

Geschäftsstelle

Kommission
Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe
gemäß § 3 Standortauswahlgesetz

Arbeitsgruppe 3
Entscheidungskriterien sowie Kriterien
für Fehlerkorrekturen

**Beratungsunterlage zu TOP 4 der 15. Sitzung der AG 3
am 17. Dezember 2015**

Diskussionsbeiträge zu den Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und
Abwägungskriterien

Verfasser: Dr. h.c. Bernhard Fischer vom 7. Dezember 2015

Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe K-Drs. /AG3-60

Diskussionsbeiträge zu den Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und Abwägungskriterien

Dr. Fischer, 07.12.2015

Inhaltsverzeichnis

Tabellarische Übersicht der Diskussionsbeiträge	2
I. Zum methodischen Ansatz für die Ableitung geowissenschaftlicher Auswahlkriterien auf der Grundlage des eWG-Konzeptes	6
II. Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen	8
II.1 Ausschlusskriterien	9
II.2 Mindestanforderungen	11
III. Abwägungskriterien	14
IV. Quellenverzeichnis	23

Tabellarische Übersicht der Diskussionsbeiträge zu den geologischen Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und Abwägungskriterien

Kriterium/Anforderung	Hinweistyp	Formulierungsvorschlag
Ausschlusskriterien		
1) Großräumige Vertikalbewegungen	-	
2) Aktive Störungszonen	Präzisierung	"In der Endlagerregion dürfen keine geologisch aktiven Störungszonen vorhanden sein, die <u>das Endlagersystem und insbesondere</u> den einschlusswirksamen Gebirgsbereich sowie <u>die technischen und geotechnischen Barrieren</u> beeinträchtigen können."
3) Einflüsse aus gegenwärtiger und früherer bergbaulicher Tätigkeit	Präzisierung	"In der Standortregion darf das Gebirge nicht durch gegenwärtige und frühere bergbauliche Tätigkeit so geschädigt sein, dass daraus negative Einflüsse auf den Spannungszustand und die Permeabilität <u>des Gebirges im Bereich</u> des Endlagerbergwerkes und <u>insbesondere</u> des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches zu erwarten sind."
3) Einflüsse aus gegenwärtiger und früherer bergbaulicher Tätigkeit	Ergänzung	"Auffahrung, Betrieb und Offenhaltung des Erkundungsbergwerkes Gorleben bleiben davon unberührt."
4) Vulkanische Aktivität	-	-
5) Grundwasseralter	Präzisierung	"Im einschlusswirksamen Gebirgsbereich <u>bzw. im Einlagerungsbereich</u> dürfen keine jungen Grundwässer vorliegen. <u>Diese Grundwässer dürfen daher kein Tritium und/oder ¹⁴C enthalten.</u> "
6) Seismische Aktivität	Wiederaufnahme	"Im Endlagerbereich dürfen die zu erwartenden seismischen Aktivitäten nicht größer sein als Erdbebenzone 1 nach DIN 4149."
Mindestanforderungen		

Kriterium/Anforderung	Hinweistyp	Formulierungsvorschlag
1) Gebirgsdurchlässigkeit	Beibehaltung der AkEnd-Formulierung	"Der einschlusswirksame Gebirgsbereich muss aus Gesteinstypen bestehen, denen eine Gebirgsdurchlässigkeit kleiner als 10^{-10} m/s zugeordnet werden kann."
1) Gebirgsdurchlässigkeit	Ergänzung	"Für Kristallingesteine müssen Gebirgsbereiche mit einer Durchlässigkeit $< 10^{-8}$ m/s und hinreichender Größe ausweisbar sein, um alle vorgesehenen Abfälle einzulagern."
2) Mächtigkeit einschlusswirksamer Gebirgsbereich	Ergänzung	"Der einschlusswirksame Gebirgsbereich <u>bzw. die für die Endlagerung in Betracht kommenden Kristallingesteinsblöcke (hinreichender Größe und geringer Durchlässigkeit)</u> müssen mindestens 100 m mächtig sein."
3) Minimale Tiefe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs	Präzisierung	"Die Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches <u>bzw. der für die Endlagerung in Betracht kommenden Kristallingesteinsblöcke</u> muss mindestens 300 m betragen. <u>In Gebieten, in denen im Nachweiszeitraum mit der Bildung eiszeitlicher Rinnen zu rechnen ist, muss die Teufe unter der maximal zu erwartenden Tiefe solcher Rinnen liegen.</u> "
3) Minimale Tiefe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs	Ablehnung	Die in D-Drs./AG-43 vorgeschlagene salzstockspezifische Ergänzung wird als unbegründet abgelehnt.
4) Maximale Tiefe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs	Präzisierung	"Das Endlagerbergwerk soll nicht tiefer als etwa 1.500 m im Salz und <u>Kristallin sowie 1.000 m in Tongestein liegen.</u> " (Bel überlagerndem ewG (Hinweis: Modell Bb im AkEnd-Bericht) muss seine Ausdehnung größer sein als die maximal zu erwartende flächenhafte Ausbreitung freigesetzter Radionuklide in darunter liegenden Grundwässern im gesamten Nachweiszeitraum.)
5) Fläche des Endlagers	Präzisierung	"Der einschlusswirksame Gebirgsbereich <u>bzw. die für die Endlagerung in Betracht gezogenen Kristallingesteinsblöcke müssen</u> über eine Ausdehnung in der Fläche verfügen, die eine Realisierung des Endlagers ermöglicht."

Kriterium/Anforderung	Hinweistyp	Formulierungsvorschlag
6) Erkenntnisse zum einschlusswirksamen Gebirgsbereich hinsichtlich des Einlagerungszeitraums	Ergänzung	„Es dürfen keine Erkenntnisse oder Daten vorliegen, welche die Einhaltung der geowissenschaftlichen Mindestanforderungen zur Gebirgsdurchlässigkeit, Mächtigkeit und Ausdehnung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs <u>bzw. der für die Endlagerung in Betracht kommenden Kristallgesteinsblöcke</u> über einen Zeitraum in der Größenordnung von einer Million Jahren zweifelhaft erscheinen lassen.“
x) Schützender Aufbau des Deckgebirges von Salzstöcken	Ablehnung	Zusätzliches Kriterium aus K-Drs./AG3-43 wird als unbegründet abgelehnt.
Abwägungskriterien		
1) Kein oder nur langsamer Transport durch Grundwasser im Endlagerniveau	Hinweis	Für Kristallin in der vorliegenden Form nur eingeschränkt anwendbar.
2) Günstige Konfiguration der Gesteinskörper, insbesondere von Wirtsgestein und einschlusswirksamen Gebirgsbereich	Hinweis	Beibehaltung der ursprünglichen AkEnd-Formulierung, vorgeschlagene Modifizierungen in K-Drs./AG3-46 wird als unbegründet abgelehnt.
3) Gute räumliche Charakterisierbarkeit	Hinweis	Wiederherstellung der ursprünglichen AkEnd-Formulierung, vorgeschlagene Modifizierungen in K-Drs./AG3-46 wird als unbegründet abgelehnt.
4) Gute Prognostizierbarkeit der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse	Hinweis	Begrenzte Aussagekraft des isolierten Kriteriums, muss im Kontext mit dem Endlagersystem bewertet werden.
5) Günstige gebirgsmechanische Voraussetzungen	Präzisierung	"Die Neigung zur Ausbildung mechanisch induzierbarer Sekundärpermeabilitäten <u>im einschlusswirksamen Gebirgsbereich</u> außerhalb einer konturnahen, entfestigten Saumzone um die Endlagerhohlräume sollte möglichst gering sein."
6) Geringe Neigung zur Bildung von Wasserwegsamkeiten	Hinweis	Die in K-Drs./AG3-54c (S.26) genannte Ergänzung, dass die Duktilität nur bei Ausbau relevant sei, ist nicht zutreffend.
7) Gute Gasverträglichkeit	Hinweis	Bewertung der Gasdurchlässigkeit ist wirtsgesteinsspezifisch und nur durch Betrachtung des gesamten Endlagersystems möglich.
8) Gute Temperaturverträglichkeit	Hinweis	Die in K-Drs./AG3-36 vorgeschlagene Reduzierung der max. Temperatur auf 100° C

