderung der Betrachtungsmerkmale in der Vergangenheit über den Zeitraum von 1 bis 10 Mio. Jahre	keine wesentliche Veränderung der Betrachtungsmerkmale in der Vergangenheit über einen Zeitraum bis 1 Mio. Jahre
	Veränderung <u>der wesentlichen sicherheitstragenden Merkmale</u> : „Ausdehnung“ des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs	keine wesentliche Veränderung der Betrachtungsmerkmale in der Vergangenheit über einen Zeitraum > 10 Mio. Jahre	keine wesentliche Veränderung der Betrachtungsmerkmale in der Vergangenheit über den Zeitraum von 1 bis 10 Mio. Jahre	keine wesentliche Veränderung der Betrachtungsmerkmale in der Vergangenheit über einen Zeitraum bis 1 Mio. Jahre
	Veränderung <u>der wesentlichen sicherheitstragenden Merkmale</u> , hier: „Gebirgsdurchlässigkeit“ des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs	keine wesentliche Veränderung der Betrachtungsmerkmale in der Vergangenheit über einen Zeitraum > 10 Mio. Jahre	keine wesentliche Veränderung der Betrachtungsmerkmale in der Vergangenheit über den Zeitraum von 1 bis 10 Mio. Jahre	keine wesentliche Veränderung der Betrachtungsmerkmale in der Vergangenheit über einen Zeitraum bis 1 Mio. Jahre

1  
2

---

## 1 5.2. Kapitel 6.5.5.2 Gewichtungsguppe 2: Absicherung des Isolationsvermögens

### 2 5.2.1. Anforderung 5: Günstige gebirgsmechanische Voraussetzungen

3 Die mit der Forderung nach günstigen gebirgsmechanischen Voraussetzungen verbundene  
4 Zielsetzung besteht aus geotechnischer bzw. gebirgsmechanischer Sicht darin, im anstehenden  
5 Gebirge ein standsicheres Grubengebäude mit Infrastrukturgrubenbauen und  
6 Endlagerungshohlräumen ohne nachhaltige Schädigung des umgebenden Gebirges (Rissbildung)  
7 sowie mit möglichst geringem Aufwand an technischen Sicherungsmitteln (kein tragender Ausbau)  
8 für die jeweilig vorgesehene Betriebszeit auslegen zu können.

9 Darüber hinaus sollten durch anthropogene Einwirkungen in der Betriebszeit und in der  
10 Nachbetriebszeit keine für den Erhalt der Barrierenintegrität nachteiligen mechanischen,  
11 thermischen oder hydraulischen Prozesse induziert werden (z. B. mechanisch oder thermisch  
12 bedingte Rissbildungen, Fluidströmungen). Insbesondere sollen **geotechnische Barrieren**, wie z.  
13 B. Streckendammbauwerken oder Schachtverschlussbauwerke, **später** entsprechend dem  
14 jeweiligen Stilllegungskonzept **funktionsfähig so hergestellt werden können**, dass die  
15 Langzeitsicherheit gewährleistet ist

16 Daher ist eine geomechanische Situation anzustreben, bei der im Lauf der Zeit die Folgewirkungen  
17 des anthropogenen Eingriffs (Schacht- und Streckenauffahrung) in das Gebirge mit Entfestigung  
18 und Auflockerung des Gesteinsgefüges und Ausbildung von Sekundärpermeabilitäten in der Bau-  
19 und Betriebszeit möglichst gering sind und darüber hinaus im Bereich von geotechnischen Barrieren  
20 längerfristig nach der Stilllegung wieder vermindert und schließlich bei jederzeitigem Erhalt der  
21 Barrierenintegrität eliminiert werden. Für die Ableitung von Beurteilungsgrößen bzw. Indikatoren zur  
22 Überprüfung der Einhaltung der Forderung nach günstigen gebirgsmechanischen Voraussetzungen  
23 werden zunächst Sachverhalte identifiziert, die eine im Sinne eines sicheren Einschlusses günstige  
24 Situation charakterisieren und zur Identifizierung der entsprechenden Gebirgsverhältnisse  
25 herangezogen werden können:

- 26 • Über eine Kontursicherung hinausgehend sollte kein tragender Ausbau erforderlich sein, um mit  
27 der Eigentragfähigkeit des Gebirges zusammen standsichere Grubenbaue zu erhalten.
- 28 • In den geologischen Barrieren sollten durch die Auffahrung des Endlagers und den Ausbau keine  
29 die Langzeitsicherheit beeinträchtigenden Sekundärpermeabilitäten erzeugt werden
- 30 • Die Funktionstüchtigkeit von geotechnischen Barrieren (z. B. Querschnittabdichtungen) sollte  
31 durch konturnahe Gebirgsentfestigung nicht über ein unvermeidbares Maß hinaus herabgesetzt  
32 werden

33 Ausgehend von diesen Sachverhalten<sup>35</sup> werden zwei Indikatoren für das Vorliegen von in diesem  
34 Sinne günstigen geomechanischen Verhältnissen formuliert, auf die die unten genannten Kriterien  
35 ausgerichtet sind:

#### 36 Indikator 1

37 Das Gebirge wirkt geomechanisch als Haupttragelement.

38 Das Gebirge wird als **Haupttragelement** angesehen, wenn von ihm die Beanspruchung aus  
39 Auffahrung und Betrieb ohne planmäßigen tragenden Ausbau bei verträglichen Deformationen

---

<sup>35</sup> Die Option, die Probleme größerer Tiefe (massiver Ausbau und mögliche Folgen für Langzeitsicherheit) zugunsten größerer Einlagerungstiefe in Kauf zu nehmen, wurde vom AkEnd nicht betrachtet.

1 aufgenommen werden kann (abgesehen von einer Kontursicherung, z. B. **sehr wenig** Anker -  
2 Maschendraht).

3 Indikator 2

4 Es liegt keine mechanisch bedingte Sekundärpermeabilität außerhalb einer (unvermeidbaren)  
5 konturnah entfestigten Auflockerungszone vor.

6 Außerhalb einer konturnahen Auflockerungszone sind Sekundärpermeabilitäten ohne erhebliche  
7 Eingriffe in das Gebirge nicht **detektierbar** und bedingen daher zusätzliche, aber bei entsprechender  
8 Planung grundsätzlich vermeidbare Unsicherheiten in späteren Sicherheitsbetrachtungen. Die  
9 Prognostizierbarkeit der geohydraulischen Situation im barrierewirksamen Teil des Gebirges wird  
10 dadurch herabgesetzt.

11 Bei der planmäßigen Beschränkung der Gebirgsentfestigung und Gebirgsauflockerung auf  
12 konturnaher Bereiche ist die intakte geologische Barriere in ihrer räumlichen Ausdehnung zumindest  
13 für den Ist-Zustand eindeutig charakterisierbar (durch Berechnungen) und exemplarisch belegbar  
14 (durch Felduntersuchungen).

15 Eine über den Konturbereich hinausgehende Gebirgsentfestigung muss durch entsprechende  
16 Endlagerplanung zwingend vermieden werden.

17

18 Zugehöriges Kriterium

- 19 • Die **Neigung zur Ausbildung mechanisch induzierter Sekundärpermeabilitäten** im  
20 Wirtsgestein / im einschlusswirksamen Gebirgsbereich **außerhalb einer konturnahen**  
21 **entfestigten Auflockerungszone** um die Endlagerhöhlräume sollte **möglichst gering** sein.

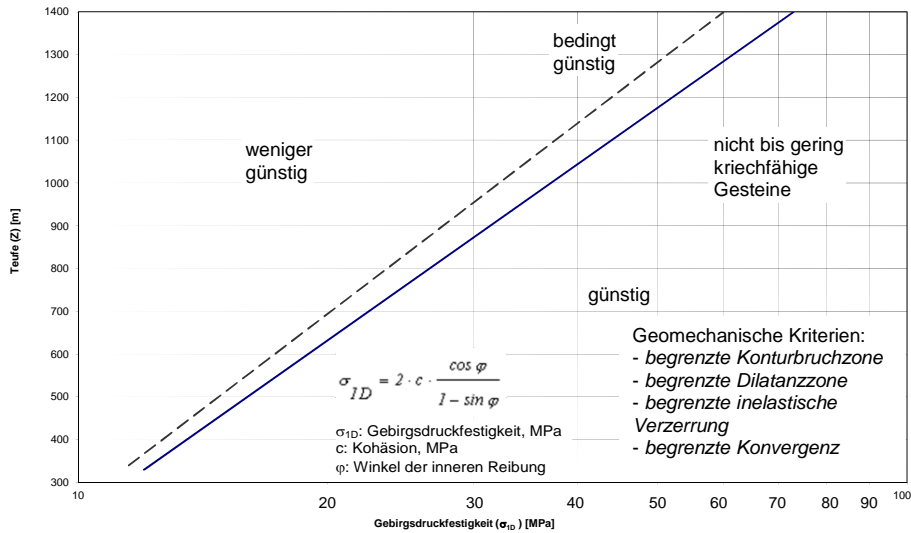
22

23 Das Vorgehen bei der Kriterienentwicklung und die Herleitung der Beurteilungsmaßstäbe wird in  
24 AkEnd (2002) bzw. in den dort zugrunde gelegten Arbeiten (s.a. K-MAT 12-20 und K-MAT 12-21)<sup>36</sup>  
25 ausführlich beschrieben. Danach besteht bei Berücksichtigung bestimmter **gebirgsartbezogener**  
26 Vorgaben ein Zusammenhang zwischen Teufenlage eines Grubenbaus und der Gebirgsfestigkeit,  
27 die zur Beurteilung der Neigung zur Ausbildung von Sekundärpermeabilitäten genutzt werden kann.  
28 Bei der Anwendung des Abwägungskriteriums wird zwischen Gesteinen mit elastisch-sprödem und  
29 elastisch-gering plastischem / gering kriechfähigem Materialverhalten einerseits und Gesteinen mit  
30 ausgeprägtem Kriechverhalten andererseits unterschieden. Die diesbezüglichen Zuordnungen der  
31 Gebirgsdruckfestigkeit zur Endlagerteufe in Abbildung 5-4 und Abbildung 5-5) kann im Rahmen der  
32 Abwägung bei der Standortauswahl zur orientierenden Einschätzung herangezogen werden.

