

Geschäftsstelle

Kommission
Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe
gemäß § 3 Standortauswahlgesetz

Darstellung der angewandten geowissenschaftlichen Kriterien bei den Endlagerprojekten in den Ländern Schweiz, Frankreich, Schweden, Belgien und USA

Auszug aus der Kurzstudie der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2015)

<p>Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe K-MAT 23 b</p>

Darstellung der angewandten geowissenschaftlichen Kriterien bei den Endlagerprojekten in den Ländern Schweiz, Frankreich, Schweden, Belgien und USA

Auszug aus BGR-Kurzstudie (2015)



Bundesanstalt für
Geowissenschaften
und Rohstoffe

GEOZENTRUM HANNOVER

Schweiz

Allgemeine Anforderungen für die Vorauswahl von Regionen (1978)

- geologische Stabilität
- geringe Wasserdurchlässigkeit
- günstige felsmechanische Eigenschaften
- hohe Sorptionsfähigkeit
- gute Wärmeleitfähigkeit (nur für hochaktive Abfälle)

Schweiz

Kriterien für die Auswahl des Wirtsgesteins

Ausschlusskriterien:

- Tektonische/seismische Aktivität
- Ungenügende (< 300 m) oder zu große (> 1200 m) Überdeckung

Beurteilungskriterien:

- Genügende Ausdehnung und Mächtigkeit (mindestens 100 m) des Wirtsgesteins
- Günstige geo- und hydrochemische Verhältnisse
- Geringe Durchlässigkeit des Wirtsgesteins
- Ausreichende Charakterisierung der Fließsysteme für Wasser innerhalb der Formation
- Potenzial zur Selbstabdichtung von Klüften und Störungen, z.B. durch Quellfähigkeit der Tone
- Verdünnungspotenzial in Grund- und/oder Oberflächengewässern
- Geologische Langzeitstabilität der Wirtsgesteinsformation
- Nachweisbarkeit der angenommenen Standorteigenschaften und ihrer zeitlichen Entwicklung



Bundesanstalt für
Geowissenschaften
und Rohstoffe

Schweiz

Kriterien die Auswahl von Regionen mit Opalinuston

- Tiefenlage zwischen 400 m und 1000 m
- Mächtigkeit mindestens 100 m
- Ruhige, tektonisch ungestörte Lagerung
- Keine Anzeichen für neotektonische Aktivitäten

Schweiz

Kriterien zur Standortevaluation hinsichtlich Sicherheit und technischer Machbarkeit

Kriteriengruppen / Kriterien

- 1. Eigenschaften des Wirtgesteins beziehungsweise des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches**
 - 1.1 Räumliche Ausdehnung
 - 1.2 Hydraulische Barrierenwirkung
 - 1.3 Geochemische Bedingungen
 - 1.4 Freisetzungspfade
- 2. Langzeitstabilität**
 - 2.1 Beständigkeit der Standort- und Gesteinseigenschaften
 - 2.2 Erosion
 - 2.3 Lagerbedingte Einflüsse
 - 2.4 Nutzungskonflikte
- 3. Zuverlässigkeit der geologischen Aussagen**
 - 3.1 Charakterisierbarkeit der Gesteine
 - 3.2 Explorierbarkeit der räumlichen Verhältnisse
 - 3.3 Prognostizierbarkeit der Langzeitveränderungen
- 4. Bautechnische Eignung**
 - 4.1 Felsmechanische Eigenschaften und Bedingungen
 - 4.2 Untertägige Erschliessung und Wasserhaltung