Kriterium/Anforderung	Hinweistyp	Formulierungsvorschlag
		ist als unbegründet abzulehnen.
9) Hohes Rückhaltevermögen der Gesteine gegenüber Radionukliden	-	-
10) Günstige hydrochemische Verhältnisse	-	-
11) Günstige Bedingungen für den Bau von Verschlussbauwerken	Präzisierung	Es sollte präzisiert werden, dass die technischen Barrieren auch der Verhinderung bzw. Begrenzung des Zutritts von Deckgebirgswässern dienen. Die Größe und Durchlässigkeit der Auflockerungszone als einzigen Indikator sollte gestrichen werden.
12) Seismische Aktivität	Hinweis	Sollte als Ausschlusskriterium beibehalten werden.
13) Möglichst günstiger Aufbau des Deckgebirges	Hinweis	Zusätzliches Kriterium aus K-Drs./AG3-29 bzw. K-Drs./AG3-43 wird als nicht gerechtfertigt abgelehnt.
x) Hohe Sorptionsfähigkeit der Gesteine des Deckgebirges	Hinweis	Zusätzliches Kriterium aus K-Drs./AG3-43 wird als nicht gerechtfertigt abgelehnt.

I. Zum methodischen Ansatz für die Ableitung geowissenschaftlicher Auswahlkriterien auf der Grundlage des ewG-Konzeptes

Das StandAG hat die Kommission und insbesondere die AG3 vor eine einzigartige wissenschaftlich-technische Herausforderung gestellt. In keinem Land wurde bisher ein Standortauswahlverfahren für ein Endlager für wärmeentwickelnde radioaktiver Abfälle, einschließlich der zugehörigen Auswahlkriterien, mit dem ausdrücklichen Primat der Gewährleistung bestmöglicher Sicherheit und dazu noch unter Berücksichtigung der Vielfalt aller in Betracht kommenden Wirtsgesteine entwickelt oder gar durchgeführt.

In den Ländern mit weit fortgeschrittenen Programmen zur Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle wurde bei der Standortauswahl unter dem Primat der Sicherheit eher nur die strikte Gewährleistung eines hohen Sicherheitsniveaus verstanden, das durch die geltenden Sicherheitsanforderungen bestimmt ist. Dabei erfolgte eine Vorfestlegung auf einen Wirtsgesteinstyp (nur in Frankreich auf zwei) in der Regel zu einem früheren Zeitpunkt noch vor Beginn des Auswahlverfahrens.

In Übereinstimmung mit der Forderung des AtG zur Gewährleistung der Schadensvorsorge nach dem Stand von Wissenschaft und Technik (§7 (2) Ziff. 3) ist zwingend davon auszugehen, dass für die Entwicklung des Standortauswahlverfahrens einschließlich der zugehörigen Auswahlkriterien durch die Kommission sowie für seine spätere Durchführung gleichfalls der Stand von Wissenschaft und Technik zugrunde zu legen ist.

Abstriche davon, selbst auf Grundlage konsensual getroffener Konventionen, sind insbesondere hinsichtlich der Rechtssicherheit und Durchführbarkeit des Verfahrens in einem ggf. konfliktbeladenen gesellschaftlichen Umfeld als kritisch zu sehen.

Die vorliegenden Entwürfe zu geowissenschaftlichen Kriterien für die erste Phase des Standortauswahlverfahrens zur Auswahl übertägig zu erkundender Standorte (§13 StandAG) folgen weitgehend den Empfehlungen des AkEnd.

Damit wurde de facto eine Vorfestlegung auf Endlagerkonzepte (sowie entsprechende Wirtsgesteine) getroffen, für die das ewG-Konzept anwendbar ist. Wie insbesondere während der Sitzung der AG 3 vom 24.11.2015 intensiv diskutiert, kann aufgrund der gesteinspezifischen Eigenschaften der Granit-/Kristallingesteine (Klüftigkeit/Störungen) das ewG-Konzept auf diese Gesteine, die nach den Vorgaben des StandAG gleichfalls im Auswahlverfahren zu berücksichtigen sind, ohne weiteres nicht angewendet werden (vgl. K-Drs./AG3 – 53). Daraus lässt sich jedoch nicht ableiten, dass Endlagerkonzepte in Granit-/Kristallinformationen weniger sicher seien. Auch eine Begründung des Verzichts ihrer weiteren Betrachtung mit Verweis auf die im StandAG nicht benannten Sicherheitsanforderungen des BMU von 2010, denen gleichfalls das ewG-Konzept zugrunde liegt, dürfte nicht ausreichen, sondern könnte eher als selbsterfüllende Prophezeiung angesehen werden und würde einer öffentlich Diskussion vermutlich nicht standhalten. Gemäß §4 (2) Ziff. 1 StandAG soll die Kommission vielmehr Vorschläge für „allgemeine“ Sicherheitsanforderungen erarbeiten.

Eine Entscheidung auf die Berücksichtigung von Granit-/Kristallingesteinen ggf. bereits im Stadium der Auswahlkriterien-Entwicklung zu verzichten müsste sorgfältig mit zu erwartenden sicherheitsrelevanten Nachteilen begründet werden. Ungeachtet erheblicher sicherheitstechnischer Unterschiede zu den Einschlusskonzepten in Sedimentgesteinen (z. B. Vielzahl technischer Einzelbarrieren bei Einlagerung in Kristallingestein, bei denen das Versagen einzelner Barrieren und die damit verbundenen Freisetzungen von Radionukliden nicht mehr als gering wahrscheinlich angesehen werden können) erscheint dies allein schon im Hinblick auf die verbliebenen zeitlichen und sonstigen Möglichkeiten der Kommission schwierig. Gleiches gilt für eine angemessenere Bewertung deutscher Besonderheiten im Vergleich zu den weit fortgeschrittenen skandinavischen Endlagerprojekten hinsichtlich der geologischen Gegebenheiten, spezifischer Anforderungen zur Kritikalitätssicherheit wegen des erheblichen Anteils ausgedienter Mox-Brennelemente etc.

Aus den genannten Gründen erscheint es zunächst notwendig, die vorgeschlagenen Auswahlkriterien dahingehend zu überprüfen, inwieweit sie auch geeignet sind, eine günstige geologische Gesamtsituation für ein Endlager im Granit/Kristallingestein auszuwählen und sie ggf. zu präzisieren.

Durch den Verzicht der Berücksichtigung von Kristallingesteinen könnte die Komplexität des vergleichenden Standortauswahlverfahrens deutlich reduziert werden. Dies ist aufgrund der Gesetzeslage zum jetzigen Zeitpunkt allerdings schwierig zu vertreten.

Ferner betreffen die vom AkEnd entwickelten Auswahlkriterien ausgewählte geologische Merkmale eines Standortes, bzw. einer Standortregion, und sind auf die Auswahl einer vorteilhaften geologischen Gesamtsituation gerichtet. "Vorteilhafte geologische Gesamtsituation" steht dabei eher für Einschluss/Rückhaltevermögen der geologischen Barrieren für Radionuklide. In der Kommissions-Drucksache AG3-30 (Beratungsunterlage zu TOP 4 der 11. Sitzung am 25. August 2015 „Geowissenschaftliche Kriterien Rahmenbedingungen und Grundlagen für die Entwicklung und Anwendung der geowissenschaftlichen Kriterien“, Entwurf 19. August 2015, Verfasser Dr. Detlef Appel) wird hierzu auf S. 7 ganz oben ausgeführt:

*„Bei diesem“ (vom AkEnd erarbeiteten und verfolgten) „Konzept **übernimmt der ewG allein die Funktion des Einschlusses** - vorausgesetzt, seine durch Bau und Betrieb verursachten funktionalen Beeinträchtigungen können durch geotechnische Barrieren vollständig und dauerhaft repariert werden....“*

Eine Bewertung inwieweit diese Voraussetzung wenigstens hinreichend erfüllt ist, erfordert jedoch die Betrachtung des gesamten Endlagersystems, das aus der geologischen Gesamtsituation, dem Endlagerbergwerk, den technischen und geotechnischen Barrieren sowie den eingelagerten Abfällen besteht.