**Kommentiert [sal45]:** In der AG 3 ist noch abschließend zu diskutieren, ob die Abbildungen rausfallen, was dann aber Auswirkungen auf die Tabelle 5.9 haben würde, die dann ebenfalls in der jetzigen Form so keinen Bestand hätte

<sup>36</sup> Alle: Prof. Lux, TU Clausthal, s. K-MAT 12: Dem AkEnd zugrunde liegende Unterlagen

**Abbildung 5-4: Maximal mögliche Endlagerteufe in Abhängigkeit von der Gebirgsdruckfestigkeit für Festgesteine mit nicht bis gering kriechfähigem (duktilen) Materialverhalten [nach LUX 2002<sup>37</sup>]**

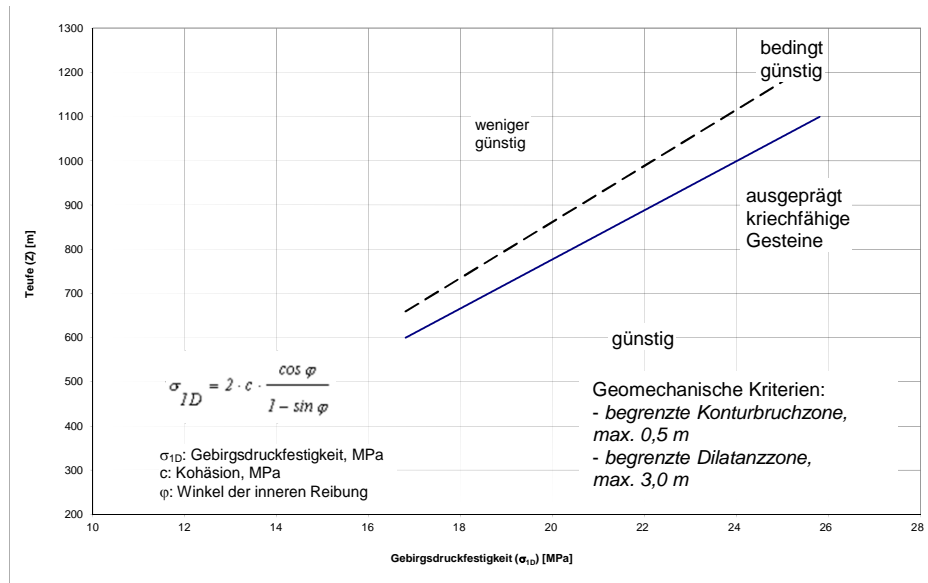


Quelle: nach Lux 2002

<sup>37</sup> s. K-MAT 12-21:Lux 2002: Entwicklung und Fundierung der Anforderung „Günstige gebirgsmechanische Voraussetzungen“, Teil B: Weiterführende laborative und rechnerische Untersuchungen, TU Clausthal, Dezember 2002



**Abbildung 5-5: Maximal mögliche Endlagerteufe in Abhängigkeit von der Gebirgsdruckfestigkeit für Festgesteine mit ausgeprägt kriechfähigem (duktilen) Materialverhalten [nach LUX 2002<sup>38</sup>]**



Quelle: nach Lux 2002

1  
2

<sup>38</sup> s. K-MAT 12-21:Lux 2002: Entwicklung und Fundierung der Anforderung „Günstige gebirgsmechanische Voraussetzungen“, Teil B: Weiterführende laborative und rechnerische Untersuchungen, TU Clausthal, Dezember 2002

**Tabelle 5-6: Günstige gebirgsmechanische Voraussetzungen: Eigenschaften, Bewertungsgrößen bzw. Indikatoren und Erfüllungsfunktionen des Kriteriums**

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße bzw. Indikator des Kriteriums	Wertungsgruppe		
		günstig	bedingt günstig	weniger günstig
Neigung zu mechanisch bedingten Sekundärpermeabilitäten außerhalb einer konturnahen entfestigten Auflockerungszone <sup>39</sup>	Zulässige Teufenlage in Abhängigkeit von der repräsentativen Gebirgsdruckfestigkeit, zu entnehmen dem Lagebezug der Endlagerteufe zur Kurve für die maximal mögliche Teufe in Abhängigkeit von der Gebirgsdruckfestigkeit:  Abbildung 5-4: Festgesteine mit nicht bzw. gering kriechfähigem Materialverhalten;  Abbildung 5-5: Festgesteine mit ausgeprägt kriechfähigem Materialverhalten	Die zu bewertende Teufe liegt unterhalb der Kurve für die maximal mögliche Teufe in Abhängigkeit von der Gebirgsdruckfestigkeit.	Die zu bewertende Teufe liegt mäßig (< 10 %) oberhalb der Kurve für die maximal mögliche Teufe in Abhängigkeit von der Gebirgsdruckfestigkeit.	Die zu bewertende Teufe liegt deutlich (> 10 %) oberhalb der Kurve für die maximal mögliche Teufe in Abhängigkeit von der Gebirgsdruckfestigkeit.

**Kommentiert [sal46]:** zu beachten: eine Streichung der vorangestellten Abbildungen hätte auch Auswirkungen auf die Tabelle (s. gelbe Markierungen)

1  
2

K-MAT 47 (ESK, Evaluation der Kriterien des AkEnd), Kap. 7.5

Der AkEnd fordert eine Minimierung von Schädigungen der Barriersysteme durch Bau und Betrieb des Endlagerbergwerks.

Die ESK ist mit dem Abwägungskriterium einverstanden. Die natürlichen Barrieren werden aufgrund ihrer Eigenschaften gewählt und eine einmal getroffene Wahl kann nicht geändert werden. Bei den technischen Barrieren kann das Design gegebenenfalls nachträglich an neuere Erkenntnisse bzw. technische Entwicklungen oder vorgefundene Verhältnisse angepasst werden. In diesem Sinne gilt das Kriterium besonders für Schädigungen der geologischen Barriere. Dabei ist auch der Einfluss der beim Auffahren verwendeten Techniken zu berücksichtigen und gegebenenfalls technische Alternativen beim Ausbruch und dem Ausbau der Untertagebauten zu betrachten und hinsichtlich deren Auswirkungen auf die Langzeitsicherheit zu prüfen.

3

<sup>39</sup> Das Kriterium steht in engem Zusammenhang mit den unter Anforderung 2 (Konfiguration / Tiefe) diskutierten Problemen

1 **5.2.2. Anforderung 6: Geringe Neigung zur Bildung von Wasserwegsamkeiten in**  
2 **Wirtsgesteinskörper / einschlusswirksamem Gebirgsbereich**

**Kommentiert [sal47]:** Aus der Diskussion der AG3 am 6.4.:  
Verhältnis Wirtsgestein/ewG ist noch zu diskutieren

3 Schadstofffreisetzung aus dem tiefen geologischen Untergrund in die Biosphäre kann insbesondere  
4 über die Migration fluider Phasen erfolgen, und zwar auf im Gebirge primär bereits vorhandenen  
5 Wegsamkeiten, auf sekundär durch den anthropogenen Eingriff (Bau und Betrieb des Endlagers)  
6 bedingten Wegsamkeiten oder auf durch zukünftige geogene Einwirkungen induzierten  
7 Wegsamkeiten.

8 Eine günstige geologische Gesamtsituation ist daher u. a. dann gegeben, wenn der  
9 einschlusswirksame Gebirgsbereich grundsätzlich eine nur geringe Neigung zur Ausbildung von  
10 Wegsamkeiten aufweist.

11 Mechanismen für die Ausbildung von Wegsamkeiten können Gefügauflockerungen infolge  
12 thermomechanischer Beanspruchung (Rissaufweitungen, Rissbildungen) und selektiver Auflösung  
13 von Gesteinspartien infolge Einwirkung lösungsfähiger Wässer (geochemisch reaktives Milieu im  
14 Rissbereich) sein. Hier bleibt die Kriterienentwicklung auf den Mechanismus mechanisch bedingter  
15 Rissaufweitung / Rissbildung beschränkt. Die **selektive Auflösung von Gesteinspartien** infolge  
16 Einwirkung lösungsfähiger Wässer (geochemisch reaktives Milieu im Rissbereich) wird hier nicht  
17 betrachtet.

18 Zur weiteren Spezifizierung dieser Anforderung erscheint es plausibel, davon auszugehen, dass  
19 sowohl grundsätzliche Gesteinseigenschaften als auch die Relation zwischen schädigungsfreier  
20 Gesteinsbeanspruchbarkeit und vorhandener bzw. zu erwartender Gesteinsbeanspruchung in  
21 Betracht zu ziehen sind. Ausgangspunkt für die weiteren Betrachtungen ist der Ansatz, dass auch  
22 in derzeit gering permeablen bis impermeablen Gebirgsformationen zusätzliche Rissysteme  
23 entstehen können und zwar dann, wenn unter der Einwirkung zukünftiger geogener und/oder  
24 anthropogener Beanspruchungen

- 25 • die Gesteine nicht hinreichend tragfähig sind, um die aufgeprägten Beanspruchungen ohne  
26 Überschreitung der Zug- sowie Dilatanz- bzw. Bruchfestigkeit aufzunehmen,
- 27 • die Gesteine kein hinreichendes Spannungsrelaxationsvermögen aufweisen, um bruchlos durch  
28 einen deformationsbegleiteten Spannungsumlagerungsprozess mit Beanspruchungsabbau die  
29 äußeren Lasten aufzunehmen,
- 30 • die Gesteine trotz eines ausgeprägt plastisch-viskosen Verhaltens beanspruchungs- und  
31 deformationsbedingt Gefügauflockerungen und Gefügeentfestigungen erfahren.

32 In allen diesen Fällen reagieren die Gesteine auf die äußeren Lasten mit der Ausbildung von neuen  
33 bzw. der Weiterentwicklung von schon bestehenden Fissuren (Mikro- bis Makrorissen). Diese  
34 Sekundärrisse führen dann auch bei einem primär gering permeablen bzw. impermeablen Gestein  
35 nach einer hinreichenden Vernetzung zur Ausbildung einer möglicherweise unvertretbar großen  
36 Sekundärpermeabilität.

