

Detlef Appel

**Kriterien zum Schutz des ewG durch das Deckgebirge,
Einschätzung nach den Diskussionen in der "Adhoc-AG Deckgebirge"**

27.4.2016

a) Schutz des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs notwendig

Der einschlusswirksame Gebirgsbereich (ewG) bedarf wegen seiner herausragenden Bedeutung für die Langzeitsicherheit eines Endlagers des Schutzes durch sein Deckgebirge gegen die mögliche Beeinträchtigung seiner Integrität durch direkte oder indirekte Auswirkungen exogener Vorgänge, insbesondere Erosion und Subrosion.

b) Definition Deckgebirge

Unter Deckgebirge werden entsprechend den "Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle - Stand 30. September 2010" die den einschlusswirksamen Gebirgsbereich überlagernden Gesteinsserien verstanden.

c) Grundsätzlich einheitliche, aber auch differenzierte Beurteilung

Die Beurteilung des ewG-Schutzes durch Formulierung von Anforderungen und darauf bezogene Anwendung von Kriterien sollte im Hinblick auf den Schutzbedarf des ewG und die Schutzfunktionen des Deckgebirges für alle Endlagersystemtypen im Grundsatz einheitlich erfolgen. Die ausschließliche Behandlung einzelner Endlagersystemtypen ist daher nur dann akzeptierbar, dann aber auch geboten, wenn auf Grund unterschiedlicher spezifischer Eigenschaften der verschiedenen Endlagersystemtypen eine Bewertung mit denselben detaillierten Kriterien nicht sinnvoll bzw. nicht möglich ist. Verständnis- oder Informationsdefizite bei einzelnen Endlagersystemtypen dürfen nicht dazu führen, dass der Notwendigkeit des ewG-Schutzes durch das Deckgebirge bei beurteilbaren Endlagersystemtypen nicht Rechnung getragen wird.

Unterschiede zwischen Endlagersystemtypen und regional unterschiedliche Art und Intensität der die Integrität des ewG möglicherweise gefährdenden exogenen Vorgänge machen die wirtsgesteins- und regionspezifische Konkretisierung der Kriterien erforderlich. Diese Konkretisierung darf nicht wegen der gegenwärtig bestehenden Formulierungsschwierigkeiten (s. f)) aufgegeben und durch die integrierende Behandlung aller relevanten Aspekte in vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen ersetzt werden. Eine solche Beschränkung kommt aus Transparenzgründen allenfalls als Notlösung in Frage.

d) Mindestanforderung "Minimale Tiefe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs"

Der Formulierungsvorschlag der Adhoc-AG Deckgebirge zur Mindestanforderung "Minimale Tiefe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs" der Adhoc-AG Deckgebirge berücksichtigt die unter c) beschriebenen Bedingungen hinsichtlich im Grundsatz einheitlichen Vorgehens und notwendiger Differenzierung.

e) **Abwägungskriterien zum Schutz des ewG durch das Deckgebirge**

Anders als bei der Mindestanforderung "Minimale Tiefe des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs" ist die Adhoc-AG Deckgebirge bei der Ableitung von Abwägungskriterien zur Bewertung der Schutzfunktion des Deckgebirges nicht zu einer endgültigen Lösung gekommen. Weitgehende Übereinstimmung bestand im Hinblick auf das generelle Vorgehen: Die zu betrachtenden Endlagersystemtypen sind identifiziert und im Hinblick auf die Ableitung endlagersystemtypspezifischer Kriterien für Beurteilung und Vergleich von Standortregionen und Standorten geprüft worden - soweit das im Rahmen der Arbeitsgruppe möglich war. Die der Formulierung spezifischer Kriterien für die einzelnen Endlagersystemtypen entgegen stehenden Erkenntnis- und Informationsdefizite betreffen in unterschiedlicher Weise und in unterschiedlichem Ausmaß die für die Fragestellung relevanten Eigenschaften der einzelnen Endlagersystemtypen, die Art und Intensität der regional zu berücksichtigenden exogenen Prozesse und die das Schutzpotenzial gegen deren Auswirkungen zuverlässig anzeigenden Eigenschaften des jeweiligen Deckgebirges.