Bundesanstalt für
Geowissenschaften
und Rohstoffe

Geowissenschaftliche Auswahlkriterien in Frankreich (Zusammenfassung)	
Wesentliche Kriterien	
Hydrogeologie	Sehr geringe Permeabilität des Wirtsgesteins Kein Einfluss von Klüften u. Störungen Homogenität der hydraulischen Barriereigenschaften
	Geringer hydraulischer Gradient in den Aquiferen des Deckgebirges und des Nebengebirges
	Umfassende Kenntnis der großräumigen regionalen Hydrogeologie
Stabilität	Sicherheit gegen eiszeitliche Einflüsse, tektonische Hebungen, aktive Störungen, Erdbeben
	Neotektonik
	Schutz/Abdichtung vor eindringenden Wässern
Wichtige Kriterien	
Geochemische Eigenschaften	Eigenschaften der Barrieren Verhinderung der Freisetzung von Radionukliden Nachweis der Diffusions- u. Retentionseigenschaften
geomechanische Eigenschaften	Geotechnische Stabilität Geomechanische Eignung für Auffahrung und Errichtung von Strecken und Schächten
Thermische Eigenschaften	Berücksichtigung thermischer Effekte auf das Endlager und das Wirtsgestein
Tiefe	Tiefe zwischen 150 u. 1000 m
Natürliche Ressourcen	Ausschluss bei Nutzungskonflikten
Empfehlungen	Evtl. Verdünnung durch Vorfluter Vorfluter möglichst weit entfernt
	Möglichkeit der Teufenauswahl



Bundesanstalt für
Geowissenschaften
und Rohstoffe

Frankreich

Zusammenfassung der wirtsgesteinsspezifischen Untersuchungsschwerpunkte

Tonschiefer
Lithostratigraphie der Schieferformation
Kartierung speziell von Sandstein-/Quarzitbereichen
Kartierung der jüngeren Schichten, z. B. quartäre Überdeckung
Genese und Metamorphose
Charakterisierung der Kluft- und Störungssysteme
Geologischer und strukturgeologischer Zusammenhang
Hydrogeologische und hydraulische Charakterisierung der Kluft- und Störungssysteme

Frankreich

Zusammenfassung der wirtsgesteinsspezifischen Untersuchungsschwerpunkte

Kristallin
Geodynamische Entwicklung vom Paläozoikum bis heute inkl. Analyse der wesentlichen Entwicklungsschritte zur Einschätzung der zukünftige Entwicklung
Geologischer und strukturgeologischer Zusammenhang der Untersuchungszone
Strukturgeologische und petrologische Analyse des Granits
Strukturanalyse und Beschreibung der Störungs- und Kluftsysteme in verschiedenen Maßstäben
Einfluss von Störungen und Bewegungen auf die Hydrogeologie und das Endlager
Entwicklung der radiometrischen Strahlenbelastung durch das Endlager hinsichtlich der hydrogeologischen Verhältnisse im Wirtsgestein
Charakterisierung der hydrogeologischen Verhältnisse in unterschiedlichen Maßstäben
Detaillierte geologische Kartierung des Granitmassivs besonders der Klüfte
Zusammenhang zwischen Wirtsgestein und Nebengesteinen
Charakterisierung der hydrogeologischen Verhältnisse in Kluft- und Störungssystemen und den für Modellberechnungen notwendigen Parametern, um die die hydrogeologische Verbindung zum Grundwasserleiter/Vorfluter untersuchen zu können

Frankreich

Zusammenfassung der wirtsgesteinsspezifischen Untersuchungsschwerpunkte

Salinare Formationen
Lagerungsverhältnisse und Geometrie (Form, Internbau, Ausdehnung, Tiefe, Mächtigkeit, Kontakt zum Nebengestein)
Genese (Ablagerungsbedingungen, zeitliche Entwicklung, Aufstiegsmechanismen, Beckenentwicklung)
Stratigraphische Abfolge der evaporitischen Schichten
Lithologie u. Zusammensetzung der Evaporite (Haupt- und Nebenanteile, synsedimentäre u. diagenitische Umwandlung), Laugenvorkommen, Anteil von Karbonaten, Ton, Sulfaten u. detritischen Anteilen)
Charakterisierung der spezifischen Eigenschaften
Strukturgeologische Entwicklung und Zusammenhang mit Sockelstörungen
Hydrogeologische Charakterisierung des Wirtsgestein und der Nebengesteine sowie von vorhandenen Störungssystemen, mögliche Ablaugung

