

Geschäftsstelle

Kommission
Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe
gemäß § 3 Standortauswahlgesetz

Arbeitsgruppe 3
Entscheidungskriterien sowie Kriterien
für Fehlerkorrekturen

Beratungsunterlage zu TOP 4 der 13. Sitzung am 21. Oktober 2015

**Vorschläge zur Umformulierung bzw. Neuformulierung
geowissenschaftlicher Kriterien**

Verfasser: Dr. Detlef Appel vom 19. Oktober 2015

<p>Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe K-Drs. /AG 3-43</p>
--

D. Appel, 19.10.2015

**Vorschläge zur Umformulierung bzw. Neuformulierung
geowissenschaftlicher Kriterien**

ELK - AG 3, 13. Sitzung am 21.10.2015

- 1. Ergänzung der Mindestanforderung "Teufenlage des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs"**
- 2. Neue Anforderung "Schützender Aufbau des Deckgebirges von Salzstöcken" (Gewichtungsgruppe 1) und zugehöriges neues Abwägungskriterium "Schutzfunktion des Deckgebirges von Salzstöcken"**
- 3. Neue Anforderung "Hohes Rückhaltevermögen des Deckgebirges von Salzstöcken gegenüber Radionukliden" (Gewichtungsgruppe 3) und zugehöriges neues Abwägungskriterium "Hohe Sorptionsfähigkeit der Gesteine des Deckgebirges"**
- 4. Zitierte Schriften**

1. Ergänzung der Mindestanforderung "Teufenlage des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs"

Die Teufe der Oberfläche des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereiches muss mindestens 300 m betragen, bei Salzstöcken 600 m, wovon jeweils mindestens 300 m auf die Salzscheibe über dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich und das nichtsalinare Deckgebirge entfallen müssen.

Zum Schutz vor naturbedingten Einwirkungen von der Erdoberfläche ist in AKEND (2002) die Mindestteufe der Oberfläche des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit 300 m unter Geländeoberfläche festgelegt worden. Das entspricht einer Tiefe, in der bei den potenziellen Wirtsgesteinstypen Tonstein und Granit (bzw. vergleichbaren kristallinen Gesteinstypen) nicht mehr mit entlastungsbedingter Durchlässigkeitserhöhung als Folge erosiver Beseitigung von überlagernden Teilen des Deckgebirges gerechnet werden muss. Mit naturbedingten Einwirkungen waren insbesondere Erosion und ihre Folgen gemeint. In BGR (2009) wird diese Mindestteufe als zu gering angesehen. Angesichts der Gefahr der künftigen Entstehung tiefer subglazialer Rinnen böte sie keinen ausreichenden Schutz. Vorgeschlagen wird eine Mindestteufe von 500 m.

Dieser Vorschlag ist nicht zwingend. Er beruht auf der insbesondere von KELLER (2009) entwickelten Position, wonach im norddeutschen Tiefland für die Zukunft mit der Entstehung von Rinnen mit bis zu 500 m Tiefe gerechnet werden muss. Die grundsätzliche Möglichkeit künftiger eiszeitlicher Rinnenentstehung - auch mit diesem Tiefgang - ist seit langem belegt und unbestritten. Allerdings werden die für die Lage und den Tiefgang solcher Rinnen verantwortlichen Prozesse derzeit im Einzelnen nicht so gut verstanden, dass daraus auf eine zwangläufige Gleichbehandlung Gesamt-Norddeutschlands geschlossen werden dürfte, die zur Festlegung einer generell gültigen Mindestteufe von 500 m zwänge. Angesichts der Tatsache, dass gerade Tonsteinvorkommen im Tiefenbereich zwischen etwa 300 und 500 m unter Gelände (auch) sicherheitstechnische Vorteile bieten können (z. B. JOBMANN et al. 2007a u. b), erscheint es vielmehr angemessener, die mit künftiger Rinnenbildung verbundenen Sicherheitsaspekte in einem umfassenden

Abwägungsprozess zu berücksichtigen. Grundlage dafür ist das Abwägungskriterium "Robustheit und Sicherheitsreserven" des AkEnd mit differenzierter Bewertungsfunktion für die Tiefe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs.