f) **Voraussetzungen für die Entwicklung von Abwägungskriterien**

Die Möglichkeiten für die Formulierung spezifischer oder differenzierender Abwägungskriterien für die zu betrachtenden Endlagersystemtypen sind unter den Gesichtspunkten Prozessverständnis und Kenntnis zu den relevanten geologischen Eigenschaften der Endlagersystemtypen für die Endlagersystemtypen (derzeit) wie folgt zu bewerten:

- Steinsalz in steiler Lagerung (Salzstöcke): Anforderungen und Kriterien sind bereits in BGR (1995) formuliert worden. Der Kriterienvorschlag Appel in K-Drs. AG3-70 stellt eine Anpassung an die sicherheitlichen und methodischen Vorstellungen der Kommission (auf Basis von AKEND 2002) dar.
- Steinsalz in flacher Lagerung: die Formulierung von Kriterien ist sicherheitstechnisch geboten und erscheint innerhalb absehbarer Zeit möglich (u.a. Forschungsprogramm KO-SINA). Aus der relativ geringen Mächtigkeit der für die Einlagerung in Frage kommenden Steinsalzlager und die mögliche Gefährdung des ewG durch "laterale Subrosion" (Salzhänge, Erdfallzonen) ergeben sich voraussichtlich Konsequenzen für die Festlegung des ewG bzw. von Sicherheitsabständen, die bei der konkretisierenden Entwicklung der spezifischen Anforderungen und Kriterien für den Endlagersystemtyp berücksichtigt werden müssen.
- Für den Endlagersystemtyp Ton / Tonstein als Wirtsgestein und ewG ist die Formulierung von Abwägungskriterien zur Schutzfunktion des Deckgebirges mangels zuverlässiger Befunde zur tatsächlichen schützenden Wirkung der als mögliche Schutzschichten gegen Erosionsprozesse in Frage kommenden Gesteinskörper derzeit nicht möglich. So wurden Belege für die zuverlässige Begrenzung der Erosionstiefe durch erosionshemmende Gesteinskörper im Deckgebirge bei künftiger eiszeitlicher (insbesondere subglazialer) Rinnenbildung im norddeutschen Tiefland und im weiteren süddeutschen Alpenvorland (Endlagersystemtypen mit Ton / Tonstein als Wirtsgestein und ewG) bisher nicht gefunden.
- Generell gilt "ersatzweise", dass die Robustheit solcher Endlagersysteme durch große Tieflage des ewG und große Mächtigkeit des Wirtsgesteinskörpers und unmittelbar überlagernder Gesteinsserien (mit ähnlich günstigen Rückhalteeigenschaften gegenüber Radionukliden für den Fall einer Freisetzung aus dem ewG) erhöht wird.
- Beim Endlagersystemtyp Kristallin als Wirtsgestein und ewG (ohne oder mit Deckschichten über dem Kristallingestein) bestimmen große Tiefenlage des ewG einerseits und hohe Erosionsresistenz des Kristallingesteinskörpers (ohne Sedimentüberdeckung) bzw. hoher

Anteil erosionshemmender Sedimentgesteine an den Deckgebirgseinheiten über dem ewG (bei entsprechender Überlagerung des Kristallingesteinskörpers) das Ausmaß des Deckgebirgsschutzes für den ewG gegen Erosion. Ein genereller Schutzzvorteil einer "nichtkristallinen" Überdeckung ist nicht erkennbar.

- Für den Endlagersystemtyp Kristallin als Wirtsgestein, aber ohne ewG-Funktion, bei dem der einschlusswirksame Gebirgsbereich durch einen überlagernden barrierewirksamen Gesteinskörper (Steinsalz oder Tongestein) gebildet wird, müsste ein Abwägungskriterium Schutzfunktion des Deckgebirges für den ewG ähnlich formuliert werden wie für die Endlagersystemtypen Steinsalz in flacher Lagerung bzw. Ton / Tonstein als Wirtsgestein und ewG Tiefland (s.o.).