37 Da die Anforderung „geringe Neigung zur Rissbildung“ nicht unmittelbar in ein an Maß und Zahl  
38 orientiertes und damit einer Abwägung zugängliches Kriterium umgesetzt werden kann, werden  
39 zunächst Eigenschaften abgeleitet, die jeweils einzelne Aspekte dieser zentralen Anforderung  
40 erfassen und für die dann nachfolgend Kriterien formuliert werden können. Vorhandene generelle  
41 Kenntnisse zu Gesteins- und Gebirgseigenschaften unter geotektonischer und endlagerrelevanter  
42 Beanspruchung legen zur näheren Ausformung der Anforderung die thesenartige Formulierung  
43 folgender Sachverhalte als Eigenschaften nahe:

44 Zugehörige Kriterien

**Kommentiert [sal48]:** NS prüft, ob ggf. noch Ergänzungen  
aus der AllgBergV sinnvoll eingebracht werden können.

- 1 • Die **Veränderbarkeit der Gebirgsdurchlässigkeit** sollte **möglichst gering** sein. Dazu sollte die  
 2 repräsentative Gebirgsdurchlässigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs gleich der  
 3 repräsentativen Gesteinsdurchlässigkeit sein<sup>40</sup>..
- 4 • Die **Barrierenwirkung** der Gebirgsformation gegenüber der Migration von Flüssigkeiten oder  
 5 Gasen (unter geogener und auch teilweise anthropogener Beanspruchung) sollte **aus**  
 6 geowissenschaftlicher, **geotechnischer oder bergbaulicher Erfahrung ableitbar** sein.  
 7 Folgende Sachverhalte können zur Einschätzung verwendet werden:
- 8 - Rezente Existenz als wasserlösliches Gestein
- 9 - Fossile Fluideinschlüsse
- 10 - Unterlagernde wasserlösliche Gesteine
- 11 - Unterlagernde Vorkommen flüssiger oder gasförmiger Kohlenwasserstoffe
- 12 - Heranziehung als hydrogeologische Schutzschicht bei Gewinnungsbergwerken
- 13 - Aufrechterhaltung der Abdichtungsfunktion auch bei dynamischer Beanspruchung
- 14 - Nutzung von Hohlräumen zur behälterlosen Speicherung von gasförmigen und  
 15 flüssigen Medien

- 16 • Das Gestein sollte unter in situ-Bedingungen geogen eine plastisch-viskose Deformationsfähigkeit  
 17 ohne Dilatanz aufweisen (Bewertungsgröße: Duktilität des Gesteins).
- 18 • Risse/Risssysteme im Gestein sollten bei Beanspruchungsinversion (zunehmende isotrope  
 19 Beanspruchung und abnehmende deviatorische Beanspruchung) geohydraulisch wirksam  
 20 verschlossen werden (Bewertungsgröße: Rückbildung der Sekundärpermeabilität durch  
 21 Rissschließung).
- 22 • Risse/Risssysteme im Gestein sollten nach der Rissschließung geomechanisch wirksam verheilt  
 23 sein (Bewertungsgröße: Rückbildung der mechanischen Eigenschaften durch Rissverheilung).

- 25 • Gesteinsbereiche mit einer, unter in situ-Bedingungen, plastisch-viskosen Deformationsfähigkeit  
 26 ohne Dilatanz sind im Hinblick auf diese Anforderung als günstig einzustufen (Bewertungsgröße:  
 27 Duktilität des Gesteins).
- 28 • Die Eigenschaft eines Gesteinsbereichs, dass Risse/Risssysteme bei Beanspruchungsinversion  
 29 (zunehmende isotrope Beanspruchung und abnehmende deviatorische Beanspruchung)  
 30 geohydraulisch wirksam verschlossen werden, ist im Hinblick auf die Anforderung als günstig  
 31 einzustufen (Bewertungsgröße: Rückbildung der Sekundärpermeabilität durch Rissschließung).
- 32 • Die Eigenschaft eines Gesteinsbereichs, dass Risse/Risssysteme nach der Rissschließung  
 33 geomechanisch wirksam verheilen, ist als günstig einzustufen (Bewertungsgröße: Rückbildung  
 34 der mechanischen Eigenschaften durch Rissverheilung).

**Kommentiert [sal49]:** Aus der Diskussion der AG 3 am 6.4.:  
 Im nächsten Durchgang grundsätzlich prüfen, ob bei der  
 Beschreibung der Abwägungskriterien der Abwägungsaspekt  
 stärker betont werden sollte, damit der Eindruck entsteht, dass  
 das jeweilige Abwägungskriterium zu einer absoluten Wertung  
 hinsichtlich der Standorteignung führt.

<sup>40</sup> Dies bedeutet, dass das Gebirge keine bei der Bestimmung der Gesteinsfestigkeit nicht erfassbare Trennfugen / Klüfte aufweisen darf

**Tabelle 5-7: Geringe Neigung zur Bildung von Wasserwegsamkeiten: Eigenschaften, Bewertungsgrößen bzw. Indikatoren und Erfüllungsfunktionen des Kriteriums**

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße bzw. Indikator des Kriteriums	Wertungsgruppe		
		günstig	bedingt günstig	weniger günstig
Veränderbarkeit der vorhandenen Gebirgsdurchlässigkeit	Verhältnis repräsentative Gebirgsdurchlässigkeit / repräsentative Gesteinsdurchlässigkeit [Maß ist die Wasserdurchlässigkeit in m/s]	< 10	≤ 100	> 100
	<b>Erfahrungen</b> über die Barrierewirksamkeit der Gebirgsformationen	Die Gebirgsformation / der Gesteinstyp wird un-mittelbar / mittelbar anhand eines oder mehrerer der o.g. Sachverhalte Erfahrungsbereiche als gering durchlässig bis geologisch dicht identifiziert, auch unter geogener / technogener Beanspruchung.	Die Gebirgsformation / der Gesteinstyp ist man-gels Erfahrung nicht un-mittelbar / mittelbar als gering durchlässig bis geologisch dicht zu charakterisieren.	Die Gebirgsformation / der Gesteins-typ wird un-mittelbar / mittelbar anhand eines Erfahrungsbereichs als nicht hinreichend gering durchlässig identifiziert.
	<b>Duktilität</b> des Gesteins (da es keine festgelegten Grenzen gibt, ab welcher Bruchverformung ein Gestein duktil oder spröde ist, soll dieses Kriterium nur bei einem Vergleich von Standorten angewandt werden.)	Duktil / plastisch-viskos ausgeprägt	spröde-duktil bis elastoviskoplastisch wenig ausgeprägt	spröde, linear-elastisch
Rückbildbarkeit von Rissen	Rückbildung der Sekundärpermeabilität durch Riss-schließung	Die Riss-schließung erfolgt aufgrund duktilen Materialverhaltens unter Ausgleich von Oberflächenrau-higkeiten	Die Riss-schließung erfolgt durch mechanische Rissweitenverring-erung in Verbindung mit sekundären Mechanismen, z. B.	Die Riss-schließung erfolgt nur in beschränktem Maße (z. B. bei sprödem Materialverhalten, Oberflächenrau-higkeiten,

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße bzw. Indikator des Kriteriums	Wertungsgruppe		
		günstig	bedingt günstig	weniger günstig
		im Grundsatz vollständig.	Quelldeformationen.	Brückenbildung).
	Rückbildung der mechanischen Eigenschaften durch Rissverheilung	Rissverheilung durch geochemisch geprägte Prozesse mit erneuter Aktivierung atomarer Bindungskräfte im Rissflächenbereich		Rissverheilung nur durch geogene Zuführung und Auskristallisation von Sekundärmineralen (mineralisierte Poren- und Kluftwässer, Sekundärmineralisation)
Zusammenfassende Beurteilung der Neigung zur Bildung von Wasserwegsamkeiten auf Grund der Bewertung der einzelnen Indikatoren:		Bewertung überwiegend "günstig": Keine bis marginale Neigung zur Bildung von Wasserwegsamkeiten	Bewertung überwiegend "bedingt günstig": Geringe Neigung zur Bildung von dauerhaften Wasserwegsamkeiten	<b>Bewertung</b> überwiegend "weniger günstig": Bildung von dauerhaften sekundären Wasserwegsamkeiten zu erwarten

1

2 **5.3. Kapitel 6.5.5.3 Gewichtungsguppe 3: Weitere sicherheitsrelevante**  
3 **Eigenschaften**

4 **5.3.1. Anforderung 7: Gute Bedingungen zur Vermeidung bzw. Minimierung der**  
5 **Gasbildung**

6 Endgelagerte radioaktive Abfälle können bei Kontakt mit Wasser oder Lösungen durch Korrosion  
7 und Radiolyse Gase bilden. In der Nachbetriebsphase eines Endlagers kann es zur Gasbildung  
8 kommen, wenn Flüssigkeit an die Abfallbehälter gelangt und diese korrodieren. Die Gasbildung kann  
9 zu einem Druckaufbau im einschlusswirksamen Gebirgsbereich führen. Die Gasmengen und die  
10 Gasbildungsraten müssen im Rahmen der Szenarienanalyse abgeschätzt werden. Durch den  
11 Gasdruckaufbau kann die Integrität der geologischen Barriere gefährdet werden, wenn der  
12 Gasdruck den Frac-Druck überschreitet.

13 Im Rahmen von Sicherheitsbetrachtungen sind auch Auswirkungen des Zweiphasenflusses auf die  
14 Radionuklidmigration und Migration radioaktiver Gase zu beachten. Im Rahmen von  
15 Sicherheitsbetrachtungen sind auch Auswirkungen des Zweiphasenflusses auf die  
16 Radionuklidmigration, dilatanzgesteuerte Gasmigration sowie die Migration radioaktiver Gase zu  
17 beachten.

18 Zur Beurteilung der Auswirkung der Gasbildung auf die Sicherheit des Endlagers, insbesondere auf  
19 die Einschlussfunktion von einschlusswirksamem Gebirgsbereich und zugehörigen geotechnischen

1 Barrieren, sind die maximal mögliche Gasmenge, die unter Endlagerungsbedingungen aus dem  
 2 Abfall gebildet werden kann, sowie die Gasbildungsrate (Volumen pro Jahr) von Bedeutung. Die  
 3 Gasmenge wird im Wesentlichen von der Art und den Inhaltstoffen der Abfälle, durch die Feuchte in  
 4 den Abfallgebänden sowie durch das Grundwasser- bzw. Salzlösungsangebot an die Gebände  
 5 bestimmt. Die Gasbildungsrate hängt ab von der Temperatur, der Feuchte und dem chemischen  
 6 Milieu am Einlagerungsort bzw. im Gebände.

7 Zugehörige Kriterien

- 8 • Die Gasbildung **der Abfälle** sollte **unter Endlagerbedingungen möglichst gering** sein.