Die Umformulierung der Mindestanforderung "Teufenlage des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs" ist allerdings aus einem anderen Grund sinnvoll:

Bei einer Wirtsgesteinsformation (z. B. aus Tonstein), deren Mächtigkeit etwa der des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs entspricht, befände sich auch deren Oberfläche in dieser Tiefe. Die geforderten 300 m würden vollständig aus dem darüber liegenden Deckgebirge bestehen. Bei Salzstrukturen bedeutete die Einhaltung der Mindestanforderung auf diese Weise, dass sich der einschlusswirksame Gebirgsbereich bzw. ihn unmittelbar überlagernde Salzgesteine der Wirtsgesteinsformation in direktem Kontakt mit Grundwasser führenden Schichten des Deckgebirges befinden könnten und wahrscheinlich örtlich auch befänden. Diese sicherheitstechnisch nicht akzeptierbare Situation sollte durch eine klare Mindestanforderung für Salzstöcke ausgeschlossen werden. Die vom AkEnd festgelegte Mindestdiefe der Oberfläche des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs von 300 m sollte daher um die von BGR (1995 u. 2007) für Salzstöcke geforderte Salzscheibe über dem Endlagerbereich von 300 m bei gleichzeitiger Mindestmächtigkeit des (nichtsalinaren) Deckgebirges von 300 m AkEnd ergänzt werden. BGR (1995) hatte bei der Identifizierung untersuchungswürdiger Salzstöcke eine Mindestmächtigkeit des Deckgebirges über dem Gipshut von 200 m zu Grunde gelegt; dieser Wert stünde nach der oben gegebenen Erläuterung im Widerspruch zu der Anforderung des AkEnd.

2. Neue Anforderung "Schützender Aufbau des Deckgebirges von Salzstöcken" (Gewichtungsgruppe 1) und zugehöriges neues Abwägungskriterium "Schutzfunktion des Deckgebirges von Salzstöcken"

Neue Anforderung "Schützender Aufbau des Deckgebirges von Salzstöcken" (Gewichtungsgruppe 1):

Das Deckgebirge von Salzstöcken sollte so beschaffen sein, dass es die Wirtsgesteinsformation und den einschlusswirksamen Gebirgsbereich gegen Subrosion schützt.

Neben der Mindestanforderung zur Teufenlage des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (s. 1.) hat AKEND (2002) kein Kriterium abgeleitet, dass sich explizit auf den Schutz des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs gegen Einwirkungen von außen durch das über dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich befindliche Deckgebirge bezieht. Der für eine mögliche Beeinträchtigung der Funktion des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs von Endlagersystemen mit Steinsalz als Wirtsgestein, und zwar insbesondere bei Salzstöcken, relevante Prozess der Subrosion wird nicht behandelt.

Die implizite Berücksichtigung erfolgt mit Kriterien, die im Hinblick auf die sicherheitliche Bedeutung sehr komplexe Betrachtungen erfordern (insbesondere Abwägungskriterium "Gute Prognostizierbarkeit"). Sie weisen zudem keinen unmittelbaren Bezug zu den charakteristischen materiellen Standorteigenschaften von Salzstöcken auf, die ihrerseits Möglichkeit und Ausmaß von Subrosion betreffen. Die unmittelbare vergleichende Bewertung von Salzstrukturen hinsichtlich der Gefährdung durch Subrosion anhand realer geologischer Gegebenheiten ist damit nur eingeschränkt möglich. Zudem ist die Bewertung für Außenstehende nur schwierig nachzuvollziehen, so dass vielfach die Berücksichtigung der Schutzfunktion des Deckgebirges für den einschlusswirksamen Gebirgsbereich durch den Kriteriensatz des AkEnd nicht erkannt worden ist. Wegen der sicherheitlichen Bedeutung von Subrosion für die sichere Endlagerung gerade in

Salzstöcken wird daher die Anforderung "Günstiger Aufbau des Deckgebirges bei Salzstöcken..." der Gewichtungsgruppe 1 der Anforderungen hinzugefügt.