g) Zusammenfassende Einschätzung und Vorschläge für das weitere Vorgehen

- Die unter f) genannten Verständnis- und Informationsdefizite stehen der Formulierung spezifischer bzw. differenzierender Abwägungskriterien für in Frage kommenden Endlagersystemtypen entgegen.
- Im Sinne übereinstimmender bzw. gleichgewichtiger Anforderungen nach c) wird im Anhang die Anforderung "Schützender Aufbau des Deckgebirges (orientierende Bewertung)" mit zugehörigen Kriterien vorgeschlagen. Sie sollen der orientierenden Beurteilung der Schutzfunktion des Deckgebirges dienen, solange die erforderlichen endlagersystem- und regionsspezifischen Differenzierungen noch nicht vorliegen. Wegen der bekannten Unterschiede zwischen den beteiligten Wirtsgesteinstypen ist die Bewertung differenziert nach dem erosionshemmenden und dem subrosions- bzw. grundwasserhemmenden Potenzial des Deckgebirges durchzuführen. Anforderung und Kriterien können für die orientierende Bewertung aller zu betrachtenden Endlagersystemtypen eingesetzt werden.
- Die Anforderung in K-Drs. AG3-70 "Schützender Aufbau des Deckgebirges von Salzstöcken" mit zugehörigen Kriterien ist als konkrete Form der Anforderung "Schützender Aufbau des Deckgebirges (orientierende Bewertung)" aufzufassen und kann zur detaillierten Bewertung eingesetzt werden.
- Beim gegenwärtigen Kenntnisstand ist die Formulierung weiterer endlagersystemspezifischer Anforderungen und Kriterien zum Schutz des Deckgebirges nicht möglich. Der generelle Verzicht auf eine solche Formulierung ist allerdings nicht gerechtfertigt. Dies gilt insbesondere für den Endlagersystemtyp Steinsalz in flacher Lagerung und generell für die Berücksichtigung regionsspezifischer exogener Prozesse hinsichtlich ihrer Art und Intensität sowie ihrer endlagersystemspezifischen sicherheitlichen Konsequenzen.
- Die (Weiter-)Entwicklung endlagersystemspezifischer Anforderungen und zugehöriger Kriterien unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus derzeit laufenden und künftigen Forschungs- und Untersuchungsprogrammen ist daher geboten.

Anhang

Vorschlag

für eine Anforderung Schützender Aufbau des Deckgebirges zur orientierenden Bewertung der Schutzfunktion des Deckgebirges von Endlagersystemen gegenüber dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich (ewG) und zugehörige Kriterien

Zwischen den zu betrachtenden Endlagersystemtypen bestehen hinsichtlich der für das benötigte Schutzpotenzial des Deckgebirges maßgeblichen Eigenschaften deutliche Unterschiede. Sie machen die nach Endlagersystemtypen differenzierte Beurteilung erforderlich. Mit Ausnahme des Endlagersystemtyps "Steinsalz in steiler Lagerung (Salzstöcke)", für das systemspezifische Abwägungskriterien bereits abgeleitet worden sind (K-Drs. AG3-70), liegen die für die Entwicklung entsprechender Abwägungskriterien erforderlichen Kenntnisse und Informationen derzeit nicht zu allen Endlagersystemtypen oder nicht mit ausreichender Aussagekraft vor. In verschiedenen Projekten und Forschungsprogrammen wird derzeit an endlagersystembezogenen Themen gearbeitet, deren Ergebnisse für die Entwicklung der differenzierten Abwägungskriterien genutzt werden können bzw. sogar Voraussetzung dafür sind.

Die Anforderung "Schützender Aufbau des Deckgebirges (orientierende Bewertung)", das zugehörige Kriterium und die zugehörigen Kriterien sollen die orientierende Beurteilung Endlagersystemen im Hinblick auf den Schutz des ewG durch das Deckgebirge erlauben, solange differenzierte Kriterien noch nicht vorliegen.