Nach Abschluss der Arbeiten des AkEnd wurden zu den maßgeblichen drei Wirtsgesteinsformationen international sehr weit fortgeschrittene Sicherheitsanalysen zur Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle erstellt, die gemeinsam mit den hierzu

erfolgten Peer Reviews und Begutachtungen den Stand von Wissenschaft und Technik erheblich weiterentwickelt haben. Hierzu zählen insbesondere bzgl. des Wirtsgesteins Ton der Entsorgungsnachweis der Nagra, die Dossiers Agrille 2005 und 2013 der Andra, bzgl. des Wirtsgesteins Granit/Kristallin die von SKB und Posiva erstellten Sicherheitsanalysen für die Genehmigungsverfahren ihrer Endlager ausgedienter Brennelemente sowie für das Wirtsgestein Salz die vorläufige Sicherheitsanalyse Gorleben.

Die Ergebnisse dieser Analysen haben verdeutlicht, dass für die Bewertung der Sicherheit eines Endlagersystems die alleinige Betrachtung der Einschlusswirksamkeit der geologischen Barriere(n) nicht hinreichend ist, sondern vielmehr die Berücksichtigung der Wechselwirkungen aller Komponenten des gesamten Endlagersystems unverzichtbar ist.

In jedem Wirtsgestein beeinflussen sehr unterschiedliche geologische Standortmerkmale nicht nur die Wirksamkeit der geologischen Barrieren selbst, sondern auch inwieweit die durch Bau und Betrieb des Endlagers verursachten funktionalen Beeinträchtigungen vermieden und durch geotechnische Barrieren wiederhergestellt werden können.

So ist z. B. eine große Teufenlage von Tonformationen nicht nur aus betrieblichen Gründen nachteilig, sondern der erforderliche umfangreiche (Beton-)Ausbau ist auch hinsichtlich der Langzeitsicherheit sehr ungünstig, da die bei einer Korrosion freigesetzten Zementbestandteile, das Quellvermögen des Tons beeinträchtigen können.

In Salzformationen wiederum sind z. B. eine ausreichende Mächtigkeit homogener Salze mit guter Kriechfähigkeit und ein günstiger Normalspannungszustand des Gebirges für einen raschen Einschluss der radioaktiven Abfälle und eine effiziente Abdichtung der Grubenräume durch Versatz und Verschlussbauwerke von großer Bedeutung.

In Granit-/Kristallingesteinen ist neben Intensität und Ausprägung der Klüfte und Störungen (offen bzw. durch Mineralausfällungen verschlossen) der die Behälterkorrosion bestimmende Chemismus der zirkulierenden Wässer ein wichtiges Kriterium für die Eignung des Standortes.

Die angemessene Berücksichtigung der entsprechenden geologischer Merkmale und ihres Einflusses auf die Einschlusswirksamkeit des gesamten Endlagersystems erscheint daher bei der Kriterienableitung unverzichtbar.

Unabhängig davon wird in Anbetracht des aktuellen Diskussionsstandes in der AG 3 im Folgenden zu den einzelnen Kriterien und den bisherigen Kommentaren hierzu Stellung genommen.

II. Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen

Gem. §4 (2) Ziff.2 StandAG soll die Kommission neben wirtsgesteinsunabhängigen auch wirtsgesteinspezifische Ausschluss- und Auswahlkriterien für die Wirtsgesteine Salz, Ton und Kristallin erarbeiten. Die vorliegenden Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen sind dem AkEnd folgend hingegen weitgehend wirtsgesteinsunabhängig gefasst. Zweifellos gibt es wirtsgesteinsübergreifende Kriterien wie z. B. großräumige Vertikalbewegungen,

aktive Störungszonen oder vulkanische/seismische Aktivität. Andere als allgemeingültig angesehene Kriterien, insbesondere die vorliegenden Mindestanforderungen, leiten sich hingegen unmittelbar aus dem ewG-Konzept ab, das für Kristallinformationen ohne weiteres nicht anwendbar ist. Sie sind daher, wie bereits in der AG 3 diskutiert, zu überprüfen und ggf. zu präzisieren oder zu ersetzen.

Im Übrigen ist nicht erkennbar, dass die vorliegenden Kriterien bzw. die teilweise neu formulierten Mindestanforderungen und Abwägungskriterien die Weiterentwicklung des Standes von Wissenschaft und Technik gegenüber dem AkEnd widerspiegeln. Hierzu wäre insbesondere eine systematische Auswertung der inzwischen zu allen in Betracht kommenden Wirtsgesteinen vorliegenden weit fort geschrittenen Sicherheitsanalysen wünschenswert gewesen, um wirtsgesteinsspezifisch zu ermitteln, welche geologischen Merkmale Ausschlusskriterien darstellen und welche Anforderungen mindestens erfüllt sein müssen, ohne erhebliche sicherheitsrelevante Nachteile in Kauf zu nehmen. Eine solche Analyse liegt nicht vor und ist vermutlich auch nicht mehr leistbar.

Ungeachtet dessen sollten die Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen nochmals hinsichtlich ihrer Belastbarkeit nach dem gegenwärtigen Stand von Wissenschaft und Technik überprüft werden, um einerseits unbegründete Ausschlüsse von Standortorten bzw. Regionen aus dem Standortortauswahlverfahren zu vermeiden und um andererseits wirtsgesteinsspezifische Präzisierungen vornehmen zu können, die eine gut begründete frühe Einengung des Verfahrens und damit die Vereinfachung seiner Durchführung zu ermöglichen. Hierzu soll u.a. der Experten-Workshop am 29./30.01.2016 in Berlin dienen.

II.1 Ausschlusskriterien

Zu 1) Großräumige Vertikalbewegungen

./.

Zu 2) Aktive Störungszonen

Die vorliegende vom AkEnd übernommene Formulierung schränkt den Ausschluss von aktiven Störungszonen auf solche ein, die den ewG beeinträchtigen können, und ist somit nicht ohne weiteres auf Kristallinstandorte/-regionen anwendbar. Daher wird folgende Präzisierung vorgeschlagen:

"In der Endlagerregion dürfen keine geologisch aktiven Störungszonen vorhanden sein, die das Endlagersystem und insbesondere den einschlusswirksamen Gebirgsbereich sowie die technischen und geotechnischen Barrieren beeinträchtigen können."

Zu 3) Einflüsse aus gegenwärtiger und früherer bergbaulicher Tätigkeit

Hierbei handelt es sich gegenüber dem AkEnd-Vorschlag um ein neues Kriterium, das grundsätzlich berechtigt und plausibel erscheint. Die Formulierung "Permeabilität des

Endlagerbergwerkes" ist jedoch unverständlich. Der erste Satz sollte daher gegenüber dem Vorschlag in K-Drs./AG3-33 wie folgt präzisiert werden:

"In der Standortregion darf das Gebirge nicht durch gegenwärtige und frühere bergbauliche Tätigkeit so geschädigt sein, dass daraus negative Einflüsse auf den Spannungszustand und die Permeabilität des Gebirges im Bereich des Endlagerbergwerkes und insbesondere des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches zu erwarten sind."