Bei der Wirtsgesteinsoption "Steinsalz in flacher Lagerung" entsprechen die gesteinspezifischen Voraussetzungen für Subrosion und dadurch verursachte Beeinträchtigungen der Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs bzw. der Schutzfunktion des zugehörigen Deck- bzw. Nebengebirges denjenigen bei Salzstöcken. Die strukturellen Unterschiede zwischen Salzstöcken und flach lagernden Steinsalzvorkommen erlauben jedoch keine direkte Anwendung des nachfolgend begründeten Kriteriums. Bei Verfolgung der Option "Steinsalz in flacher Lagerung" müsste gegebenenfalls ein entsprechendes Kriteriums abgeleitet werden.

Die weiteren zu betrachtenden Wirtsgesteinstypen, Tonstein und Granit (bzw. vergleichbare kristalline Gesteinstypen), sind praktisch nicht wasserlöslich und daher selbst von Subrosion nicht betroffen. Auf die Ableitung eines Kriteriums zum Schutz der Wirtsgesteinsformation bzw. des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs gegen andere natürliche Einwirkungen von außen (insbesondere Erosion) durch das Deckgebirge, wie für Salzstöcke, wird verzichtet; denn das damit verbundene Gefährdungspotenzial für die Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs ergibt sich eher aus den angenommenen externen Prozesse als aus kritischen wirtsgesteinsspezifischen Eigenschaften.

Neues Abwägungskriterium "Schutzfunktion des Deckgebirges von Salzstöcken":

Das Deckgebirge von Salzstöcken sollte so aufgebaut sein, dass es die Wirtsformation und den einschlusswirksamen Gebirgsbereich nachhaltig gegen Subrosion schützt.

Das Kriterium umfasst in Anlehnung an BGR (1995) folgende Indikatoren:

- **Überdeckung des Gipshutes bzw. des Salinargesteinskörpers** mit Subrosion verhindernden bzw. -hemmenden tonigen Sedimenten, Verbreitung toniger oder sonstiger schützender Sedimentserien im Deckgebirge
- **Ausprägung struktureller Komplikationen** (Scheitelgräben, quartäre Rinnen o. ä.) im Bereich Salzstockdach / Deckgebirge von Salzstöcken
- **Fehlende bzw. möglichst geringe Subrosion** als Hinweis auf das Vorhandensein eines schützenden Deckgebirges

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums [Dimension]	Bewertungsgröße des Kriteriums bzw. Indikator [Dimension]	Wertungsgruppe		
		günstig	bedingt günstig	weniger günstig
Gegen Subrosion schützender Aufbau des Deckgebirges	Überdeckung des Gipshutes bzw. des Salinargesteinskörpers mit subrosionsverhindernden bzw. -hemmenden tonigen Sedimenten, Verbreitung und Mächtigkeit toniger oder sonstiger schützender Sedimentserien im Deckgebirge	mächtige vollständige Überdeckung, geschlossene Verbreitung schützender Sedimentserien im Deckgebirge	flächenhafte Überdeckung, flächenhafte Verbreitung schützender Sedimentserien im Deckgebirge	lückenhafte bzw. fehlende Überdeckung, lückenhafte Verbreitung schützender Sedimentserien im Deckgebirge
	Ausprägung struktureller Komplikationen (Störungen, Scheitelgräben, quartäre Rinnen o.ä.) im Bereich Salzstockdach / Deckgebirge von Salzstöcken, durch die der Schutz gegen Subrosion beeinträchtigt werden könnte	intakte Dachregion mit ungestörten Decksedimenten und ungestörtem Aufbau des Deckgebirges	strukturelle Komplikationen, aber keine stark wirksame hydraulische Verbindung zwischen Salzgestein bzw. Gipshut und oberflächennahen Grundwasser führenden Schichten	strukturelle Komplikationen (hydraulische Verbindungen zwischen Salzgestein bzw. Gipshut und oberflächennahen Grundwasser führenden Schichten)
	möglichst geringe Subrosion	keine / sehr geringe aktuelle Subrosion	geringe aktuelle Subrosion	deutliche aktuelle Subrosion

Das Kriterium dient der sicherheitlichen Berücksichtigung der Schutzfunktion des nichtsalinaren Deckgebirges von Salzstöcken im Hinblick auf den Schutz der