**Tabelle 5-8: Gute Bedingungen zur Vermeidung bzw. Minimierung der Gasbildung: Eigenschaften, Bewertungsgrößen bzw. Indikatoren und Erfüllungsfunktionen des Kriteriums**

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße bzw. Indikator des Kriteriums	Wertungsgruppe		
		günstig	bedingt günstig	weniger günstig
Gasbildung	Wasserangebot im Wirtsgestein	trocken	feucht und dicht (Gebirgsdurchlässigkeit < 10 <sup>-11</sup> m/s)	feucht

9

10

11 **5.3.2. Anforderung 8: Gute Temperaturverträglichkeit**

12 Die Beurteilung des Wirtsgesteins bzw. des Gesteins des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs im  
 13 Hinblick auf Temperaturspannungen ist eng verbunden mit der Frage nach der Bildung von  
 14 Wasserwegsamkeiten im Barrieregestein und damit nach der Integrität des Endlagers.  
 15 Modellrechnungen gestatten die Abschätzung des räumlichen und zeitlichen Verlaufs der  
 16 Spannungen im Bereich von Wärmequellen unterschiedlicher räumlicher Ausdehnungen. Die  
 17 Berücksichtigung von Materialeigenschaften, wie der Zugfestigkeit, ermöglicht die Angabe der  
 18 Bereiche um eine Wärmequelle, in denen Brüche zu erwarten sind.

19 Umgekehrt lassen sich daraus unter der Randbedingung des vorgegebenen Wärmeeintrags  
 20 Anforderungen an das Gestein ableiten, die erfüllt sein müssen, wenn die Bruchzone auf die  
 21 unmittelbare Umgebung des Endlagers beschränkt sein soll, um eine Beeinträchtigung der  
 22 Barrierewirkung von einschlusswirksamem Gebirgsbereich bzw. Wirtsgestein zu vermeiden.

23 Temperaturerhöhungen können außerdem mineralogische Auswirkungen hervorrufen und so zur  
 24 Beeinträchtigung der Barrierewirkung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs bzw. des  
 25 Wirtsgesteins führen. Insbesondere Tonstein und geotechnische Barrieren können von solchen  
 26 Veränderungen betroffen sein. Aus diesen Zusammenhängen lassen sich folgende Kriterien (bzw.  
 27 auslegungsrelevante Anforderungen) ableiten:

28 Zugehörige Kriterien

**Kommentiert [AK2-50]:**  
 Ergebnisse\_Fachtagung\_Version1.pdf  
 2.1.4  
 Änderung der Anforderung 8 bzw. des Indikators:  
 Keine pauschale Festlegung von gesteinspezifischen  
 Grenztemperaturen, sondern den Indikator „geringe  
 Temperatur im Einlagerungshorizont“ wählen, der  
 Wirtsgesteinsübergreifend ist.

**Kommentiert [sal51]:** Aus der Diskussion der AG 3 am 6.4.:  
 abgestimmter Vorschlag der "Sub-AG"  
 Temperaturverträglichkeit erforderlich, untr Einbeziehung der  
 Hinweise von BGR (s.a. Drs. AG3-71 und des Gutachtens  
 Wärmeentwicklung/Gesteinsverträglichkeit nach dessen  
 Abnahme

**Kommentiert [Oline52]:** ID 1151

**Kommentiert [Oline53]:** ID 1154

**Kommentiert [Oline54]:** ID 1167

- Im unmittelbaren Bereich um die Einlagerungshohlräume liegendes Gestein darf es bei Temperaturen kleiner 100°C nicht zu Mineralumwandlungen kommen, welche die Barrierewirkung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs unzulässig beeinflussen.
- Die Neigung zu thermomechanisch bedingter Sekundärpermeabilität außerhalb einer kontornahen entfestigten Auflockerungszone sollte räumlich möglichst eng begrenzt sein.

Kommentiert [Oline55]: ID 1149

Kommentiert [Oline56]: ID 1152

**Tabelle 5-9: Gute Temperaturverträglichkeit: Eigenschaften, Bewertungsgrößen bzw. Indikatoren und Erfüllungsfunktionen des Kriteriums**

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße bzw. Indikator des Kriteriums	Wertungsgruppe		
		günstig	bedingt günstig	weniger günstig
Temperaturstabilität des Gesteins	Temperatur, bei der es zu Mineralumwandlungen in den Gesteinen kommt [°C]	> 120	100 - 120	< 100
Thermisch bedingte Sekundärpermeabilität	Ausdehnung der thermomechanisch gestörten Umgebung um Einlagerungshohlräume [m]	< 10	10 - 50	> 50
	Zugfestigkeit [MPa] im Nahbereich (etwa 10 m bis 50 m) um Endlager bei einer Kontakttemperatur von 100°C für			
	Granit	> 13	≥ 8	< 8
	Tonstein	> 8	≥ 4	< 4
	Steinsalz	> 2	1 - 2	< 1

Kommentiert [Oline58]: ID 1150

Kommentiert [Oline57]: ID 1155 (s.a. 1154)

Kommentiert [Oline59]: ID 1148, 1156

Zur Anforderung "Gute Temperaturverträglichkeit" hat die AG 3 zusätzliche Erläuterungen eingeholt. Die AG3 hat Herrn Minister Wenzel gebeten, eine Begründung für ein Temperaturkriterium "100°C" zu formulieren und die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), eine Begründung für ein Temperaturkriterium "200°C" beizusteuern. Beide Beiträge werden nachfolgend wiedergegeben:

Herr Minister Wenzel (K.-Drs. /AG3-74 vom 22.12.2015)

**Anforderung 8: Gute Temperaturverträglichkeit**

Die Beurteilung des Wirtsgesteins bzw. des Gesteins des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs im Hinblick auf Temperaturspannungen ist eng verbunden mit der Frage nach der Bildung von Wasserwegsamkeiten im Barrieregestein und damit nach der Integrität des Endlagers. Modellrechnungen gestatten die Abschätzung des räumlichen und zeitlichen Verlaufs der Spannungen im Bereich von Wärmequellen unterschiedlicher räumlicher Ausdehnungen. Die Berücksichtigung von Materialeigenschaften, wie der Zugfestigkeit, ermöglicht die Angabe der Bereiche um eine Wärmequelle, in denen Brüche zu erwarten sind.



Umgekehrt lassen sich daraus unter der Randbedingung des vorgegebenen Wärmeeintrags Anforderungen an das Gestein ableiten, die erfüllt sein müssen, wenn die Bruchzone auf die unmittelbare Umgebung des Endlagers beschränkt sein soll, um eine Beeinträchtigung der Barrierewirkung von einschlusswirksamem Gebirgsbereich bzw. Wirtsgestein zu vermeiden.

Temperaturerhöhungen können außerdem mineralogische Auswirkungen hervorrufen und so zur Beeinträchtigung der Barrierewirkung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs bzw. des Wirtsgesteins führen. Insbesondere Tonstein und geotechnische Barrieren können von solchen Veränderungen betroffen sein.

**Ergänzung Niedersachsen:**

*Aus geologisch/mineralogischer Sicht sollte ein Wirtsgestein zudem grundsätzlich nicht wesentlich höher aufgeheizt werden, als das Gestein in seiner geologischen Vergangenheit an maximaler Temperatur bereits „erlebt“ hat. Im Allgemeinen wird in den Wirtsgesteinen Ton und Kristallin (im Letzteren auf Grund der Bentonitbarriere) eine Einlagerungstemperatur empfohlen, bei der die durch die Abfallwärme hervorgerufenen Temperatur innerhalb der geotechnischen Barriere 100 °C bis 125 °C nicht überschreitet. Diese Begrenzung ist vor allem den Materialeigenschaften des Bentonits/Tongesteins und der Siedetemperatur von Lösungen (z.B. Vermeidung von Ausfällung von Salzen) geschuldet, um die Integrität des ewG während des anfänglichen Wärmeeintrags nach Einlagerung zu erhalten. In Salzgesteinen ist die Auswirkung von thermisch oder radiolytisch induzierter Gasbildung und Druckaufbau sowie die Migration von Lösungen/Wasserdampf („Thermomigration“) unter erhöhtem Feuchteeintrag (z.B. durch Salzgrusversatz; Lösungseinschlüsse) kritisch zu bewerten. Die Anwesenheit von inhomogenen Bereichen im Salz (Salztonlagen, Anhydritvorkommen, Carnallititeinschlüssen etc.) kann die thermische Belastbarkeit des Salzgesteins negativ beeinflussen.*

*Das Wirtsgestein und insbesondere der ewG sollen daher so beschaffen sein, dass temperaturbedingte Änderungen der Gesteinseigenschaften, thermomechanische Spannungen und wärmeinduzierte Expansion der Gesteine und ihrer Fluide nicht zu einem Festigkeitsverlust oder zur Bildung von Wasserwegsamkeiten führen können.*

*Aus diesen Zusammenhängen lassen sich folgende Kriterien (bzw. auslegungsrelevante Anforderungen) ableiten:*

Zugehörige Kriterien

Im unmittelbar um die Einlagerungshohlräume liegenden Gestein darf es bei Temperaturen kleiner 100 °C nicht zu Mineralumwandlungen kommen, welche die Barrierewirkung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs unzulässig beeinflussen.

- Die Neigung zu thermomechanisch bedingter Sekundärpermeabilität außerhalb einer konturnahen entfestigten Auflockerungszone sollte räumlich möglichst eng begrenzt sein.

**Ergänzung Niedersachsen:**

- *[Da wässrige Lösungen in allen Wirtsgesteinen angetroffen werden können, sollte in allen Wirtsgesteinen zur Vermeidung erhöhter Gasdrücke die Temperatur unterhalb des Siedepunktes von Wasser verbleiben (Druckabhängigkeit beachten).]*

Kommentiert [Oline60]: ID 1157

Eigenschaften, Bewertungsgrößen bzw. Indikatoren und Wertungsgruppen der Kriterien:  
Anmerkung: Tabelle muss angepasst werden

1

**Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)** (s.a. K-Drs. /AG3-71 vom 21.12.2015)

#### **Anforderung 8: Gute Temperaturverträglichkeit**

Durch die Einlagerung wärmeentwickelnder Abfälle kommt es zu einem Anstieg der Temperatur im Gebirge. Dieser Temperaturanstieg kann sich je nach zugrundeliegendem Sicherheitskonzept unterschiedlich auf den Einschluss der Abfälle auswirken. Positiv kann sich der Wärmeeintrag beim Wirtsgestein Salz auswirken, da die Kriechfähigkeit des Salzes mit der Temperatur zunimmt und daher der Einschluss der Abfälle im konvergierenden Gebirge schneller erfolgt. Der Wärmeeintrag kann sich aber auch negativ auswirken, wenn dadurch die Wirksamkeit der einschlusswirksamen Barrieren vermindert wird. Dabei können thermomechanische von mineralogischen Effekten unterschieden werden.