Zur Gleichbehandlung des Standortes Gorleben sollte vorsorglich angefügt werden.

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

Zu 4) Vulkanische Aktivität

./.

Zu 5) Grundwasseralter

Die in K-Drs./AG3-33 vorgeschlagene Formulierung erscheint nicht ausreichend. Einerseits bezieht sie sich nur auf das Grundwasseralter im eWG und ist daher ohne weiteres auf Kristallinstandorte nicht anwendbar. Andererseits fehlt wegen der Streichung des 2. Satzes gegenüber dem AkEnd-Vorschlag eine klare gut handhabbare Abgrenzung. Auch die in K-Drs./AG3-33 angeführte Begründung für die Streichung, dass das Fehlen von Tritium und ^{14}C noch keinen Beleg für eine günstige geologische Gesamtsituation darstellen offenbart eher einen logischen Trugschluss. Vielmehr geht es hier darum offensichtlich ungünstige Gebiete auszuschließen, für die Tritium und ^{14}C ein klares Indiz sind.

Zur Bereinigung der beiden vorgenannten Defizite wird daher folgende Formulierung vorgeschlagen:

"Im einschlusswirksamen Gebirgsbereich bzw. im Einlagerungsbereich dürfen keine jungen Grundwässer vorliegen. Diese Grundwässer dürfen daher kein Tritium und/oder ^{14}C enthalten."

6) Seismische Aktivität – Wiederaufnahme

In Anbetracht der großen Bedeutung für die Vermeidung von Störfällen in den kerntechnischen Tagesanlagen und Schächten, deren Anforderungen an die Sicherheit gegenüber konventionellen Bauwerke erheblich höher sind, wird empfohlen, dieses Kriterium als Ausschlusskriterium beizubehalten.

"Im Endlagerbereich dürfen die zu erwartenden seismischen Aktivitäten nicht größer sein als Erdbebenzone 1 nach DIN 4149."

II.2 Mindestanforderungen

1) Gebirgsdurchlässigkeit

Wie u. a. in K-Drs./AG3-53 ausgeführt, ist das hier unterstellte ewG-Konzept auf Endlagerkonzepte im Kristallingestein ohne weiteres nicht anwendbar. Gleiches gilt daher auch für das Kriterium "Gebirgsdurchlässigkeit" in der vorliegenden Form. Darüber hinaus muss in den frühen Phasen der Standortauswahl, insbesondere vor Beginn der übertägigen Erkundung bzw. vor ergänzenden Messungen davon ausgegangen werden, dass noch keine Daten zur Gebirgsdurchlässigkeit vorliegen. Daher hatte der AkEnd eine bessere handhabbare Formulierung vorgeschlagen, die beibehalten werden sollte:

"Der einschlusswirksame Gebirgsbereich muss aus Gesteinstypen bestehen, denen eine Gebirgsdurchlässigkeit kleiner als 10^{-10} m/s zugeordnet werden kann."

Zur Anwendbarkeit des Kriteriums auf Kristallingesteine wird mit Bezug auf K-Drs./AG3-53 (S. 7, oben) folgende Ergänzungen vorgeschlagen:

"Für Kristallingesteine müssen Gebirgsbereiche mit einer Durchlässigkeit $< 10^{-8}$ m/s und hinreichender Größe ausweisbar sein, um alle vorgesehenen Abfälle einzulagern."

2) Mächtigkeit einschlusswirksamer Gebirgsbereich

Aus den vorgenannten Gründen ist auch dieses Kriterium ohne weiteres nicht auf Kristallingesteine anwendbar. In Anknüpfung an die zuvor vorgeschlagene Ergänzung wird daher folgende Präzisierung vorgeschlagen:

"Der einschlusswirksame Gebirgsbereich bzw. die für die Endlagerung in Betracht kommenden Kristallingesteinsblöcke (hinreichender Größe und geringer Durchlässigkeit) müssen mindestens 100 m mächtig sein."

3) Minimale Tiefe des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches

Die geforderte Mindestdtiefe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs wird mit dem Schutz vor eiszeitlichen Einwirkungen (insbesondere Erosion) begründet. Eine ausreichende Tiefenlage des ewG ist für die Gewährleistung seiner Unversehrtheit über den gesamten Zeitraum eine Grundvoraussetzung für den sicheren Einschluss der endgelagerten Abfälle. Dazu gehört zwingend auch eine ausreichende Teufe für den Schutz vor eiszeitlichen Rinnen.

Die in der Erläuterung zu diesem Kriterium in K-Drs./AG3-33 vorgeschlagene spätere Abwägung hinsichtlich des Abstandes zwischen ewG-Oberkante und Rinnenunterkante wird hingegen als nicht zielführend angesehen, da die Beeinträchtigung des ewG durch

eiszeitliche Rinnen im Nachweiszeitraum vielmehr ein klares K.o.-Kriterium darstellt. Gleiches gilt für geringdurchlässige Kristallingesteinsblöcke, in die Abfälle eingelagert werden sollen. Daher werden folgende Präzisierungen vorgeschlagen:

"Die Teufe des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches bzw. der für die Endlagerung in Betracht kommenden Kristallingesteinsblöcke muss mindestens 300 m betragen. In Gebieten, in denen im Nachweiszeitraum mit der Bildung eiszeitlicher Rinnen zu rechnen ist, muss die Teufe unter der maximal zu erwartenden Tiefe solcher Rinnen liegen."

In den Erläuterungen sollte auf die in Abhängigkeit von der Gletschermächtigkeit zu erwartenden maximalen Tiefen eiszeitlicher Rinnen im Nachweiszeitraum verwiesen werden. Diese nahmen in den letzten Kaltzeiten von Nordosten nach Südwesten ab. In Süddeutschland treten eiszeitliche Rinnen vor allem im Alpenvorland auf und verflachen rasch mit zunehmendem Abstand von den Alpen.

Hinsichtlich der als unbegründet angesehenen Ergänzung für Salzstöcke (s. K-Drs./AG3-43) wird auf die Ausführungen in K-Drs./AG3-48 verwiesen.

Zu 4) Maximale Tiefe des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches

Lediglich zur Gleichbehandlung von Kristallinformationen wird folgende Präzisierung vorgeschlagen.

"Das Endlagerbergwerk soll nicht tiefer als etwa 1.500 m im Salz und Kristallin sowie 1.000 m in Tongestein liegen."

Zu 5) Fläche des Endlagers

Auch im Hinblick auf die in K-Mat 42 thematisierte Endlagerung unter Salzformationen ergänzt werden, dass im Falle eines das Endlager überlagernden ewG seine ungestörte und hinreichend mächtige Ausdehnung größer sein muss als die maximal zu erwartende flächenhafte Ausbreitung ggf. freigesetzter Radionuklide in den darunterliegenden Grundwässern über den gesamten Nachweiszeitraum. Es wird folgende Präzisierung vorgeschlagen:

"Der einschlusswirksame Gebirgsbereich bzw. die für die Endlagerung in Betracht gezogenen Kristallingesteinsblöcke müssen über eine Ausdehnung in der Fläche verfügen, die eine Realisierung des Endlagers ermöglicht. Bei überlagerndem ewG (Modell Bb im AkEnd-Bericht) muss seine Ausdehnung größer sein als die maximal zu erwartende flächenhafte Ausbreitung freigesetzter Radionuklide in darunter liegenden Grundwässern im gesamten Nachweiszeitraum."

Zu 6) Erkenntnisse zum einschlusswirksamen Gebirgsbereich hinsichtlich des Einlagerungszeitraumes

Der Konsistenz und Vollständigkeit hinsichtlich der Anwendbarkeit auf Kristallingestein wegen, sollte nach "des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches" eingefügt werden:

"bzw. der für die Endlagerung in Betracht kommenden Kristallgesteinsblöcke"

Im Übrigen sollte im Titel "Einlagerungszeitraum" durch "Nachweiszeitraum" ersetzt werden.