Wirtsgesteinsinformation über dem einschlusswirksamen Gebirgsbereichs bzw. des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs gegen die unmittelbaren und mittelbaren Auswirkungen von Subrosion:

Zur Gewährleistung des Schutzes gegen die Beeinträchtigung der Wirtsgesteinsinformation und des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch Subrosion und die daraus möglicherweise resultierende Beeinträchtigung ihrer Barrierefunktion hatte AKEND (2002) kein Kriterium formuliert. Ersatzweise müsste Subrosion mit den für Erosion entwickelten Kriterien beurteilt werden. Dazu dienen die Mindestanforderung "Tiefenlage des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs" und das Abwägungskriterium "Robustheit und Sicherheitsreserven" mit der Bewertungsgröße "Tiefe der oberen Begrenzung des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs". Die Funktion des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs über den Nachweiszeitraum, wird über die Anforderung "Gute Prognostizierbarkeit" (Gewichtungsgruppe 1) mit dem Abwägungskriterium "Langfristige Stabilität der günstigen Verhältnisse" erfasst. Zwar besteht zwischen Tiefenlage des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs und Intensität bzw. Ausmaß der Subrosion ein gewisser Zusammenhang, doch reicht er allein für die gezielte und angemessene sicherheitsbezogene Berücksichtigung des Phänomens Subrosion nicht aus, weil die Subrosion hemmende Wirkung des Deckgebirges wesentlich von dessen Aufbau bestimmt wird.

Steinsalz ist der einzige für die Endlagerung radioaktiver Abfälle ins Auge gefasste (im landläufigen Sinne) wasserlösliche Wirtsgesteinstyp. Aus dieser Eigenschaft resultiert in humiden Klimazonen bei salinaren Wirtsgesteinskörpern von Endlagersystemen eine besondere Schutznotwendigkeit gegen Auflösungsprozesse durch Grundwasser (Subrosion) und deren mögliche sicherheitliche Konsequenzen. Für die in Deutschland für die Endlagerung radioaktiver Abfälle derzeit favorisierten Salzstöcke trifft dies in besonderem Maße zu. Hintergrund sind wirtsgesteinsspezifische und salzstockspezifische Besonderheiten, die Endlagersysteme in Salzstöcken in auffälliger Weise von anderen Endlagersystemtypen unterscheiden. Dazu gehören:

- Die Vergesellschaftung des gesuchten Wirtsgestein Steinsalz mit potenziell wasserwegsamem Gesteinen, insbesondere Anhydrit und Salzton, sowie stärker wasserlöslichen bzw. wärmeempfindlicheren Gesteinen als Steinsalz, insbesondere Kalisalzen,
- die komplexe Anordnung dieser Gesteinsserien in Salzstöcken mit tendenziell vertikaler Ausrichtung der einzelnen Gesteinskörper und ihrer internen Einheiten, die wasserwegsame Zonen zwischen Salzspiegel und Endlagerbereich bilden können, auf denen unter besonderen Bedingungen Grundwasser bis weit in den Wirtsgesteinskörper gelangen kann (und örtlich auch gelangt ist), oder in denen sich bei entsprechenden hydraulischen Druckverhältnissen entlang vorhandener vertikal ausgerichteter Inhomogenitäten, z.B. Schichtflächen, Wasserwegsamkeiten ("Hydrofracs") entwickeln können,
- der (mögliche) Kontakt dieser Gesteinsserien bzw. des Gipsstones mit Grundwasser leitenden Schichten des Deckgebirges kann - bei Vorhandensein entsprechender Wegsamkeiten – dazu führen, dass auflösendes Wasser in den Wirtsgesteinskörper gelangt und selbst in einigen 100 m Tiefe unter der Oberfläche der Wirtsgesteinsformation zur selektiven Ablaugung von Salz führen kann.