#### **Thermomechanische Temperaturverträglichkeit**

Zur Begrenzung hydraulischer Flüsse sollen das Gebirge im einschlusswirksamen Gebirgsbereich sowie technische Barrieren wie Salzgrus oder Bentonit eine geringe Permeabilität aufweisen. Zur Ableitung von Indikatoren für die Temperaturverträglichkeit des Wirtsgesteins ist daher zu prüfen, welche Auswirkungen ein Temperaturanstieg auf die Permeabilität des Wirtsgesteins selbst sowie auf die Permeabilität der in dem jeweiligen Wirtsgestein erforderlichen technischen Barrieren haben kann.

Permeabilitätserhöhungen können auftreten, wenn bestehende Wegsamkeiten in einem Barrieregestein oder im Material einer technischen Barriere infolge thermischer Volumenänderungen aufgeweitet werden, oder wenn ungünstige Spannungsbedingungen auftreten, die infolge lokaler Festigkeitsüberschreitung neue vernetzte Wegsamkeiten bilden können. Im Nahbereich um ein wärmeentwickelndes Einlagerungsgebäude kommt es infolge der Erwärmung zu einer Ausdehnung des Gebirges bzw. zu einem Anstieg der Druckspannungen und daher nicht zu einer Aufweitung oder Neubildung von Wegsamkeiten. Gleichzeitig kommt es in weiter entfernten Gebirgsbereichen, die weniger erwärmt werden, zu einer Absenkung der Druckspannungen und damit zu einer Verschiebung des Spannungszustands hin zu ungünstigen Spannungsbedingungen. Diese Verschiebung hin zu ungünstigen Spannungsbedingungen erfolgt umso stärker, je größer die Temperaturerhöhung im Einlagerungsbereich ist und je größer der Temperaturgradient im Gebirge ist. Temperaturerhöhung und Temperaturgradient sind umso kleiner, je größer die Wärmeleitfähigkeit und die Wärmekapazität des Wirtsgesteins sind. Günstig sind daher zur Vermeidung thermomechanisch bedingter Barrierenbeeinträchtigungen eine große Wärmeleitfähigkeit und eine hohe Wärmekapazität des Wirtsgesteins.

Inwieweit eine Begrenzung der maximalen Temperatur der einzulagernden Gebinde dazu beitragen kann, ungünstige Temperatureffekte zu verhindern, braucht an dieser Stelle nicht diskutiert zu werden, da eine Begrenzung der Einlagerungstemperatur bei jedem beliebigen Standort eine Verringerung der temperaturbedingten Auswirkungen zur Folge hätte, sodass sich daraus keine Kriterien für die Eignung eines Standortes ableiten lassen.

Vom AkEnd wurde als Indikator für die Temperaturverträglichkeit des Wirtsgesteins die Ausdehnung der thermomechanisch gestörten Umgebung um Einlagerungshohlräume

vorgeschlagen. Nach heutigem Wissensstand treten im einschlusswirksamen Gebirgsbereich jedoch keine ungünstigen thermomechanischen Auswirkungen auf, sondern nur im Fernfeld, z.B. im Abstand von mehreren hundert Metern. Die Ausdehnung einer thermomechanisch gestörten Umgebung um Einlagerungshohlräume ist deshalb kein geeigneter Indikator für die Temperaturverträglichkeit.

Ob es im Fernfeld zu thermomechanisch bedingten Festigkeitsüberschreitungen kommen kann, hängt auch von der Gebirgsfestigkeit ab. Die höhere Zugfestigkeit von zum Beispiel Granit gegenüber Salz und Ton kommt dabei jedoch nicht zum Tragen, da bei vorhandenen Trennflächen die Zugfestigkeit ausgedehnter Gebirgsbereiche im Granit nicht größer ist als in anderen Wirtsgesteinen. Deshalb wird in der Gesteinsfestigkeit kein geeigneter Indikator für die thermomechanische Temperaturverträglichkeit gesehen.

Kommentiert [Oline61]: ID 1158, 1159, 1160

Als weiterer thermomechanischer Effekt ist der Prozess des Siedens zu betrachten, der mit dem Erreichen der Siedetemperatur einsetzt, wenn Fluide vorhanden sind. Im Porenraum eines Barrieregesteins vorhandenes bzw. dorthin vordringendes Wasser würde bei atmosphärischem Druck bei 100°C sieden und durch die damit verbundene Expansion der Gasphase den Porendruck erhöhen. Mit dieser Druckerhöhung geht auch eine Erhöhung der Siedetemperatur einher, und der Verdampfungsprozess kommt zum Erliegen, wenn der mit der vorliegenden Temperatur korrespondierende Dampfdruck erreicht ist. Eine Erhöhung der Permeabilität aufgrund dieses Prozesses kann nicht stattfinden, wenn Wasser erst dann in den Porenraum vordringt, wenn Endlagergebilde und technische Barrieren nach Verschluss des Endlagers im Wirtsgestein eingespannt und dem Überlagerungsdruck ausgesetzt sind, weil die möglichen Dampfdrücke in relevanten Temperaturbereichen nur einen Bruchteil des Überlagerungsdruckes betragen, z.B. beträgt bei 200°C der Sattdampfdruck ca. 1,5 MPa gegenüber ca. 18 MPa Überlagerungsdruck in 800 m Teufe. Anders ist die Auswirkung einer Erwärmung bis zur Siedetemperatur zu beurteilen, wenn Baustoffe bereits in feuchtem Zustand eingebracht werden oder Feuchtigkeit vor der Beaufschlagung des Baustoffs mit dem Gebirgsdruck in den Baustoff eindringen kann. In diesem Fall kann eine Desintegration des Baustoffs auftreten. Für einige Endlagerkonzepte mit Bentonitbuffer wird daher eine Maximaltemperatur unterhalb der Siedetemperatur festgelegt. Als indirektes Kriterium für die Temperaturverträglichkeit des Wirtsgesteins hinsichtlich thermomechanischer Effekte kann daher die Frage gelten, ob in dem jeweiligen Wirtsgestein ein Bentonitbuffer erforderlich ist, weil in dem Fall die Maximaltemperatur im Endlager unter Umständen auf 100°C begrenzt werden muss.

Kommentiert [Oline62]: ID 1162, 1164

### Mineralogische Temperaturverträglichkeit

In einigen Sicherheitskonzepten für Endlager in den Wirtsgesteinstypen Ton und Kristallin spielen das Quellvermögen und Sorptionsvermögen von eingebrachtem Bentonit eine Rolle. Daher muss in diesen Konzepten sichergestellt werden, dass die notwendige Sorptionsfähigkeit und das notwendige Quellvermögen des Bentonits nicht durch thermisch bedingte Mineralumwandlungen beeinträchtigt werden. Quellfähigkeit und Sorptionsvermögen von Bentonit sinken, wenn der im Bentonit vorhandene Smektit in Illit umgewandelt wird. Die Illitisierung von Smektit beginnt bereits bei Temperaturen unterhalb 100°C und ist umso intensiver, je höher die Temperatur ist. Auch für die mineralogische Temperaturverträglichkeit des Wirtsgesteins kann daher die Frage gelten, ob in dem jeweiligen Wirtsgestein ein Bentonitbuffer erforderlich ist.

Durch die Illitisierung von Smektit kann auch das Sorptionsvermögen des Wirtsgesteins Ton ungünstig beeinflusst werden. Die temperaturbedingte Beeinträchtigung des

Sorptionsvermögens ist umso größer, je höher der Smektitgehalt im Ton ist. Die Intensität einer möglichen temperaturbedingten Beeinträchtigung des Sorptionsvermögens des Wirtsgesteins kann daher kein sinnvoller Indikator für die mineralogische Temperaturverträglichkeit sein, weil dabei ein Wirtsgestein mit einem von vornherein geringen Sorptionsvermögen als günstiger eingestuft würde als ein Wirtsgestein mit hohem Sorptionsvermögen.

Kommentiert [Oline63]: ID 1163

Mineralumwandlungen können außerdem Auswirkungen auf die Barriereigenschaften haben, wenn dadurch das Feststoffvolumen verringert wird und sich dementsprechend der für Fluidbewegungen verfügbare Raum vergrößert. Das könnte bei Salzhydraten bei einer Erwärmung über die Temperatur, bei der es zur Kristallwasserabgabe kommt, der Fall sein. An gemahlenem Carnallit wurde unter atmosphärischen Bedingungen ab 80°C Kristallwasserabgabe beobachtet. Unter in-situ Bedingungen liegt die erforderliche Temperatur aufgrund der Einspannung höher. Endlagerkonzepte für das Wirtsgestein Salz sehen auch aufgrund der Schmelztemperatur von Carnallit in Höhe von ca. 170°C einen Abstand der Einlagerungshohlräume von Kalisalzvorkommen vor. Als Indikator für die Temperaturverträglichkeit speziell des Wirtsgesteins Salz kann daher der Abstand zwischen zwei Kaliflözen gelten.

Aufgrund möglicher temperaturbedingter Mineralumwandlungen pauschal eine Begrenzung der zulässigen Maximaltemperatur im Endlager auf die in der geologischen Vergangenheit vom Wirtsgestein ertragene Maximaltemperatur vorzunehmen, ist nicht sachgerecht, da die Frage, ob eine bestimmte Mineralumwandlung auftritt oder nicht, unabhängig von der in der geologischen Vergangenheit ertragenen Maximaltemperatur sein kann. Beispielsweise tritt die Kristallwasserabgabe von Polyhalit bei 230°C auf, unabhängig davon, ob die Maximaltemperatur einer Salzformation in der Vergangenheit 70°C oder 120°C betragen hat.