Anforderung "Schützender Aufbau des Deckgebirges (orientierende Bewertung)"

Das Deckgebirge von Endlagersystemen sollte so aufgebaut sein, dass es den einschlusswirksamen Gebirgsbereich nachhaltig gegen die direkten und indirekten Auswirkungen exogener Prozesse schützt. Zur Erfüllung des zugehörigen Kriteriums "Schutz des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches (ewG) durch das Deckgebirge" sollten folgende Sachverhalte gegeben sein (s. Tab. 1):

- Möglichst mächtige **vollständige Überdeckung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs mit grundwasserhemmenden / erosionshemmenden Gesteinen**,
- möglichst **geschlossene Verbreitung grundwasserhemmender / erosionshemmender Gesteine** im Deckgebirge,
- möglichst **keine strukturellen Komplikationen im Deckgebirge** (z. B. Störungen, Scheitelgräben, Karststrukturen)

Die Kriterien können auf die Endlagersysteme entsprechend Konfigurationstyp A (ewG = Teil des Wirtsgesteinskörpers) in AKEND (2002) angewendet werden, bei Kristallin auch auf den Typ Bb, wenn der Wirtsgesteinskörper Kristallin vom einschlusswirksamen Gebirgsbereich (Steinsalz / Tonstein) überlagert wird und dieser selbst des Schutzes bedarf. Wegen der Beschränkung möglicher Subrosion auf Endlagersystemtypen mit Steinsalz als Wirtsgestein und ewG sind in Abhängigkeit vom jeweiligen Endlagersystemtyp erosionshemmende und subrosions- / grundwasserhemmende Eigenschaften des Deckgebirges zu bewerten.

Tab. 1 Schutz des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs durch das Deckgebirge: Eigenschaften, Bewertungsgrößen und Erfüllungsfunktionen der Kriterien

Bewertungsrelevante Eigenschaft des Kriteriums [Dimension]	Bewertungsgröße des Kriteriums bzw. Indikators [Dimension]	Wertungsgruppe		
		günstig	bedingt günstig	[weniger günstig / ungünstig]
Schutz des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches (ewG) durch günstigen Aufbau des Deckgebirges	Überdeckung des ewG mit grundwasserhemmenden Gesteinen ¹⁾ , Verbreitung und Mächtigkeit grundwasserhemmender Gesteine im Deckgebirge ²⁾	mächtige vollständige Überdeckung, geschlossene Verbreitung grundwasserhemmender Gesteine im Deckgebirge	flächenhafte, aber unvollständige Überdeckung, flächenhafte Verbreitung grundwasserhemmender Gesteine im Deckgebirge	lückenhafte bzw. fehlende Überdeckung, lückenhafte Verbreitung grundwasserhemmender Gesteine im Deckgebirge
	Überdeckung des ewG mit erosionshemmenden Gesteinen ³⁾ , Verbreitung und Mächtigkeit erosionshemmender Gesteine im Deckgebirge	mächtige vollständige Überdeckung, geschlossene Verbreitung erosionshemmender Gesteine im Deckgebirge	flächenhafte, aber unvollständige Überdeckung, flächenhafte Verbreitung erosionshemmender Gesteine im Deckgebirge	lückenhafte bzw. fehlende Überdeckung, lückenhafte Verbreitung erosionshemmender Gesteine im Deckgebirge
	Keine Ausprägung struktureller Komplikationen (z. B. Störungen, Scheitelgräben, Karststrukturen) im Deckgebirge ⁴⁾	Deckgebirge mit ungestörtem Aufbau	strukturelle Komplikationen, aber ohne erkennbare hydraulische Wirksamkeit (z. B. verheilte Klüfte/Störungen)	strukturelle Komplikationen mit potentieller hydraulischer Wirksamkeit

- 1) Als grundwasserhemmend (und zugleich subrosionshemmend) werden hier vereinfachend nichtsalinare Gesteinstypen mit geringer Gebirgsdurchlässigkeit aufgefasst (Geringleiter / Nichtleiter).
- 2) Abweichend von der Definition zu Deckgebirge unter b) ist bei den Endlagersystemtypen Steinsalz in steiler Lagerung (Salzstöcke) und Steinsalz in flacher Lagerung der nichtsalinare Anteil des jeweiligen Deckgebirges gemeint.
- 3) Als besonders erosionshemmend werden hier vereinfachend massige bis dickbankige, feste Sedimentgesteinskörper bzw. massive Kristallingesteinskörper (wie als Wirtsgestein bevorzugt), beide mit weitständiger Klüftung, aufgefasst. Abnehmende Bankmächtigkeit und abnehmende Klüftabstände führen zu abnehmendem Erosionswiderstand.
- 4) Die jeweils zu prüfenden strukturellen Komplikationen sind aus den charakteristischen Eigenschaften der Endlagersystemtypen abzuleiten.