Frankreich

Zusammenfassung der wirtsgesteinsspezifischen Untersuchungsschwerpunkte

Tonstein-Formationen
Zusammensetzung und Homogenität/Heterogenität des Tonsteins (Speziell geotechnische und hydrogeologische Eigenschaften)
Vertikale (Störungen/Falten) und horizontale (Auskeilen, Fazieswechsel, Diskordanzen) Diskontinuitäten
Interpretation der Genese und Ablagerungsgeschichte
Hydrogeologische Charakterisierung
Geometrie der Aquifere und der Aquitarde
Hydrogeologische Parameter (Porosität, Permeabilität, Transmissivität) in vertikaler und horizontaler Erstreckung), ggf. Berücksichtigung lokaler Störungs- und Kluftsysteme
Geochemische Eigenschaften insbesondere Salinität
Regionale geodynamische Entwicklung unter Berücksichtigung der Seismizität und der tektonischen Strukturen

Frankreich

Allgemeine Anforderungen als Grundlage für die Auswahl der Region Meuse/Haute-Marne

- einfach gebautes geologisches Umfeld
- Vorkommen von nur wenigen Störungszonen, die sich gut seismisch detektieren lassen
- seismologische Stabilität der Region
- große Mächtigkeit (ca. 130 m) und Homogenität der Tonschicht
- sehr geringe Permeabilität
- hohes Sorptionsvermögen
- große Verbreitungsfläche des Endlagerwirtsgesteins, Vorhandensein vieler Standortalternativen

Schweden

Allgemeine geowissenschaftlich-technische Standortanforderungen (1994)

- Aufrechterhaltung langfristig stabiler thermischer, hydrologische, gebirgsmechanische, seismische und chemische Bedingungen, um die Funktion der technischen Barrieren zum Einschluss des Abfalls zu gewährleisten
- Gewährleistung eines hohen Rückhaltevermögens des Wirtsgesteins, um im Fall einer Beschädigung der technischen Barrieren den Radionuklidtransport zu verzögern
- Einhaltung eines ausreichenden Abstandes zu abbauwürdigen natürlichen Rohstoffvorkommen, um das Risiko unbeabsichtigten menschlichen Eindringens zu reduzieren
- Gebirgseigenschaften, die den Bau von Schächten, Tunneln und Felskavernen unter den gegebenen Sicherheitsanforderungen ermöglichen
- Gute Bedingungen für die Infrastruktur über- und untertage



Bundesanstalt für
Geowissenschaften
und Rohstoffe

GEOZENTRUM HANNOVER

Schweden

Ausschlusskriterien (1994, 2000)

- Für schwedische Verhältnisse abnorme Grundwasserchemie
- Stark heterogenes und schwer zu interpretierendes Gebirge
- Bekannte Deformationszonen und postglaziale Verwerfungen
- Ausgeprägte Austrittsbereiche des Grundwassers
- Potenziell explorationswürdige Gesteinsarten
- Mehrere engständige wasserführende Kluftzonen
- Hohes topographisches Gefälle (größer 1%)
- Lokalisierung regionaler und lokaler plastischer Scherzonen, die eine sinnvolle Anordnung des Endlagers unter Berücksichtigung des erforderlichen Mindestabstandes zu diesen Scherzonen ausschließen
- Ergebnisse gebirgsmechanischer Analysen, die darauf schließen lassen, dass es zu weitreichenden Stabilitätsproblemen kommen wird, die mit angemessenem Endlagerdesign nicht zu vermeiden sind

Schweden

Mindestanforderungen (2000)