Fazit

Die folgenden Indikatoren können zur Bewertung der Temperaturverträglichkeit genutzt werden:

<b>Indikator</b>	<b><i>günstig</i></b>	<b><i>weniger günstig</i></b>
Wärmeleitfähigkeit	groß (z.B. > 5 W/(m K) bei 50°C)	klein (z.B. < 4 W/(m K) bei 50°C)
Wärmekapazität	groß (z.B. > 800 J/(kg K) bei 50°C)	klein (z.B. < 800 J/(kg K) bei 50°C)
Bentonitbuffer	Bentonitbuffer wird nicht benötigt	Bentonitbuffer wird benötigt
Für Salzstandorte: Abstand zwischen zwei Kaliflözen	groß (z.B. > 1.000 m)	klein (z.B. < 500 m)

Kommentiert [Oline64]: ID 1165, 1166, 1168

Der AkEnd fordert eine Reduzierung der Auswirkungen des Wärmeeintrages auf den ewG und die Verhinderung einer Beeinträchtigung durch thermische oder thermomechanische Belastungen.

ESK: Dieses Abwägungskriterium ist nur auf Lagerteile mit Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen und deren Umgebung anzuwenden. Es ist dafür Sorge zu tragen, dass entsprechende andere Lagerteile nicht oder nur unwesentlich von der Temperaturentwicklung dieser Lagerteile beeinflusst werden. Die ESK ist grundsätzlich mit diesem Kriterium einverstanden.

Die Temperaturverträglichkeit ist aufgrund thermodynamischer und kinematischer Betrachtungen aufzuzeigen. Es ist dabei zu berücksichtigen (und gegebenenfalls mit thermischen Modellierungen aufzuzeigen), über welche Zeiträume der von den Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen ausgehende Wärmepuls das umliegende Gestein beeinflusst.

1  
2  
3

### 5.3.3. Anforderung 9: Hohes Rückhaltevermögen der Gesteine einschlusswirksamen Gebirgsbereich gegenüber Radionukliden

Herr Minister Wenzel (per Email am 19.01.2016)

Der folgende Text ist der identische Text aus K.-Drs. 157, Stand 17.12.2015. Der Text wurde auf Wunsch von Herrn Min. Wenzel wegen Diskussionsbedarf in die eckige Klammer überführt

Anforderung 9 wurde nach dem 06.04.2016 zunächst wieder auf den ursprünglich intendierten Bezug zum ewG zurückkompiliert, was sich i. W. auf die Überschrift und auf Tabelle 5-10 bezieht. Als Deckgebirgskriterium wird das Rückhaltevermögen an anderer Stelle (Anforderung 12 f) durch die Abstimmungsgruppe Appel/Wenzel/Fischer weiter diskutiert Ursprünglich abgebildete Meinungsunterschiede bezüglich Deckgebirge finden sich jetzt dort.

Für eine Retardation (Rückhaltung) von Radionukliden in der Geosphäre sind die Ionenstärke bzw. die Konzentrationen von Komplexbildnern und Kolloiden im tiefen Grundwasser und der Mineralbestand des Gesteins entscheidend. Weitere retardierende Eigenschaften einer Formation sind Matrixdiffusion (und Sorption an Matrixpartikeln) sowie Filterwirkung gegenüber Kolloiden.

Das Ausmaß der Sorption hängt sowohl von der mineralogischen Zusammensetzung der durchströmten Gesteine als auch vom hydrochemischen Milieu des Tiefenwassers ab. Tonminerale, Mangan-, Eisen- und Aluminium-Oxide, -Hydroxide und -Oxihydrate sowie organische Substanz (z.B. Kohle, Torf) stellen - zumindest unter bestimmten hydrochemischen Milieubedingungen - gute Sorbenten dar. Von den hier interessierenden Gesteinstypen, die als Wirtsgestein bzw. einschlusswirksamer Gebirgsbereich in Frage kommen, trifft das - im Hinblick auf die Zusammensetzung - vor allem auf Tonstein zu. Granit und vergleichbare kristalline Gesteinstypen, aber auch Steinsalz und die meisten damit vergesellschafteten Gesteinstypen weisen hingegen ein generell schwaches Sorptionsvermögen auf, während sie in anderer Hinsicht Vorteile gegenüber anderen Gesteinstypen aufweisen können. Die Bedeutung des Rückhaltevermögens ist daher im Rahmen der abwägenden Gesamtbetrachtung von Endlagersystemen zu beurteilen.

Kommentiert [Oline65]: ID 1170

Kommentiert [Oline66]: ID 1170, 1171, 1174

Hinsichtlich des Ausmaßes von Sorption bestehen zwischen den nuklid-, gesteins- und milieuspezifischen Faktoren komplexe Beziehungen, die über die Benennung der geschilderten allgemeinen Zusammenhänge hinaus die Ableitung eines pauschal anwendbaren quantitativen Kriteriums nicht erlauben. Die Definition und Beurteilung günstiger geochemischer Verhältnisse für Sorptionsvorgänge muss vielmehr im Rahmen einer komplexen gesteins-, nuklid- und milieu-spezifischen Fallunterscheidung in späteren Verfahrensschritten vorgenommen werden.

In Sicherheitsbetrachtungen wird als Maß für die Beurteilung des Sorptionsvermögens üblicherweise der lineare Sorptionskoeffizient  $K_d$  herangezogen. Ein  $K_d$ -Wert von  $0,001 \text{ m}^3/\text{kg}$  bedeutet bei einer absoluten Porosität des Gesteins von 0,15, dass der Transport von Radionukliden im Grundwasser gegenüber der Abstandsgeschwindigkeit um etwa einen Faktor 10 - 20 verzögert wird. Im Zusammenhang mit der Endlagerung hoch radioaktiver Abfälle sind solche Gesteinstypen vorteilhaft, die ein Sorptionsvermögen für langlebige Radionuklide aufweisen.

Vor dem Hintergrund dieser Zusammenhänge lässt sich für die Rückhaltung von Radionukliden ableiten:

Zugehöriges Kriterium

- Die **Sorptionsfähigkeit** der Gesteine sollte **möglichst groß** sein; der Sorptionskoeffizient ( $K_d$ -Wert) sollte für die Mehrzahl der langzeitrelevanten Radionuklide größer oder gleich  $0,001 \text{ m}^3/\text{kg}$  sein.
- Die Gesteine des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs sollten möglichst hohe Gehalte an **Mineralphasen mit großer reaktiver Oberfläche** aufweisen.

Für die Filterung von Kolloiden lässt sich kein Kriterium ableiten.

Kommentiert [Oline67]: ID 1169, 1173

**Tabelle 5-10: Hohes Rückhaltevermögen im einschlusswirksamen Gebirgsbereich: Eigenschaften, Bewertungsgrößen bzw. Indikatoren und Erfüllungsfunktionen des Kriteriums**

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße bzw. Indikator des Kriteriums [Dimension]	Wertungsgruppe		
		günstig	bedingt günstig	weniger günstig
Sorptionsfähigkeit der Gesteine des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs	$K_d$ -Wert für folgende langzeitrelevante Radionuklide $\geq 0,001 \text{ [m}^3/\text{kg}]$	Uran, Protactinium, Thorium, Plutonium, Neptunium, Zirkonium, Technetium, Palladium, Jod, Cäsium, Chlor	Uran, Plutonium, Neptunium, Zirkonium, Technetium, Cäsium	--

Formulierungsvorschläge aus Nds folgen

K-MAT 47 (ESK, Evaluation der Kriterien des AkEnd), Kap. 7.9

Der AkEnd fordert gute Sorptionseigenschaften der Gesteine für Radionuklide.

ESK: Das Rückhaltevermögen in einem Endlagersystem wird bestimmt durch das für einen Radionuklidtransport verfügbare Lösungsvolumen, die jeweiligen geochemischen Randbedingungen, Gesteinsdurchlässigkeiten sowie die physikochemischen Sorptionseigenschaften des Wirtsgesteins und der (geo)technischen Barrieren (vgl. Kapitel 7.1). Ein gut ausgelegtes Endlagersystem im Steinsalz zeichnet sich durch nahezu impermeables Wirtsgestein aus, das keinen bzw. nur eine begrenzte Wassermenge zum Einlagerungsbereich zulässt. Das Radionuklidsorptionsvermögen von Salzmineraloberflächen ist dagegen begrenzt. Tonmineralphasen in nanoporösem, niedrig permeablem Tonstein besitzen Oberflächen, auf denen viele Radionuklide stark sorbiert werden. Klüftiges Kristallingestein erlaubt advektiven Wassertransport und besitzt im Vergleich zu Tonstein eine relativ geringe spezifische Oberfläche, die für die Sorption von Radionukliden zur Verfügung steht. Aus diesem Grund erfolgt die Verfüllung von Hohlräumen durch quellfähiges bentonitreiches Versatzmaterial, das seinerseits Radionuklide stark binden kann. Für die ESK sind gute Sorptionseigenschaften der Gesteine für Radionuklide daher als Abwägungskriterium geeignet. Sie sind aber im Rahmen des Zusammenwirkens verschiedener Sicherheitsfunktionen und dem daraus abgeleiteten Sicherheitskonzept (vgl. Kapitel 4.2) zu betrachten.

1

#### 2 5.3.4. Anforderung 10: Günstige hydrochemische Verhältnisse

3 Eine wissenschaftlich nachvollziehbare geochemische Bewertung von potenziellen  
4 Endlagerformationen zielt vorrangig auf den Einfluss der lokal/regional auftretenden Tiefenwässer  
5 und der festen Mineralphasen der Gesteine auf die Löslichkeit der Radionuklide und damit ihre  
6 Freisetzung und Migration bzw. Rückhaltung z. B. durch Sorption und Immobilisierung. Hinzu  
7 kommen Fragen möglicher chemischer Angriffe auf das Material technischer und geotechnischer  
8 Barrieren und der möglicher Veränderungen der hydrochemischen Bedingungen für  
9 Radionuklidfreisetzung und -transport durch eingebrachtes Behälter- und Ausbaumaterial.

10 Günstige hydrochemische Verhältnisse in einer geologischen Formation werden unter anderem  
11 durch ein reduzierendes geochemisches Milieu, geringe Konzentrationen an Komplexbildnern und  
12 Kolloiden sowie neutrale bis leicht alkalische pH-Bedingungen bei niedrigem CO<sub>2</sub>-Partialdruck  
13 charakterisiert. Unter derartigen Bedingungen sind geringe Löslichkeiten von Radionukliden zu  
14 erwarten.