Zu 7) Beschreibbarkeit des Gebirges und Prognostizierbarkeit des Gebirgsverhaltens – aus K-Drs./AG3-29/3-54b

Grundsätzlich erscheint die vorgeschlagene zusätzliche Mindestanforderung als sinnvoll, die Grenzziehung zwischen seiner Erfüllung und dem Ausschluss eines Standortes oder einer Region aus dem Verfahren aufgrund ihrer Verletzung kann im Einzelfall jedoch problematisch sein. Daher müsste im Zweifelsfall zu Gunsten eines Verbleibs im Verfahren entschieden werden.

Zu x) Schützender Aufbau des Deckgebirges von Salzstöcken – aus K-Drs./AG3-43

Es wird eine Mindestanforderung eingebracht, die sich in gleicher Weise auf die Löslichkeit der Salze mit ungesättigtem Grundwasser und einer daraus resultierenden Subrosion bezieht. Bei den in Deutschland vorhandenen Salzstrukturen mit einem Alter von mehr als 230 Mio. Jahren ist die Subrosion durch die Einstellung eines hydrochemischen Gleichgewichts weitestgehend zum Erliegen gekommen. Die ggf. vorhandenen minimalen Subrosionsraten sind gut extrapolierbar und können somit bei Sicherheitsanalysen konservativ berücksichtigt werden. Auch die in der Unterlage genannte Möglichkeit des Vordringens von Deckgebirgslösungen über durchgängige Wegsamkeiten z. B. im Anhydrit vom Salzspiegel bis in tiefe Salzstockbereiche ist ausgeschlossen, da diese Gesteine im Zuge der Halokinese des Salzstocks zerbrechen, im dichten Salzgestein eingeschlossen werden und durchgängige Wegsamkeiten nicht auftreten. Im Hinblick auf die genannte Möglichkeit der Bildung von thermisch induzierten Kontraktionsrissen nach der Einlagerung von Wärme entwickelnden Abfall wurde in der vorläufigen Sicherheitsanalyse Gorleben gezeigt, dass diese eine Lösungspereation von höchstens einigen Zehner Metern möglich machen könnten und die Barrierefunktion des Wirtsgesteins sowie des ewG nicht beeinträchtigt wird. Eine wissenschaftliche Ableitung einer pauschalen „Schutzfunktion“ des Deckgebirges ist daher aus den genannten Gründen nicht plausibel. Vielmehr sollte bezüglich der Langzeitstabilität der Salzstrukturen vom natürlichen Analogon der existenten Salzstrukturen Kredit genommen und relevante Prozesse standortbezogen im Rahmen von Sicherheitsanalysen bewertet werden.

III. Abwägungskriterien

Die vorliegenden Vorschläge zu Abwägungskriterien (insbesondere K-Drs./AG3-33 und K-Drs./AG3-46) folgen weitgehend den AkEnd-Vorschlägen von 2002. Ihre Auswahl, Einteilung in Gewichtungsgruppen sowie die zugeordneten Bewertungsmaßstäbe beruhen im Wesentlichen auf dem Expert Judgment der beteiligten AkEnd-Mitglieder und ihrem damaligen Wissensstand. Wie bereits erwähnt, hat sich der Stand von Wissenschaft und Technik insbesondere durch sehr weit fortgeschrittene Sicherheitsanalysen zur Endlagerung wärmeentwickelnder Abfälle in den in Betracht kommenden Wirtsgesteinsformationen erheblich weiterentwickelt. Eine daher dringend gebotene systematische Analyse hinsichtlich der sich daraus ergebenden Konsequenzen für die sehr detailliert ausgearbeiteten Abwägungskriterien liegt leider nicht vor und ist vermutlich aus bereits genannten Gründen von der Kommission nicht mehr leistbar.

Darüber hinaus ist anzumerken, dass die von AkEnd vorgeschlagenen Abwägungskriterien grundsätzlich auf dem ewG-Konzept aufbauen und daher ohne weiteres für die Beurteilung von Kristallingesteinsvorkommen nicht repräsentativ sind.

Aus diesen Gründen kann nicht davon ausgegangen werden, dass die vorliegenden Abwägungskriterien die Gewähr für eine dem Stand von Wissenschaft und Technik genügende Standortauswahl mit dem Ziel bestmöglicher Sicherheit bieten. Ihr hoher Detailgrad einerseits und die fehlende Weiterentwicklung hinsichtlich des Standes von Wissenschaft und Technik andererseits bergen vielmehr die Gefahr von unbegründeten Fehlentscheidungen in sich.

Ein weiteres Problem, das in den vorliegenden Unterlagen nicht behandelt wird, stellt die Zusammenführung (Aggregation) der zu jedem Abwägungskriterium vorgenommenen Einzelbeurteilungen in der gegenseitigen Abwägung der in Betracht gezogenen Standorte bzw. Regionen, immer mit dem Ziel bestmöglicher Sicherheit, dar. Auch der AkEnd hat hierzu keine weiterführenden Vorschläge entwickelt und verweist lediglich darauf, "die Zusammenführung der Einzelbewertungen aus den drei Gewichtungsgruppen verbal argumentativ vorzunehmen".

Ein sicherheitsgerichteter Standortvergleich durch bloße majoritäre Aggregation von geologischen Standortmerkmalen, die als mehr oder weniger günstig hinsichtlich der Einschlusswirksamkeit der geologischen Barriere(n) angesehen werden, entspricht nicht dem Stand von Wissenschaft und Technik, wenn dabei das jeweilige Endlagersystem und die damit verknüpften Wechselwirkungen nicht hinreichend berücksichtigt werden.

Zielführender ist es hingegen, die in Betracht kommenden Standorte bzw. Standortregionen anhand vorläufiger Sicherheitsuntersuchungen, wie in § 13 (3) StandAG vorgesehen, gegenüberzustellen. Einerseits wird dabei die Gesamtheit des Endlagersystems mit allen seinen sicherheitsrelevanten Bestandteilen betrachtet und andererseits unmittelbar hinsichtlich seiner Sicherheit bewertet.

Darüber hinaus drängt sich eine solche Vorgehensweise auf, wenn sehr unterschiedliche Endlagersysteme insbesondere in verschiedenen Wirtsgesteinen miteinander zu vergleichen sind, wie es u. a. im Schreiben von Min. Dr. Habeck vom 20.11.2015 angesprochen wurde. Im Sinne bestmöglicher Sicherheit ist die bloße Gegenüberstellung von Abwägungskriterien, die auf sehr unterschiedliche geologische Merkmale abstellen, dabei nicht zielführend. So haben in den Sicherheitskonzepten für Sediment- und Kristallingesteine die geologischen und technischen / geotechnischen Barrieren eine sehr unterschiedliche Relevanz.

In den vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen ist daher die Funktion des gesamten Endlagersystems und die Wechselwirkung des Gebirges und der Endlagerkomponenten unter Berücksichtigung bekannter Standortmerkmale im Hinblick auf den sicheren Einschluss der Abfälle zu analysieren und zu bewerten.

Einen Hinweis, dass diese Vorgehensweise praktisch alternativlos ist, gibt auch der Autor der K-Drs./AG3-46 in seiner Einfügung auf S. 35: "Die Bedeutung des Rückhaltevermögens ist daher im Rahmen abwägender Gesamtbetrachtungen von Endlagersystemen zu bearbeiten."