Hinzu kommt, dass es im für die Endlagerung gesuchten reinen Steinsalz während der Salzstockentstehung zur Bildung wasserwegsamer Zonen mit (ehemaliger) Verbindung zur Salzstockumgebung gekommen sein kann. Dies ist an den deutlichen Spuren zu erkennen, die die Migration von Fluiden, insbesondere von Kohlenwasserstoffen und Lauge, in Salzstöcken hinterlassen haben. Potenziell wasserwegsame Strukturen in Gestalt von (gefüllten) Klüften unterschiedlicher / nicht abschließend geklärt Entstehung (kryogene Klüfte aus früheren Kaltzeiten / "Hydrofracs") im Wirtsgesteinskörper können hydraulische Verbindungen vom Deckgebirge bis in große Tiefe der Wirtsgesteinsformation herstellen. Solche oder weitere natürlich verursachten Beanspruchungen der Barriere Wirtsgestein in der geologischen Vergangenheit können in der Zukunft durch die Errichtung des Endlagers und ihre Folgen verstärkt werden. Dadurch kann die funktionale und die materielle Integrität der geologischen Barrieren im Salzgesteinskörper eines Salzstocks beeinträchtigt werden:

Die bergmännischen Aktivitäten während Bau und Betrieb des Endlagers werden gebirgsmechanische Beanspruchungen verursachen, der Wärmeeintrag mit den Abfällen wird zunächst zu wärmeinduzierter Ausdehnung des Salzgesteinskörpers und bei der anschließenden Abkühlung zur Entstehung von Kontraktionsrissen führen. Wegen der gebirgsmechanischen Unterschiede zwischen den beteiligten Gesteinen, der unterschiedlichen Wärmeleitfähigkeit und der ungleichmäßigen Gesteinsaufheizung wird es zu Spannungsumlagerungen kommen. Als Folge dieser Einflüsse ist die Entstehung neuer oder die Wiederbelebung alt angelegter Wasserwegsamkeiten nicht auszuschließen. Außerdem kann die Gasentwicklung aus den Abfällen zur kritischen Belastung von Barrieren führen.

Diese Einflüsse werden in einem Zeitraum auftreten, für den nach gegenwärtiger Kenntnis nicht unterstellt werden darf, dass die zur "Reparatur" der Eingriffe in den einschlusswirksamen Gebirgsbereich und den umgebenden weiteren Wirtsgesteinskörper eingebauten geotechnischen Barrieren ihre volle Funktionstüchtigkeit erlangt haben. Für die Übergangsphase mit endlagerbedingter Beanspruchung der geologischen und geotechnischen Barrieren und daraus resultierender Gefahr ihrer Funktionsbeeinträchtigung wird üblicherweise eine Dauer von etwa 10.000 Jahren angesetzt. Nicht nur, aber gerade für diesen Zeitraum muss das Deckgebirge dafür sorgen, dass Grundwasser nicht in kritischem Umfang in den Wirtsgesteinskörper gelangen kann. Damit würden die lösungsgesteuerte weitere Schwächung der Barriere Wirtsgestein und ein als Folge nicht auszuschließender Radionuklideintrag in das Deckgebirge verhindert oder doch entscheidend reduziert. Diese besondere Bedeutung des Deckgebirges gerade in der Übergangsphase bedeutet, dass es sicherheitstechnisch nicht zulässig ist, bei der Standortauswahl die Schutzfunktion des Deckgebirges unter Verweis auf seine Beseitigung in einer erst später zu erwartenden Eiszeit zu negieren.

Anders als die Kriterien des AkEnd, ist der von der BGR (1995) vorgelegte Kriterienkatalog zur Identifizierung "untersuchungswürdiger" Salzformationen gezielt für die vergleichende Bewertung von Salzstöcken in Norddeutschland entwickelt und auf die meisten auch abwägend angewendet worden. Die Autoren betonen, dass bei

der Formulierung und Anwendung der Kriterien große Aufmerksamkeit der Barrierefunktion des Deckgebirges gewidmet wurde. Ein "optimales geologisches Barriere-System" weist nach BGR (1995) eine Salzstruktur mit flächenhafter Überdeckung des Caprock (Gipshutes) mit Wasser hemmenden Unterkreidetonen und einer ungestörten Decke aus Sedimenten der Oberkreide oder des Alttertiärs auf. Als noch akzeptabel gilt eine unverritzte und möglichst ungestörte Überdeckung allein durch Tone des Alttertiärs. Zusätzlich werden etwaige strukturelle Komplikationen im Dachbereich der Salzstrukturen bewertet. Dabei wird eine "intakte, ungestörte Dachregion mit Decksedimenten" positiv bewertet. Negativ zu bewerten sind dagegen Scheitelstörungen oder Scheitelgräben (vor allem wenn die Störungen in den Gipshut einschneiden), quartäre Rinnen, die sich tief in die Dachsedimente einschneiden, und Anzeichen von rezenter Subrosion im Firstbereich der Struktur.