15 Als mögliche Indikatoren zur Identifizierung günstiger hydrochemischer Verhältnisse gelten der Eh-  
16 Wert, das Vorliegen reduzierter Festphasen, der Gehalt an organischen Substanzen und das Fehlen  
17 freien Sauerstoffs im Grundwasser sowie darüber hinaus der pH-Wert und die Pufferung durch  
18 vorhandene karbonathaltige Gesteine. Für eine Retardation von Radionukliden sind die  
19 Konzentrationen von Komplexbildnern und Kolloiden (z. B. Karbonatkomplexe oder  
20 Huminstoffkolloide) im Tiefenwasser und das Vorhandensein von Sorptionsplätzen an  
21 Mineralphasen im Gestein entscheidend (s. dazu Anforderung 9). Ein weiterer wichtiger Indikator für  
22 günstige hydrochemische Verhältnisse ist das Vorliegen eines geochemischen Gleichgewichtes  
23 zwischen Tiefenwasser und Gestein.

24 Im Zuge der Kriterienentwicklung hat der AkEnd geprüft (AKEND 2002), inwieweit sich auf der Basis  
25 damals zugänglicher Daten quantitative bzw. qualitative Kriterien für die genannten Indikatoren  
26 ableiten lassen (LARUE et al. 2001). Dabei wurden auch das schrittweise Vorgehen bei einer

1 Standortauswahl und die beim jeweiligen Verfahrensschritt voraussichtlich vorliegenden Kenntnisse  
2 und Daten berücksichtigt.

3 Der gegenwärtige Kenntnisstand zum Chemismus von Tiefenwässern in Deutschland und die  
4 heterogene Verbreitung verschiedener Grundwassertypen auf engem Raum lässt derzeit<sup>41</sup>  
5 allerdings keine flächendeckenden Aussagen zur Charakterisierung und Beurteilung von  
6 Standortregionen und Standorten auf der Basis hydrochemischer Kriterien zu. Insbesondere bei  
7 Grundwässern im für die Errichtung eines Endlagers vorgesehenen Tiefenbereich ist das Wissen  
8 über die hydrochemischen Verhältnisse dafür zu lückenhaft. Zuverlässige Aussagen sind daher erst  
9 bei genauerer regionaler bzw. standortspezifischer Betrachtung auf Basis entsprechender Daten  
10 möglich.

11 Andererseits können folgende hydro- und geochemische Parameter mit Einfluss auf Löslichkeit und  
12 Transportverhalten von Radionukliden als Indikatoren für günstige hydrochemische Bedingungen  
13 hinsichtlich Radionuklidlöslichkeit und -transport herangezogen werden. Folgende Zusammenhänge  
14 lassen sich benennen:

- 15 • Das tiefe Grundwasser in Wirtsgestein / im einschlusswirksamen Gebirgsbereich soll sich mit den  
16 Gesteinen im chemischen Gleichgewicht befinden.
- 17 • Im Bereich des Tiefenwassers sollte ein pH-Wert von 7-8 vorliegen.
- 18 • Im Bereich des Tiefenwassers sollten günstige Redoxbedingungen (anoxisch-reduzierendes  
19 Milieu) vorliegen.
- 20 • Der Gehalt an Kolloiden im Tiefenwasser sollte möglichst gering sein.
- 21 • Der Gehalt an Komplexbildnern und die Karbonatkonzentration im Tiefenwasser sollten gering  
22 sein.

23 Zusammenfassend gilt aber, dass zur Ermittlung der Eigenschaft „günstige hydrochemische  
24 Verhältnisse“ standortspezifische Kenntnisse und Angaben zur Endlagerkonzeption vorliegen  
25 müssen, die in späten Verfahrensschritten bereitgestellt werden können.

26

### 27 5.3.5. Anforderung 11: Günstige Bedingungen für den Bau von Verschlussbauwerken

28 Das Wirtsgestein sollte günstige Bedingungen für den Bau von geotechnischen  
29 Verschlussbauwerken (Streckenverschlüsse und Schachtverschlüsse) aufweisen, da diese die  
30 maßgeblichen bautechnischen Barrieren zur Rückhaltung der Radionuklide sind. Dazu soll die sich  
31 um die Schächte und Strecken bildende Auflockerungszone nur gering sein. Als Indikator kann die  
32 Größe und Durchlässigkeit der Auflockerungszone bei Schächten am Ende des  
33 Einlagerungszeitraumes verwendet werden.

34

35

**Kommentiert [sal68]:** Aus der Diskussion der AG3 am 6.4.;  
Es muss noch einmal über den Erhalt oder die Streichung oder  
Ergänzung dieses Kriteriums beraten werden

In Anforderung implizit enthalten, ggf. dort auch als Text  
integrieren?

<sup>41</sup> Diese Einschätzung stammt aus AKEnd 2002 und bedarf der Überprüfung / Aktualisierung.



1 Die nachfolgenden Abwägungskriterien

## 2 5.4. Zusätzliche, noch keiner Gewichtungsgruppe zugeordnete 3 Abwägungskriterien

4 Es wird z. Zt. noch darüber diskutiert, den Katalog der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien  
5 um weitere Kriterien zu ergänzen, deren Einordnung in die zugehörigen Gewichtungsgruppe mit  
6 Verabschiedung dieser neuen Abwägungskriterien noch erfolgen muss. Die im Folgenden  
7 genannten Abwägungskriterien bedürfen daher noch der weiteren Beratung.

### 8 5.4.1. Anforderung 12 : Hohes Rückhaltevermögen der Gesteine im Deckgebirge von 9 Salzstöcken gegenüber Radionukliden

10 Zu dieser Anforderung gibt es in der AG 3 drei unterschiedliche Auffassungen.

11 Hierzu wurde auf der Sitzung am 02.02. eine weitere Abstimmungsrunde Appel/Wenzel/Fischer  
12 vereinbart

13 Zur Anforderung "Hohes Rückhaltevermögen des Deckgebirges gegenüber Radionukliden"  
14 (Gewichtungsgruppe 3) und zugehöriges neues Abwägungskriterium "Hohe Sorptionsfähigkeit der  
15 Gesteine des Deckgebirges" haben Herr Dr. Fischer und Herr MdB Kanitz wie folgt  
16 Stellunggenommen:

**Kurzstellungnahme zu Beratungsunterlage K-Drs. /AG 3-70 von Herrn Dr. Fischer und  
Herrn MdB Kanitz (K.-Drs. /AG3-72 vom 21.12.2015)**

**Zur neuen Anforderung "Hohes Rückhaltevermögen des Deckgebirges von  
Salzstöcken gegenüber Radionukliden" (Gewichtungsgruppe 3) und zugehöriges  
neues Abwägungskriterium "Hohe Sorptionsfähigkeit der Gesteine des  
Deckgebirges":**

Die Einführung des Kriteriums steht im Widerspruch zum sicherheitskonzeptionellen Ansatz  
des sicheren Einschlusses der Abfälle im ewG, der auch der gesamten Methodik der  
Standortauswahl zugrunde liegt, da es auf eine Rückhaltung außerhalb des ewG abstellt.  
Es kann daher auch nicht sinnvoll mit anderen Kriterien, die auf einen guten Einschluss im  
ewG gerichtet sind, abgewogen werden und ist im hohem Maße nachrangig gegenüber  
anderen in Kriterien noch nicht erfassten Aspekten (Kriechfähigkeit, geringer Wassergehalt  
des Salzes im ewG, weitgehend abgeschlossene Halokinase, etc.).

Darüber hinaus ist es mit erheblichen Prognoseungewissheiten behaftet.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Anwendung von nicht sicherheitsgerichteten  
Mindestanforderungen und Abwägungskriterien die erhebliche Gefahr birgt, dass  
eignungshöfliche Standorte frühzeitig aus dem Verfahren ausscheiden könnten.]

17

### 18 5.4.2. Anforderung 13: Schützender Aufbau des Deckgebirges

19 Zu dieser Anforderung gibt es in der AG 3 drei unterschiedliche Auffassungen.

20 Hierzu wurde auf der Sitzung am 02.02. eine weitere Abstimmungsrunde Appel/Wenzel/Fischer  
21 vereinbart

**Kommentiert [sal69]:** Bezüglich der Deckgebirgskriterien hat sich eine Abstimmungsgruppe (Appel/Fischer Wenzel) konstituiert, von dort kommt ein neuer Vorschlag, ggf. für eine wirtsgesteinsübergreifende Befassung

**Kommentiert [Oline70]:** ID 1177

**Kommentiert [Oline71]:** ID 1178

**Kommentiert [AK1-72]:**  
Ergebnisse\_Fachtagung\_Version1.pdf

1.1.3

Im AK 1 wurde diesbezüglich das Thema "Deckgebirge als Mindestanforderung?" diskutiert, ohne konkretes Ergebnis/ohne Vorschlag an die AG 3.

1.1.6

Subrosion, bzw. Einbruchsee

Kein Konsens in der Frage, junge Subrosionssees (Einbruchseen) über einem Salzstock als 7. Ausschlusskriterium zu nennen.

Bitte an die Kommission, das Argument noch mal ernsthaft und wissenschaftlich zu prüfen  
Einbruchseen sind zwar leicht zu erkennen, es gibt aber auch Subrosionsvorgänge, die nicht so leicht zu erkennen sind.

Prognosen der Subrosion müssen beachtet werden.

**Kommentiert [AK2-73]:**

Ergebnisse\_Fachtagung\_Version1.pdf

2.1.5

Schutz vor Subrosion

Zweifelhaft, ob eine Anforderung an das Deckgebirge zur Begrenzung von Subrosion sinnvoll ist,

Zweifelhaft, welche Rolle der Deckgebirgsaufbau für die Subrosion überhaupt hat.

Der aktuelle Deckgebirgsaufbau kann für begrenzte Zeit einem Sicherheitsvorteil bringen und muss daher als Abwägungskriterium berücksichtigt werden. Die Sicherheit des Endlagers darf aber nicht vom Deckgebirgsaufbau abhängen, daher kann es keine Mindestanforderung bzw. Ausschlusskriterium darstellen

2.2.3

Es gibt Befürworter für ein schützendes Deckgebirge über einem Salzstock und andere, die sagen, es ist nicht wichtig (nächste Eiszeit macht es irrelevant)

Bedeutung der Subrosion für Salzstöcke (aktiv? allgemein zum Erliegen gekommen?)

Bedeutung des schützenden Deckgebirges für Kristallin?