Derartige vorläufige Sicherheitsuntersuchungen stellen keineswegs vollumfängliche Sicherheitsanalysen dar, die in Berechnungen zur Bewertung möglicher Freisetzungen münden, sondern eher vorlaufende, noch weitgehend generische Betrachtungen zu den maßgeblichen Wechselwirkungen hinsichtlich des Einschlussvermögens des Endlagersystems. Die bereits vorliegenden Sicherheitsanalysen zu Endlagersystemen in Salz-, Ton- und Kristallingestein können dabei als wichtige Grundlage für das Verständnis dieser Wechselwirkungen angesehen werden.

Darüber hinaus bietet die hier skizzierte Vorgehensweise auch den Vorteil, in transparenter und begründeter Weise ggf. mit bestehenden Apriori-Ungewissheiten (wegen fehlender Kenntnisse zu diesem oder jenem geologischen Merkmal) umzugehen, indem diese bei der Gegenüberstellungen der jeweiligen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen und ihrer möglichen Auswirkungen auf das Einschlussvermögen des Endlagersystems explizit ausgewiesen und somit in die Abwägung ebenso wie andere Ungewissheiten einbezogen werden.

Letztlich ermöglicht es die Gegenüberstellung vorläufiger Sicherheitsuntersuchungen auch, ggf. aus den eingangs genannten Gründen bestehende Unausgewogenheiten des vorgeschlagenen Abwägungskriterienansatzes und der zugeordneten Gewichtungen und Bewertungsmaßstäbe in begründeter und nachvollziehbarer Weise zu korrigieren.

Grundlage für die nachfolgende Kommentierung ist die K-Drs./AG3-46 einschließlich der darin vorgenommenen markierten und nicht markierten Änderungen. Darüber hinaus wird, soweit als erforderlich angesehen, auf bereits vorliegende Äußerungen zu Abwägungskriterien eingegangen.

Wie schon zu den Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen erläutert, wird unabhängig davon in Anbetracht des aktuellen Diskussionsstandes in der AG 3 im Folgenden zu den einzelnen Abwägungskriterien und den bisherigen Kommentaren hierzu Stellung genommen.

Zu 1) Kein oder nur langsamer Transport durch Grundwasser im Endlagerniveau

Während der AkEnd als Kriterium eine Grundwasser-Abstandsgeschwindigkeit $< 1 \text{ mm/a}$ formuliert, wird sowohl in K-Drs./AG3-46 als auch in K-Drs./AG3-29 und K-Drs./AG3-33 ohne erkennbare Gründe eine Abstandsgeschwindigkeit deutlich kleiner als 1 mm pro Jahr gefordert.

Die Anmerkungen in K-Drs./AG3-36, dass diese Forderung für Kristallingesteine nicht erfüllbar sei und in K-Drs./AG3-54c, dass eine solche Bewertung des Wirtsgesteins zu kurz greift und stattdessen die Isolationseigenschaften der abdichtenden Systeme zu bewerten seien, sprechen dafür, dass auch dieses Kriterium nur im Gesamtzusammenhang vorläufiger Sicherheitsuntersuchungen von Endlagersystemen richtig eingeordnet werden kann.

Zur Anmerkung in K-Drs./AG3-54c bzgl. der Gebirgsdurchlässigkeit auf S. 3 ist festzustellen, dass hier die Gebirgsdurchlässigkeit von Lösungen und bei Anforderung 7 von Gasen angesprochen wird. Dabei sind nicht nur die Wertebereiche, sondern auch die "Vorzeichen" unterschiedlich. Als vorteilhaft wird eine geringe Lösungs- und hohe Gasdurchlässigkeit angesehen.

Eine Abwägung kann jedoch nicht durch die bloße Gegenüberstellung von Zahlengruppen erfolgen, sondern muss wiederum auf dem Gesamtverständnis der Endlagersysteme beruhen. Die Forderung in K-Drs./AG3-54c auf S. 4, weitere Bewertungsmaßstäbe noch vor dem Auswahlverfahren festzulegen, wird daher mit Verweis auf den einführenden Kommentar zu den Abwägungskriterien als nicht zielführend angesehen.

Zu 2) Günstige Konfiguration der Gesteinskörper, insbesondere von Wirtsgestein und einschlusswirksamem Gebirgsbereich

In K-Drs./AG3-46 nimmt der Autor auf S. 11 zunächst eine nicht gekennzeichnete Änderung gegenüber dem AkEnd vor, indem er von einem spezifischen hydraulischen Gradienten "über den" statt "im" ewG spricht. An gleicher Stelle nimmt er dann eine gekennzeichnete Änderung bzw. Detaillierung der ursprünglichen AkEnd-Forderung nach einem hydraulischen Gradienten $< 10^2$ vor, die sich lt. Fußnote auf Tonsteinvorkommen innerhalb heterogen aufgebauter Sedimentfolgen bezieht.

In der letzten Zeile der Tabelle auf S. 12 wird dann auf dieser Grundlage das Kriterium bzgl. des spezifischen hydraulischen Gradienten in eine Abstandsgeschwindigkeit über den ewG bzw. den Wirtsgesteinskörper (letzteres unkommentiert) umgewandelt, wobei es nunmehr einschränkend heißt "gilt im Wesentlichen für Tonstein".

In Fortführung dessen, wird dann auf S. 3 an das zugehörige AkEnd-Kriterium

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

ohne jegliche Beschränkung auf Ton angefügt:

"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 sein." (richtig vermutlich "sind")

Die dargestellte Vorgehensweise wirft erheblich 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 wird die Handhabung der vorgeschlagenen Ergänzung als grundsätzlich schwierig angesehen, da sie bei einem Nachweiszeitraum von 1 Mio. Jahre an die Grenzen der Prognostizierbarkeit der hydraulischen Bedingungen außerhalb und insbesondere oberhalb des ewG stößt.

Die gleichfalls in der Tabelle auf S. 12 in der 2. Zeile für Salzstöcke als günstig bzw. bedingt günstig angesehenen Teufen der oberen Begrenzung des ewG resultiert aus der vom Autor vorgeschlagenen erhöhten Mindesttiefe des ewG in Salzstöcken. Beides wird mit Verweis auf K-Drs./AG3-48 als unbegründet angesehen.

Zu 3) Gute räumliche Charakterisierbarkeit

Ohne Hervorhebung und Erläuterung wurde das vom AkEnd formulierte Kriterium

"Die Gesteinstypen und ihre charakteristischen Eigenschaften sollen innerhalb des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs räumlich gleichmäßig verteilt sein"

umgewandelt in:

"Die charakteristischen Eigenschaften der den einschlusswirksamen Gebirgsbereich bzw. den Wirtsgesteinskörper aufbauenden Gesteinstypen sollen eine geringe Variationsbreite aufweisen und räumlich möglichst gleichmäßig verteilt sein."

Es sollte daher die AkEnd-Formulierung übernommen werden. Im Übrigen kann der Autorenvorschlag zu Irritationen bei der Bewertung von Salzstöcken führen, die aus verfalteten Schichtfolgen mit sehr unterschiedlichen Eigenschaften bestehen können. Der ewG wird aber in besonders gut geeigneten Salzstöcken in sehr homogenem Salz, z.B. im

Hauptsatz der Staßfurtfolge, ausgewiesen, das sich durch ein hohes Einschlussvermögen auszeichnet. Die gleichen Maßstäbe für ewG und Wirtsgestein festzulegen, ist daher nicht sinnvoll.

Dem Vorschlag in K-Drs./AG3-54a dieses Kriterium vollständig in ein Ausschlusskriterium umzuwandeln, kann nicht gefolgt werden. Ohne den ewG vollständig durch zerstörende Untersuchungsmethoden unbrauchbar zu machen, werden auch bei einer eher günstigen Charakterisierbarkeit Ungewissheiten verbleiben, die sehr unterschiedlicher Art sein können und daher durchaus in eine Gesamtabwägung einbezogen werden sollten.