Diese Kriterien werden nachfolgend für die Verwendung im Rahmen des künftigen Auswahlverfahrens, dessen Kriterien in Anlehnung an AKEND (2002) entwickelt werden, zu einem Kriterium mit drei Indikatoren zusammengefasst, um den weitgehend wirtsgesteinsunabhängigen Kriteriensatz nicht mit einer größeren Anzahl wirtsgesteinsspezifischer Kriterien zu entstellen. Intention und Inhalt der Kriterien aus BGR (1995) bleiben erhalten. Laut BGR (2007) sind die Kriterien und die damit gewonnenen Ergebnisse auch heute noch aktuell. Dies äußert sich auch darin, dass die unter Anwendung der Kriterien in BGR (1995) identifizierten untersuchungswürdigen Salzstrukturen auch in BGR (2007) ausgewiesen sind.

Die genannten positiv zu beurteilenden und in Kriterien gefassten Gegebenheiten in Dachbereich und Deckgebirge von Salzstrukturen können ohne weiteres zur differenzierenden Bewertung möglicher standortbezogener Konsequenzen der Auflösung von Steinsalz bei den Salzstöcken des norddeutschen Tieflands herangezogen werden. Dies gilt sowohl für die eher flächenhafte Auflösung von Steinsalz, als auch für besonders kritisch zu beurteilenden Lösungsprozesse, wie die "selektiv vorseilende Subrosion" von Kalisalz. Da Tonsedimente neben ihrer in dieser Hinsicht positiven hydraulischen Eigenschaften auch über relativ hohes Sorptionsvermögen gegenüber vielen Schadstoffen verfügen, bedeutet ein hoher

barrierewirksamer Anteil toniger Sedimente im Deckgebirge zugleich hohes Rückhaltepotenzial gegenüber etwa aus dem Salzgesteinskörper freigesetzten Schadstoffen durch Sorption (s.u.: "Hohe Sorptionsfähigkeit der Gesteine des Deckgebirges"), gegebenenfalls unter Beteiligung von Matrixdiffusion. Wegen der Einfügung der Anforderung "Günstiger Aufbau des Deckgebirges von Salzstöcken" in Gewichtungsgruppe 1 verändert sich die Nummerierung der nachfolgenden Anforderungen entsprechend.

3. Neue Anforderung "Hohes Rückhaltevermögen des Deckgebirges von Salzstöcken gegenüber Radionukliden" (Gewichtungsgruppe 3) und zugehöriges neues Abwägungskriterium "Hohe Sorptionsfähigkeit der Gesteine des Deckgebirges"

Unter der gegenüber AKEND (2002) ergänzten Anforderung "Hohes Rückhaltevermögen des Deckgebirges von Salzstöcken gegenüber Radionukliden" wird die zugehörige Eigenschaft "Hohe Sorptionsfähigkeit der Gesteine des Deckgebirges" in Kriterienform eingefügt. Abgesehen davon, dass sie sich auf ein anderes Substrat beziehen, entsprechen Anforderung und Kriterium der im Wesentlichen auf das Rückhaltevermögen den einschlusswirksamen Gebirgsbereich bezogenen Anforderung 9 "Hohes Rückhaltevermögen der Gesteine gegenüber Radionukliden" mit dem Kriterium "Die Sorptionsfähigkeit der Gesteine sollte möglichst groß sein". Dieses Kriterium war im Wesentlichen aus sicherheitsanalytischen Betrachtungen abgeleitet worden ist.