- Abstand zu regionalen plastischen Scherzonen, wenn deren Eigenschaften vom umgebenden Gestein abweichen. Als Ausnahmen werden tektonische Linsen genannt, die homogene und weitgehend unbeeinflusste Eigenschaften aufweisen
- Es muss die Möglichkeit bestehen, Einlagerungsbereiche mit einem Mindestabstand zu regionalen und lokalen Großklüften zu positionieren. Die Einlagerungsnischen dürfen identifizierte kleinere Kluftzonen nicht durchqueren
- Die Festigkeit und Primärspannungen des Gebirges sowie die Geometrie der Kluftsysteme müssen derart beschaffen sein, dass keine größeren Zonen der mechanischen Überbeanspruchungen im Einlagerungsbereich entstehen
- Das im Endlagerhorizont anstehende unbeeinflusste Grundwasser darf keinen gelösten Sauerstoff enthalten, um die Korrosion der Kanister zu verhindern
- Der Gesamtsalzgehalt (Total Dissolved Solids (TDS)) des Grundwassers im Endlagerhorizont muss einen Wert von 100 g/l unterschreiten, da ein erhöhter Salzgehalt die Langzeitintegrität der Bentonitbarriere beeinträchtigen kann

Schweden

Ausschluss-/Abwägungskriterien (2000) (1)

- Formation mit großer geometrischer Ausdehnung und wenigen größeren Klüftzonen
- Häufig vorkommende Gesteinsarten, um zukünftige Nutzungskonflikte zu minimieren
- Primäre Gebirgstemperatur im Endlagerhorizont kleiner als 25°C, um Nutzungskonflikte mit geothermaler Energiegewinnung zu vermeiden
- Geringe Häufigkeit lokaler, kleiner Klüftzonen
- Geomechanische Eigenschaften (Primärspannungen, Festigkeit und Deformationseigenschaften), die im schwedischen Kristallin als „normal“ angesehen werden können
- Temperaturexpansionskoeffizient in einem für schwedische Verhältnisse üblichen Bereich (d.h. zwischen 10^{-6} und 10^{-5} K^{-1}), der im Einlagerungsbereich nicht markant variiert
- Wärmeleitfähigkeit des Wirtsgesteins höher als $2.5 \text{ W}/(\text{m K})$
- Hydraulische Konduktivität des Wirtsgesteins in großen Bereichen unter 10^{-8} m/s
- Geringe Wasserdurchlässigkeit von Klüftzonen die während des Baus passiert werden müssen (Transmissivität $< 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$)

Schweden

Ausschluss-/Abwägungskriterien (2000) (2)

- Hydraulischer Gradient unter 1% im Endlagerhorizont
- Grundwasser im Endlagerhorizont sollte einen pH-Wert zwischen 6-10, eine geringe Konzentration organischer Bestandteile, geringe Kolloid- und Ammoniumkonzentration, einem Mindestgehalt an Magnesium- und Calcium aufweisen
- Geringer Radon- und Radiumgehalt im Grundwasser und geringer Anteil uranhaltiger Minerale im Wirtsgestein
- In großen Bereichen des Einlagerungsbereiches sollten Bohrlöcher und Einlagerungsnischen mit einer Darcy Fließrate unter 0.01 m/a lokalisierbar sein
- Transportwiderstand möglicher Fließwege größer als 10^4 a/m
- Matrixdiffusivität und –porosität des Wirtsgesteins, die nicht viel geringer sind als die in der Sicherheitsanalyse SR 97 betrachteten Werte (Porosität 0.5%, Diffusivität s. OHLSSON & NERETNIEKS (1997)), zugängliche Diffusionstiefe min. 1 cm