Zu 4) Gute Prognostizierbarkeit der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse

Die Kritik in K-Drs./AG3-54a hierzu, dass eine Reduzierung auf die "geometrischen" Eigenschaften nicht ausreichend ist und gesteinsphysikalische und stoffliche Eigenschaften gleichfalls zu berücksichtigen sind, wird grundsätzlich als berechtigt angesehen. Welche diese jedoch im Einzelnen sind und welches Gewicht ihnen zukommt, erschließt sich jedoch nur aus der Betrachtung der jeweiligen Endlagersysteme und kann auch von der jeweiligen geologischen Gesamtsituation abhängen. Daher ist diese berechtigte Kritik als ein weiterer Hinweis für die Gegenüberstellung von Endlagersystemen im Abwägungsprozess zu sehen.

Zu 5) Günstige gebirgsmechanische Voraussetzungen

Bei der vorgenommenen Einfügung in K-Drs./AG3-46 in das AkEnd-Kriterium

"Die Neigung zur Ausbildung mechanisch induzierbarer Sekundärpermeabilitäten im Wirtsgestein/im einschlusswirksamen Gebirgsbereich außerhalb einer konturnahen, entfestigten Saumzone um die Endlagerhohlräume sollte möglichst gering sein."

sollte "im Wirtsgestein/" gestrichen werden, da der Einschluss der Abfälle im ewG erfolgen soll und Sekundärpermeabilitäten im Wirtsgestein außerhalb des ewG daher nicht relevant sind.

Die in K-Drs./AG3-54c auf S. 20 geäußerte Kritik, dass vorliegenden Bewertungsgrößen nicht auf der Grundlage des aktuellen Standes von Wissenschaft und Technik fortgeschrieben werden, erscheint grundsätzlich berechtigt, betrifft praktisch jedoch alle vom AkEnd übernommenen Bewertungsgrößen. Wie bereits eingangs ausgeführt, betrifft dies auch die Überprüfung der Zusammenstellung und Gewichtung der Kriterien selbst.

Die Anmerkung ebenda auf S. 23, dass die selektive Auflösung von Gesteinspartien infolge lösungsfähiger Wässer gleichfalls betrachtet werden muss, erscheint grundsätzlich richtig, setzt aber Sicherheitsuntersuchungen des gesamten Endlagersystems unter Berücksichtigung der standortspezifischen, geologischen und hydrogeologischen Gesamtsituation voraus. Daher lässt es sich nicht auf ein einzelnes Bewertungskriterium

mit zugeordneten Bewertungsmaßstäben reduzieren, da seine Relevanz für den sicheren Einschluss der Abfälle sehr unterschiedlich sein kann.

Zu 6) Geringe Neigung zur Bildung von Wasserwegsamkeiten

Der Hinweis in K-Drs./AG3-36, dass Kristallingesteine dieses Kriterium (in der vorliegenden Form) eher nicht erfüllen können, ist sicher zutreffend. Ungeachtet dessen spielt das Ausmaß des Vorhandenseins und der Bildung von Wasserwegsamkeiten auch bei der Bewertung von Endlagersystemen im Kristallingestein eine wesentliche Rolle. Wie an gleicher Stelle richtig vermerkt, müssen sie im Zusammenhang mit den künstlichen Barrieren bewertet werden.

Der in K-Drs./AG3-54c auf S. 26 eingefügte Kommentar, dass die Duktilität des Gesteins nur relevant sei sofern ein Ausbau erforderlich ist, ist hingegen nicht zutreffend. Die Duktilität des Gesteins begünstigt den Einschluss der Abfälle insgesamt z. B. durch das Verheilen/Schließen auffahrungsbedingter Öffnungen und Auflockerungen bis zum Gasaustritt ins Gebirge ohne verbleibende Schädigungen.

Zu 7) Gute Gasverträglichkeit

Die auf S. 32 in K-Drs./AG3-46 per Fußnote eingefügte Anmerkung zur Notwendigkeit der Überprüfung der vom AkEnd vorgeschlagenen Bewertungsmaßstäbe für die Gasdurchlässigkeit ist sicher richtig, kann praktisch jedoch nur durch die Betrachtung des gesamten Endlagersystems erfolgen, da hierzu auch das Druckanstiegsverhalten zu betrachten ist. Während rasche Druckanstiege bis zum Gebirgsdruck zu Schädigungen bis hin zum Fracken führen können, gibt es bei geringen Druckanstiegen insbesondere im Salz durch In situ-Versuche belegte Hinweise zu der zitierten dilatanzgesteuerten Gasmigration, ohne bleibende Schädigungen.

Gerade die Gasbildung im Endlager und die damit verbundenen sicherheitsrelevanten Fragestellungen sind sehr komplex und von Wirtsgestein zu Wirtsgestein sehr unterschiedlich. Eine aus dem Gesamtzusammenhang herausgelöste Bewertung anhand einzelner Parameter wird dem nicht gerecht. Hier hilft praktisch nur die Betrachtung des gesamten Endlagersystems und der ihm innewohnenden Wechselwirkungen.

Zu 8) Gute Temperaturverträglichkeit

Die in K-Drs./AG3-36 aufgestellte Forderung, dass die Temperatur im Endlager zur Vermeidung von Integritätsverlusten den Siedepunkt von Wasser (bei Normalbedingungen) nicht übersteigen soll, ist wissenschaftlich nicht begründet. Bei Normaldruck ist von einem offenen System auszugehen und der Wasserdampf kann entweichen. Hingegen bei einem Druck von nur 1,6 MPa (in einem geschlossenen System) ist Wasser bis 200 °C flüssig. In den in Betracht zu ziehenden Endlagerteufen herrschen hingegen Gebirgsdrücke, unter denen sich auch darin eingeschlossenes Wasser befinden würde, von ca. 10 – 20 MPa.

Der Vorschlag in K-Drs./AG3-54c auf S. 30 zum Streichen dieses Kriteriums, da die aufgeführten Grenztemperaturen und Beanspruchungsgrenzen durch eine geeignete Endlagerauslegung eingehalten werden können, klingt zunächst plausibel. Es gibt jedoch einige geologische Besonderheiten, die einer thermischen Endlagerauslegung enge Grenzen setzen können und in die Abwägung verschiedener Endlagersysteme unter Berücksichtigung der jeweiligen geologischen Gesamtsituation einbezogen werden sollten. Dazu gehören u. a. im Kristallingestein Spessartinvorkommen wegen ihrer erheblich geringeren thermischen Leitfähigkeit und im Salz eingeschaltete Carnallitvorkommen wegen deren Neigung bei höheren Temperaturen zur Zersetzung und Freisetzung von Lösungen.

Zu 9) Hohes Rückhaltevermögen der Gesteine gegenüber Radionukliden

In K-Drs./AG3-36 hat der Autor wegen der großen Unterschiedlichkeit der Rolle des Rückhaltevermögens der Gesteine in verschiedenen Endlagersystemen richtiger Weise eingefügt:

"Die Bedeutung des Rückhaltevermögens, ist daher im Rahmen der abwägenden Gesamtbetrachtung von Endlagersystemen zu beurteilen."

Aufgrund der Unterschiedlichkeit und Komplexität der Endlagersysteme drängt sich diese Schlussfolgerung jedoch für die Mehrzahl der betrachteten Abwägungskriterien und letztlich für die Gesamtabwägung insgesamt auf.

Zu 10) Günstige hydrochemische Verhältnisse

./.

Zu 11) Günstige Bedingungen für den Bau von Verschlussbauwerken

Die Ergänzung dieses Kriteriums gegenüber dem AkEnd-Vorschlag in K-Drs./AG3-33 ist sicher berechtigt, die gegebenen Erläuterungen können jedoch noch präzisiert werden. So dienen die geotechnischen Barrieren nicht nur der Rückhaltung der Radionuklide, sondern z. B. auch der Verhinderung bzw. Begrenzung des Zutritts von Deckgebirgswässern. Die Aufführung der Größe und Durchlässigkeit der Auflockerungszone in den Strecken und Schächten als einzigen Indikator hingegen erscheint sehr unausgewogen und sollte daher gestrichen werden.