Schützendes Deckgebirge ist in anderen Ländern ein Abwägungskriterium. (Bsp.: Schweiz)

Diskussion der Bedeutung des Erfüllungsgrades: • Es soll das radiologische Schutzziel nicht nur gerade so erreicht werden, sondern bestmöglich.

**Kommentiert [sal74]:** Bezüglich der Deckgebirgskriterien hat sich eine Abstimmungsgruppe (Appel/Fischer Wenzel) konstituiert, von dort kommt ein neuer Vorschlag, ggf. für eine wirtsgesteinsübergreifende Befassung

Vorschlag Dr. Appel (K.-Drs. AG3-70)

**Tabelle 5-11: Hohes Rückhaltevermögen im Deckgebirge: Eigenschaften, Bewertungsgrößen bzw. Indikatoren und Erfüllungsfunktionen des Kriteriums**

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße bzw. Indikator des Kriteriums	Wertungsgruppe		
		günstig	bedingt günstig	weniger günstig
Hohe Sorptionsfähigkeit der Gesteine des Deckgebirges	Anteil und Verteilung von Ton / Tonstein / tonreichen Gesteinen im Deckgebirge von Salzstöcken zwischen Salzspiegel und Biosphäre	Ton / Tonstein / tonreiche Gesteine in zusammenhängender Verbreitung im Deckgebirge	Ton / Tonstein / tonreiche Gesteine in lückenhafter Verbreitung im Deckgebirge	Ton / Tonstein / tonreiche Gesteine als isolierte Einzelvorkommen in Gesteinsserien mit geringer Sorptionsfähigkeit

1  
2

**Kurzstellungnahme zu Beratungsunterlage K.-Drs. /AG 3-70 von Herrn Dr. Fischer und Herrn MdB Kanitz (K.-Drs. /AG3-72 vom 21.12.2015)**

**Zur neuen Anforderung "Schützender Aufbau des Deckgebirges von Salzstöcken" (Gewichtungsgruppe 1) und zugehöriges neues Abwägungskriterium "Schutzfunktion des Deckgebirges von Salzstöcken":**

Dem Vorschlag liegt die Annahme zugrunde, dass die Beschaffenheit des Deckgebirges für den Schutz des ewG vor Subrosion maßgeblich sei. Diese Aussage ist jedoch keinesfalls zutreffend, insbesondere dann nicht, wenn über dem ewG mehrere hundert Meter mächtiges Salz lagert.

Die Existenz zahlreicher Salzstöcke in Norddeutschland mit sehr unterschiedlichen Deckgebirgskonfigurationen beweist hingegen, dass selbst bei direktem Kontakt des Salzspiegels mit Grundwasser die Subrosion rasch zum Erliegen kommt und es keines besonderen Schutzes durch das Deckgebirge bedarf.

Maßgebliche Faktoren für Subrosion sind die Tiefenlage des Salzstocks sowie die sich einstellende Dichteschichtung des Grundwassers über dem Salzstock. Die Einstellung einer Dichteschichtung wird wiederum begünstigt durch geringe Salzaufstiegsraten, welche zu gewissen Muldenbildungen am Salzspiegel führen und wiederum eine schwächere Grundwasserdynamik zur Folge haben.

3

Herr Dr. Appel, (K-Drs. /AG3-73 vom 21.12.2015):

**Anforderung "Schützender Aufbau des Deckgebirges von Salzstöcken" (Gewichtungsgruppe 1) und zugehöriges Abwägungskriterium "Schutzfunktion des Deckgebirges von Salzstöcken"**

Den Barrieren von Endlagersystemen für hoch radioaktive Abfälle kommt eine der beiden übergeordneten Sicherheitsfunktionen "Einschluss der radioaktiven Abfälle" im einschlusswirksamen Gebirgsbereich (ewG) bzw. "Schutz des ewG" zu. Unter den bei der Standortauswahl im Vordergrund stehenden geologischen Barrieren übernimmt das Deckgebirge über dem ewG dessen Schutz gegen Einwirkungen von oben bzw. außen. Bei Salzstöcken hat wegen der Wasserlöslichkeit des Wirtsgesteins sowie wegen Wasserlöslichkeit bzw. Wasserleitvermögen mit ihm vergesellschafteter Gesteinskörper und der allgemein vertikalen Ausrichtung der Schichten der Schutz gegen (selektive) Subrosion und ihre möglichen Aus-wirkungen durch ein schützendes Deckgebirge herausragende Bedeutung.

Die mit Errichtung, Betrieb und Abfalleinbringung verbundenen thermischen, hydraulischen und mechanischen Beanspruchungen des ewG und der ihn umgebenden Gesteinskörper in den ersten ca. 10.000 Jahren nach Einlagerung wirken sich auf das Deckgebirge von Salzstöcken praktisch nicht aus. Es hat daher in dieser Phase für den Schutz des ewG gegen etwaige Einwirkungen von außen besondere Bedeutung. Für den anschließenden Teil des Nachweiszeitraums kann eine Beeinträchtigung der Schutzfunktion des Deckgebirges durch künftige exogene Prozesse nicht ausgeschlossen werden. Solche Prozesse werden in Deutschland jedoch weder überall noch immer in kritischem Ausmaß auftreten. Eine heute vorhandene Schutzwirkung des Deckgebirges stellt also ein im Auswahlverfahren im Zuge der Abwägung zu berücksichtigendes sicherheitlich positives Standortmerkmal dar.

Mit den Kriterien des Arbeitskreises Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AKEND 2002) ist die Beurteilung von Salzstöcken bzw. ihr Vergleich hinsichtlich des Schutzpotenzials des Deckgebirges nur abstrakt bzw. erst spät im Verfahrensablauf möglich. Die Bewertung ist zudem für Außenstehende nur schwierig nachzuvollziehen. Wegen der sicherheitlichen Bedeutung von Subrosion für die sichere Endlagerung, gerade in Salzstöcken, und im Sinne der Verfahrenstransparenz sollte daher dem Kriteriensatz auf Basis AKEND (2002) die Anforderung "Schützender Aufbau des Deckgebirges von Salzstöcken" (Gewichtungsgruppe 1) mit zugehörigem Kriterium hinzugefügt werden.

Kommentiert [Oline75]: ID 1181

Kommentiert [Oline76]: ID 1180

1

Herr Minister Wenzel (K.-Drs. /AG3-74 vom 22.12.2015)

**Mindestanforderung „Günstiges Deckgebirge für Salzformationen für einen Zeitraum von 15.000 Jahren“**

Für das Wirtsgestein Salz geht es bei dieser Forderung um die Gewährleistung des Schutzes gegen die Beeinträchtigung der Wirtsgesteinsformation und des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch Subrosion.

In der Salzstudie der BGR von 1995 wurde dazu ausgeführt: „Eine flächenhafte Überdeckung des Caprock einer Salzstruktur mit wasserhemmenden Unterkreidetonen und einer ungestörte Decke aus Sedimenten der Oberkreide und des Alttertiär (z. B. Rupel-Tone) würde ein optimales geologisches Barriere-System darstellen. Dies ist aufgrund der für das Bergwerkskonzept geforderten geringen Tiefenlage des Caprock im Allgemeinen

Kommentiert [Oline77]: ID 1183

nicht gegeben. Jedoch erscheint auch eine unverritzte und möglichst ungestörte Überdeckung allein durch die Tone des Alttertiär (Eozän, Rupel) akzeptabel.“

Die Abschätzung der verschiedenen ablaufenden Prozesse im Wirtsgestein Salz zeigt insgesamt „ – bei aller Ungenauigkeit – eine kritische Zeitspanne, die bis zu mehreren tausend Jahren reichen kann“, in der folgende Störungen/Prozessabläufe auftreten können (Appel & Kreusch 2006):

- „Allgemeine gebirgsmechanische Vorgänge/Spannungsumlagerungen, die durch die Existenz der Hohlräume und deren Konvergenz induziert werden...
- Thermomechanische Vorgänge, die durch die Ausdehnung des Salzstocks wegen seiner Aufheizung durch die stark wärmeentwickelnden Abfälle auftreten...
- Durch die Bildung von Gas können negative Einflüsse auf die Barriere Salzstock und die geotechnischen Barrieren hervorgerufen werden“

Die heutigen Erkenntnisse und Überlegungen zeigten, „dass eine neue Kaltzeit mit Gletscherüberdeckung in Norddeutschland – gemessen an den tatsächlichen Verhältnissen der Vergangenheit - frühestens in 15.000 – 20.000 Jahren stattfinden kann... Die Umformung ('Beseitigung, Ausräumung') des günstigen Deckgebirges kann im norddeutschen Raum frühestens in ca. 15.000 Jahre von heute geschehen... Eine Abschätzung der Länge der Vorgänge/Prozesse, die den potenziell kritischen Zustand des Endlagers direkt nach Einlagerung verursachen, führt zu einer Zeitspanne von mehreren Tausend Jahren... Ein günstiges Deckgebirge ist also für eine begrenzte Zeit (mehrere Tausend Jahre) unbedingt notwendig.“

Kommentiert [Oline78]: ID 1182

#### 5.4.3. [Anforderung NEU14: Günstige Randbedingungen für Fehlerkorrekturen]

Platzhalter für ein ggf. zu ergänzendes Kriterium.

Kommentiert [sal79]: Platzhalter für ein ggf.- zu ergänzendes Kriterium (Vorschlag Niedersachsen). Es ist hierzu noch keine Einordnung in eine Kriteriengruppe erfolgt.

#### 5.4.4. [Anforderung NEU15: Günstige Voraussetzungen zur Vermeidung des Aufbaus zu hohen Gasdrucks]

Platzhalter für ein ggf. zu ergänzendes Kriterium.

Kommentiert [sal80]: Platzhalter für ein ggf.- zu ergänzendes Kriterium aus der Diskussion der AG 3 am 6.4. zur Gasproblematik (s.a. Anforderung 7 - Minimierung der Gasbildung).  
Möglicher Indikator: Gasspeichervermögen, ggf. auch Möglichkeit zur technischen Herstellung von Gasspeichervolumina (z.B. Raum für künstliche Porenspeichervolumina)  
Es ist hierzu noch keine Einordnung in eine Kriteriengruppe erfolgt

#### 5.4.5. [Anforderung NEU16: Optimale Tiefenlage des Einlagerungsbereichs]

Platzhalter für ein ggf. zu ergänzendes Kriterium.