Kriterien	IAEA Richtlinien, 1994	EC Kriterien, 1992
Geologie	<ul style="list-style-type: none"> Einfache Charakterisierung Rückhalt von Radionukliden Wenig Strukturelemente und potenzielle Fließpfade 	<ul style="list-style-type: none"> Hohe Homogenität Hohe Kontinuität Einfache Struktur
Geometrie (Ausdehnung, Tiefe, Mächtigkeit)	<ul style="list-style-type: none"> Ausreichend für das Endlager Ausreichende Entfernung zu Störungen Ausreichende Tiefe (Schutz vor Erosion und menschlichen Aktivitäten) 	<ul style="list-style-type: none"> ausreichend für Abfalltyp und -mengen effektive Isolierung ausreichende Schutztiefe (z. B. Erosion)
Stabilität	<ul style="list-style-type: none"> Geringe Wahrscheinlichkeit geodynamischer Prozesse 	<ul style="list-style-type: none"> Hoch Keine Tektonik < 10000 a Seismische Aktivität < 7 (Richterskala) Keine geothermischen Anomalien oder vulkanische Ereignisse
Hydrogeologische Eigenschaften	<ul style="list-style-type: none"> Geringe Durchlässigkeit Hohe Verdünnungskapazität im Umfeld des Wirtsgesteins 	<ul style="list-style-type: none"> Geringe Durchlässigkeit und/oder hohe Verdünnungskapazität Günstige Hydrogeochemie
Geochemische und hydrogeologische Eigenschaften	<ul style="list-style-type: none"> Verhinderung der Freisetzung von Radionukliden Rückhaltevermögen für langlebige Radionuklide 	<ul style="list-style-type: none"> Günstige Retention
Geomechanische Eigenschaften	<ul style="list-style-type: none"> Geeignet für Konstruktion, Betrieb und Verschluss eines Endlagers Langzeitstabilität 	<ul style="list-style-type: none"> Geeignet für den sicheren Betrieb Garantierter Schutz vor Wasserzutritt in den Schächten und im Endlager
Thermische Eigenschaften	<ul style="list-style-type: none"> Günstige thermische Eigenschaften 	<ul style="list-style-type: none"> Ableitung von Wärme (Behälter) ohne Beeinflussung der Wirtsgesteinseigenschaften Keine übermäßige Erhitzung des Wirtsgesteins
Natürliche Ressourcen Menschliche Aktivität	<ul style="list-style-type: none"> Schutz vor heutigen und zukünftigen menschlichen Aktivitäten, die das Endlagersystem negativ beeinflussen Effektive Verfüllung von Bohrungen und Schächten 	<ul style="list-style-type: none"> Ausreichender Abstand zu Rohstoffen
Konstruktion/Auffahrung	<ul style="list-style-type: none"> Günstige Eigenschaften zum Endlagerbetrieb unter Tage Geringe Beeinflussung durch die Auffahrung 	<ul style="list-style-type: none"> Die Auffahrung des Endlagers darf seine Funktion nicht beeinträchtigen

Belgien Richtlinien und Kriterien zur Vorauswahl (nach IAEA 1994 und EU 1992)



Bundesanstalt für
Geowissenschaften
und Rohstoffe

Belgien

Auswahlkriterien für Tongesteine (nach EU 1979, 1989)

Element	Kriterium	Abgrenzung
Gestein	Ionenadsorptionskapazität	Hoch
	Thermische Konduktivität	Hoch
	Hydraulische Konduktivität	Sehr gering
	Geomechanische Eigenschaften	Gut Hohlraumstabilität Hohe Plastizität
	Löslichkeit	Abschätzbar (Gesteinstyp)
Formation	Mächtigkeit	≥ 100 m Ausreichend für ein Endlager
	Ausdehnung	Anpassung an das Gestein
	Homogenität und Kontinuität	So groß wie möglich Geringe/keine Störungen Geringe/keine Fazieswechsel
	Tiefe	200 bis 300 m, abhängig von Erosion u. Eiszeiten
Umwelt	Grundwasserbewegung	Sehr gering, ausreichende Distanz zum Aquifer
	Absorptionskapazität des überlagernden Gesteins	Hoch
	Geothermie	Keine starken Anomalien
	Seismische Aktivität	≤ IX MSK
	Tektonik	Einfach, berechenbare Strukturen Geringe tektonische Aktivität