Zu 12) Seismische Aktivität

In Anbetracht der großen Bedeutung für die Vermeidung von Störfällen in den kerntechnischen Tagesanlagen und Schächten, deren Anforderungen an die Sicherheit

gegenüber konventionellen Bauwerke erheblich höher sind, wird empfohlen, dieses Kriterium als Ausschlusskriterium beizubehalten.

Während alle anderen Abwägungskriterien sich ausschließlich auf die Langzeitsicherheit beziehen, ist die seismische Aktivität insbesondere für die Betriebssicherheit eines Endlagers relevant. Ihre Einbeziehung in die Abwägung würde eine Abwägung zwischen betriebs- und langzeitsicherheitsrelevanter Belange erfordern, die nicht nur neue methodische Fragen aufwirft.

Zu 13) Möglichst günstiger Aufbau des Deckgebirges

Der Vorschlag, dieses neue Abwägungskriterium in K-Drs./AG3-29 und K-Drs./AG3-43 einschließlich der ähnlich gelagerten Begründung in K-Drs./AG3-36 betrifft vorrangig Salzstöcke und bezieht sich auf die Löslichkeit der Salze in ungesättigtem Grundwasser und eine daraus resultierende Subrosion. Bei den in Deutschland vorhandenen Salzstrukturen mit einem Alter von mehr als 230 Mio. Jahren ist die Subrosion durch die Einstellung eines hydrochemischen Gleichgewichts weitestgehend zum Erliegen gekommen. Die ggf. vorhandenen minimalen Subrosionsraten sind gut extrapolierbar und können somit bei Sicherheitsanalysen konservativ berücksichtigt werden. Auch die in der Unterlage genannte Möglichkeit des Vordringens von Deckgebirgslösungen über durchgängige Wegsamkeiten z. B. im Anhydrit vom Salzspiegel bis in tiefe Salzstockbereiche ist ausgeschlossen, da diese Gesteine im Zuge der Halokinese des Salzstocks zerbrechen, im dichten Salzgestein eingeschlossen werden und durchgängige Wegsamkeiten nicht auftreten. Im Hinblick auf die genannte Möglichkeit der Bildung von thermisch induzierten Kontraktionsrissen nach der Einlagerung von Wärme entwickelnden Abfällen wurde in der vorläufigen Sicherheitsanalyse Gorleben gezeigt, dass diese eine Lösungspereation von höchstens einigen Zehner Metern möglich machen könnten und die Barrierefunktion des Wirtsgesteins sowie des ewG nicht beeinträchtigt wird. Eine wissenschaftliche Ableitung einer pauschalen „Schutzfunktion“ des Deckgebirges ist daher aus den genannten Gründen nicht plausibel. Vielmehr sollte bezüglich der Langzeitstabilität der Salzstrukturen vom natürlichen Analogon der existenten Salzstrukturen Kredit genommen und relevante Prozesse standortbezogen im Rahmen von Sicherheitsanalysen bewertet werden.

Zu X) Hohe Sorptionsfähigkeit der Gesteine des Deckgebirges

Weiterhin wird in K-Drs./AG3-43 ein neues Abwägungskriteriums zur Sorptionsfähigkeit der Gesteine des Deckgebirges von Salzstöcken gefordert. Analog des vom AkEnd entwickelten und in der AG 3, insbesondere für Salz- und Tonformationen als Arbeitsgrundlage bestätigten ewG-Konzepts ist die Sicherheit dadurch zu gewährleisten, dass die Radionuklide im ewG eingeschlossen und zurückgehalten werden. Eine Rückhaltung außerhalb des ewG ist daher a priori nachrangig. Das Sicherheitskonzept für Salzformationen basiert auf dem weitgehend "trockenen" Einschluss. In der vorläufigen Sicherheitsanalyse Gorleben konnte gezeigt werden, dass bei diesem Konzept in der wahrscheinlichen Normalentwicklung nur eine geringfügige Radionuklidmobilisierung und -transport über den Gaspfad erfolgt. Selbst weniger wahrscheinliche Entwicklungen, bei

denen das Versagen einer Barriere unterstellt wird, ist aufgrund der Redundanz der Barrieren auch in diesem Fall eine Rückhaltung der Radionuklide im Endlager gewährleistet. Weiterhin ist nicht zutreffend, dass die Barrieren eines Endlagers im Salz über kein Rückhaltevermögen verfügen. Vielmehr verfügen die Tone und Betone in den Barrieren sowie die Korrosionsprodukte der metallischen Komponenten über ein Sorptionsvermögen. Auch das unterstellte Versagensszenarium mit einem Auspressen kontaminierter Lösung innerhalb von 10.000 Jahren wurde nicht begründet und ist vor dem Hintergrund des angestrebten dichten Einschlusses im Salz nicht nachvollziehbar. Falls die Rückhaltefunktion des Deckgebirges im Sinne einer Redundanz begründet werden soll, müsste sie für alle Wirtsgesteinstypen gelten.

IV. Quellenverzeichnis

K-Drs./AG3-29	Geowissenschaftliche Kriterien im Rahmen des Standortauswahlverfahrens, Entwurf 1, 8. Juli 2015
K-Drs./AG3-30	Dr. Detlef Appel, Rahmenbedingungen und Grundlagen für die Entwicklung und Anwendung der geowissenschaftlichen Kriterien; Entwurf, 19. August 2015
K-Drs./AG3-33	Prof. Dr.-Ing. Wolfram Kudla, Geowissenschaftliche Kriterien im Rahmen des Standortauswahlverfahrens, Entwurf 2, 20. August 2015
K-Drs./AG3-36	Min Stefan Wenzel, Hinweise zu den „Geowissenschaftlichen Kriterien“ unter Bezug auf K-Drs./AG3-33, Anhang 1; 19. September 2015
K-Drs./AG3-43	Dr. Detlef Appel, Vorschläge zur Umformulierung bzw. Neuformulierung geowissenschaftlicher Kriterien, 19. Oktober 2015
K-Drs./AG3-46	Dr. Detlef Appel, Geowissenschaftliche Kriterien – Kurzfassung (2002); Entwurf 2. Version vom 16. November 2015
K-Drs./AG3-48	Dr. h.c. Bernhard Fischer, Kommentar zur Anforderung 2 „Günstige Konfiguration der Gesteinskörper, insbesondere von Wirtsgestein und einschlusswirksamen Gebirgsbereich“, Hier: Zum Vorschlag Dr. D. Appel einer wirtsgesteinsspezifischen Änderung der Teufenlage gegenüber AkEnd, 15. November 2015
K-Drs./AG3-53	Dr. Detlef Appel, Einschlusswirksamer Gebirgsbereich und einschlussbezogene Kriterien bei Kristallingestein; 20. November 2015
K-Drs./AG3-54a	Min Dr. Robert Habeck, Stellungnahme zum Diskussionsstand zu den geowissenschaftlichen Kriterien im Rahmen des Standortauswahlverfahrens der AG 3 der Endlagerkommission (K-Drs./AG3-33 und K-Drs./AG3-45), Schreiben vom 20. November 2015
K-Drs./AG3-54b	Min Dr. Robert Habeck, Stellungnahme zur Unterlage von Prof. Dr.-Ing. Wolfram Kudla „Geowissenschaftliche Kriterien im Rahmen des Standortauswahlverfahrens“ vom 20. August 2015 (K-Drs./AG3-33), 20. November 2015
K-Drs./AG3-54c	Min Dr. Robert Habeck, Stellungnahme zur Unterlage von Dr. Detlef Appel „Geowissenschaftliche Abwägungskriterien – Kurzfassung auf Basis AkEnd (2002)“