Bei einem (teilweisen) Versagen der inneren Barrieren des Salzstocks kann es durch konvergenzinduzierte Auspressung zum Eintrag von schadstoffbelasteter Lösung aus dem Salzgesteinskörper in das überlagernde Deckgebirge und anschließenden Transport in die Biosphäre kommen. Das ist bereits für die Übergangsphase von ca. 10.000 Jahren zu besorgen (s. 2.). Da die geologischen und die geotechnischen Barrieren innerhalb des Salzstocks nur über geringes Sorptionsvermögen verfügen, muss für diesen Fall das Deckgebirge den entscheidenden Beitrag zur Vermeidung

nicht geringfügiger Schadstoffkonzentrationen im oberflächennahen Grundwasser leisten.

Von den genannten sorptionsrelevanten Mineralphasen sind im Fall des Deckgebirges von Salzstöcken insbesondere Anteil und Zusammensetzung der Tonmineralfraktion von Bedeutung.

Bei Bedarf kann das Kriterium zur Vorlage für die Anwendung auf das Deckgebirge über Tonstein bzw. das Deckgebirge bzw. Nebengebirge von Steinsalz in flacher Lagerung verändert werden, da auch in diesem Fall Anteil und Zusammensetzung der Tonmineralfraktion von besonderer Bedeutung sind.

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums [Dimension]	Bewertungsgröße des Kriteriums bzw. Indikator [Dimension]	Wertungsgruppe		
		günstig	bedingt günstig	weniger günstig
Hohe Sorptionsfähigkeit der Gesteine des Deckgebirges	Kd-Wert für langzeitrelevante Radionuklide $\geq 0,001$ [m ³ /kg]	Uran, Protactinium, Thorium, Plutonium, Neptunium, Zirkonium, Technetium, Palladium, Jod, Cäsium, Chlor	Uran, Plutonium, Neptunium, Zirkonium, Technetium, Cäsium	
	Mineralphasen mit großer reaktiver Oberfläche	Hohe Gehalte an Mineralphasen mit großer reaktiver Oberfläche, wie Tonminerale, Fe- und Mn-Hydroxide und -Oxihydrate		

Zitierte Schriften

AKEND - Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (2002): Auswahlverfahren für Endlagerstandorte. Empfehlungen des AkEnd – Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte.- Dezember 2002.

BGR - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (1995): Endlagerung stark wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen Deutschlands. Untersuchung und Bewertung von Salzformationen.- Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, August 2005 (Bearbeiter: Kockel, F., Krull, P., Fischer, M., Frisch, U., Heßmann, W. & Stiewe, H.), Archiv-Nr. Hannover: 111 089, Archiv-Nr. Berlin: 2025041.

BGR - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2007): Endlagerung radioaktiver Abfälle in Deutschland. Untersuchung und Bewertung von Regionen mit potenziell geeigneten Wirtsgesteinsformationen.- Hannover/Berlin, April 2007.

BGR - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2009): Entwicklung und Umsetzung von technischen Konzepten für geologische Endlager in allen Wirtsgesteinen (EUGENIA). Teil I. Grundlagen und Beispiele für Standortauswahlverfahren für HAW-Endlager in unterschiedlichen Wirtsgesteinstypen.- Im Auftrag des BMWi, Mai 2009, (Bearbeiter: J. Hammer, J. Sönke, G. Mingerzahn), Hannover, Tagebuchnr. 10593/09.

JOBMANN, M., AMELUNG, P., BILLAUX, D., POLSTER, M., SCHMIDT, H. & UHLIG, L. (2007a): Untersuchungen zur sicherheitstechnischen Auslegung eines generischen Endlagers im Tonstein in Deutschland - GENESIS - Abschlussbericht.- DBE TECHNOLOGY, Peine, März 2007.

JOBMANN, M., AMELUNG, P. & UHLIG, L. (2007b): Untersuchungen zur sicherheitstechnischen Auslegung eines generischen Endlagers im Tonstein in Deutschland - GENESIS - Anlagenband Geologie der Referenzregionen im Tonstein.- DBE TECHNOLOGY, Peine, März 2007.

KELLER, S. (2009): Eiszeitliche Rinnensysteme und ihre Bedeutung für die Langzeitsicherheit möglicher Endlagerstandorte mit hochradioaktiven Abfällen in Norddeutschland.- BGR-Bericht, Hannover, August 2009.