Belgien

Mindestanforderungen für das Wirtsgestein Boom Clay

- Geotektonische Stabilität
- Ausreichende Tiefenlage als Schutz vor Erosion oder Hebung (Teufe > 200 m)
- Ausreichende Mächtigkeit des Wirtsgesteins (> 60 m) und Distanz zu über- und unterlagernden Schichten, Störungszonen etc..
- Geeignete Lithologie
- Homogenität der Tonschicht
- Geeignete hydrogeologische Randbedingungen (kein Kontakt mit Grundwasser im Bereich des Endlagers)
- Ausreichender Raum für ein Endlager zwischen 200 m und 300 m Tiefe (Mitte Tonformation)

USA

Allgemeine Anforderungen für die Vorauswahl in Salzformationen

- Der Salzspiegel soll in einer Tiefe liegen, die nicht von übertägigen Prozessen oder Ereignissen erreicht werden. Gletscheraktivitäten und Meteoriteneinschläge werden als mögliche Ursachen für eine potenzielle Freilegung der Salzformation genannt
- Die Salzformation soll Abmessungen aufweisen, die für das Endlager und eine angemessene Schutzzone ausreichen
- Die Salzformation soll eine ausreichende Mächtigkeit aufweisen, damit ober- und unterhalb des Endlagers eine angemessene Schutzzone aus Steinsalz gewährleistet ist.

USA

Auswahlkriterien für die Standortregion „Los Medanos“ (1977)

- Ein Abstand von mindestens 3,2 km von Gas- und Ölbohrungen. Diese 3,2 km wurden später auf Grundlage von Untersuchungen zum Lösungsverhalten, die für ORNL durchgeführt wurden, auf 1,6 km reduziert
- Eine Salzformation von hoher Reinheit in einer Tiefe von mindestens 300 m und höchstens ca. 1000 m
- Keine erkennbaren mineralischen Rohstoffvorkommen
- Vermeidung von bekannten Gas- und Ölvorkommen
- Vermeidung von bekannten Kalieinschlüssen
- Eine ausreichend große Region für mögliche Deformationen des Salinars und ausreichende Entfernung zum „Capitan Reef“
- Einhaltung eines Mindestabstandes von 1,6 km zu Erosionsbereichen der Salado-Formation
- Geringe Gebiete, die sich in Privatbesitz befinden
- Vermeidung von Gebieten mit vorhandenen Abbaugenehmigungen für Kalisalze
- Vermeidung von Antiklinalstrukturen

USA

Standortkriterien (Mindestanforderungen) der DOE-Richtlinien 10 CFR 960 (1)

- **Geohydrologie:** Die gegenwärtige und zu erwartende geohydrologische Situation eines Standortes soll mit dem sicheren Einschluss und der Isolierung des Abfalls kompatibel sein
- **Geochemie:** Die gegenwärtigen und zu erwartenden geochemischen Eigenschaften eines Standortes sollen mit dem sicheren Einschluss und der Isolierung des Abfalls unter Berücksichtigung möglicher chemischer Wechselwirkungen zwischen den Radionukliden, dem Wirtsgestein und den Grundwasserverhältnissen kompatibel sein
- **Gesteinseigenschaften:** Die gegenwärtigen und zu erwartenden Eigenschaften des Einlagerungsbereichs und seiner erreichbaren Umgebung sollen geeignet sein, sich an die thermischen, mechanischen und durch Strahlung hervorgerufenen Beanspruchungen anzupassen, die bei Errichtung, Betrieb und Verschluss sowie den vorhersehbaren Wechselwirkungen zwischen den Abfällen, dem Wirtsgestein, dem Grundwasser und den technischen Barrieren erwartet werden
- **Klimaveränderungen:** Der Standort soll in einer Gegend liegen, in der die zukünftigen klimatischen Bedingungen und die Erosionsprozesse voraussichtlich zu keiner unzulässigen Radionuklidfreisetzung führen

USA

Standortkriterien (Mindestanforderungen) der DOE-Richtlinien 10 CFR 960 (2)

- **Erosion:** Der Standort soll erlauben, die Untertage-Einrichtungen in einer solchen Tiefe zu platzieren, dass Erosionsprozesse, die sich auf der Oberfläche auswirken, voraussichtlich zu keiner unerlaubten Radionuklidfreisetzung führen
- **Lösungsprozesse:** Der Standort soll in einer Gegend liegen, in der subterrane Lösungsprozesse keine unerlaubte Radionuklidfreisetzung bewirken
- **Tektonik:** Der Standort soll in einer Gegend liegen, in der zukünftige tektonische Prozesse oder Ereignisse zu keinen unerlaubten Radionuklidfreisetzungen führen können
- **Menschliche Eingriffe:** Der Standort soll in einer Gegend liegen, in der Aktivitäten am Standort oder in seiner Umgebung durch zukünftige Generationen den Einschluss und die Isolierung des Abfalls wahrscheinlich nicht beeinträchtigen
- **Ressourcen:** Der Standort soll in einer Gegend liegen, in der nach aller Wahrscheinlichkeit keine Bodenschätze (einschließlich Grundwasser für den menschlichen Verzehr oder zur landwirtschaftlichen Bewässerung) genutzt werden, so dass eine unzulässige Freisetzung von Radionukliden nicht zu erwarten ist
- **Besitz und Kontrolle:** Der Standort soll in einer Gegend liegen, für das DOE Besitz, Rechte und Zugangskontrolle erhalten kann, die für potenzielle oberirdische und unterirdische Aktivitäten erforderlich sind



Bundesanstalt für
Geowissenschaften
und Rohstoffe

USA: Ausschlusskriterien nach DOE-Richtlinien 10 CFR 960

Ausschluss des Standortes, wenn:

- **Geohydrologie:** vor Einbringung der Abfälle eine Grundwasserlaufzeit aus der Einlagerungszone bis in die erreichbare Umgebung von weniger als 1 000 Jahren zu erwarten ist, entlang aller Wege für möglichen und signifikanten Radionuklidtransport
- **Erosion:** die Standortbedingungen es nicht erlauben, alle unterirdischen Teile des Endlagers in mindestens 200 m Tiefe unterhalb der direkt darüber liegenden Erdoberfläche zu platzieren
- **Lösungsprozesse:** es wahrscheinlich ist, dass während der ersten 10.000 Jahre nach Verschluss aktive Lösungsprozesse, abgeleitet aus der geologischen Vorgeschichte, zu einem Verlust der Abfallisolierung führen würden
- **Tektonik:** basierend auf der geologischen Vorgeschichte während des Quartärs zu erwarten ist, dass Art, Dauer und Intensität von Faltungsvorgängen oder anderen Erdbewegungen im Untergrund so sind, dass wahrscheinlich ein Verlust der Abfallisolierung eintritt
- **Ressourcen:** signifikante Wege zwischen der projektierten unterirdischen Anlage und der erreichbaren Umgebung durch frühere Erkundung, Bergbautätigkeit oder Abbau zum Zwecke der kommerziellen Nutzung am Standort geschaffen wurden oder durch derzeitige oder in der Zukunft wahrscheinliche Aktivitäten ein unbeabsichtigter Verlust der Abfallisolierung erwartet werden könnte, und zwar infolge eines Abbaus von heutzutage als wertvoll geltenden natürlichen Mineralrohstoffen, die gegenwärtig außerhalb des Überwachungsbereiches gewonnen werden.



Bundesanstalt für
Geowissenschaften
und Rohstoffe