

Geschäftsstelle

Kommission
Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe
gemäß § 3 Standortauswahlgesetz

**Beratungsunterlage zu TOP 3
der 7. Sitzung
zu AkEnd**

Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe K-Drs. 67
--

7. Sitzung der Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfälle am 6.12.2014
Themenkomplex "Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd)"

Detlef Appel, PanGeo, Hannover

AkEnd-Verfahren - geowissenschaftliche Kriterien und Verfahrensablauf

- Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte - AkEnd
 - Grundlagen der Verfahrensentwicklung
 - Sicherheitstechnischer Ansatz, Verfahrensmerkmale
 - Ableitung geowissenschaftlicher Standortauswahlkriterien
 - Geowissenschaftliche Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen
 - Geowissenschaftliche Abwägungskriterien
 - Datenlage zu geowissenschaftlichen Standortauswahlkriterien
 - Sozialwissenschaftliche Kriterien
 - Verfahrensablauf
 - Sicherheitsbewertungen / Eignungskriterien
-

AkEnd-Kurzinfo

Der AkEnd war

- ein vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit eingerichtetes fachlich-wissenschaftliches Gremium zur Entwicklung eines nachvollziehbaren Verfahrens für die Suche und die Auswahl von Standorten zur Endlagerung aller Arten radioaktiver Abfälle in Deutschland
- im Rahmen der Vorhabensziele unabhängig und frei von Vorgaben und Weisungen
- hinsichtlich Personen und Institutionen so zusammengesetzt, dass ein weites Spektrum der in der Fachwelt zum Thema Endlagerung vertretenen Auffassungen repräsentiert waren
- besetzt mit Fachleuten aus den Bereichen Geowissenschaften, Sozialwissenschaften, Chemie, Physik, Mathematik, Bergbau, Deponietechnik, Ingenieurwesen und Öffentlichkeitsarbeit
- von 1999 bis 2002 aktiv

Der AkEnd hatte

- zuletzt 14 Mitglieder (bei vier personellen Wechseln)
- zwei Arbeitsgruppen (AG Kriterien / AG Öffentlichkeitsarbeit) mit Mitgliedern aus dem Arbeitskreis
- vielfältige organisatorische Unterstützung
- fachliche Unterstützung durch Forschungs- und Beratungsleistungen

Der AkEnd entschied

- im Konsens, wissenschaftlich differierende Meinungen wären dokumentiert worden

"Produkte"



(AKEND 2002a)



(AKEND 2002b)

Der im Jahr 1999 gedachte Weg zu einem Endlager

- Phase 1** **Entwicklung des Auswahlverfahrens durch AkEnd (bis Ende 2002)**
- Phase 2** **Politische und rechtliche Festlegung des Auswahlverfahrens (bis 2004, gesellschaftlicher und politischer Verhandlungsprozess)**
- Phase 3** **Durchführung des Auswahlverfahrens (bis 2010 Auswahl der Standorte für die untertägige Erkundung → Dauer >10 Jahre)**
- Phase 4** **Durchführung des Genehmigungsverfahrens (ca. 5 Jahre)**
- Phase 5** **Errichtung des Endlagers (ca. 3 - 5 Jahre)**
- Phase 6** **Betriebsbeginn bis 2030 (AkEnd: ambitioniert !)**

Rahmenbedingungen für die Verfahrensentwicklung 1

>> *Öffentlichkeitsbeteiligung*

Bei der Verfahrensentwicklung ist der Dialog mit der Öffentlichkeit zu führen. Bei der späteren Festlegung und Durchführung des Verfahrens ist die Öffentlichkeit umfassend zu beteiligen.

>> *Schutzziele und Sicherheitsprinzipien*

Es werden die in einschlägigen nationalen und internationalen Regelwerken und Richtlinien formulierten Schutzziele und Sicherheitsprinzipien zu Grunde gelegt.

>> *Menge und Eigenschaften der Abfälle*

Es werden alle in Deutschland vorhandenen und noch anfallenden radioaktiven Abfälle zu Grunde gelegt.

>> *Endlagerkonzeption*

Es wird ein robustes Mehrbarrierensystem mit dem Schwerpunkt auf den geologischen Barrieren verfolgt. Die radioaktiven Abfälle sollen in einer tiefen geologischen Formation konzentriert und isoliert werden.

>> *Isolationszeitraum*

Der Isolationszeitraum soll in der Größenordnung von einer Million Jahre liegen.

>> *Rückholbarkeit*

Die Rückholbarkeit von Abfällen aus dem Endlager wird bei der Verfahrensentwicklung nicht berücksichtigt. Dies schließt allerdings nicht aus, dass dieser Aspekt in die abschließende Standortentscheidung mit einfließt.

(AKEND 2002b)

>> *Bewertungsstrategien*

Kriterien und ihre Wichtung sowie Konsequenzen aus der Bewertung sind vor Beginn des jeweiligen Verfahrensschrittes festzulegen. Neu gewonnene Erkenntnisse können eine Änderung von Entscheidungen aus vorhergehenden Verfahrensschritten nach sich ziehen. Der Rücksprung in vorhergehende Verfahrensschritte ist dann möglich.

>> *Umgang mit Datenunsicherheiten*

Die Kenntnisse über die geologischen Verhältnisse in Deutschland sind nicht einheitlich. Diese Datenunsicherheiten sind angemessen zu verringern. Die Konsequenzen der verbleibenden Unsicherheiten auf die Entscheidungsprozesse im Auswahlverfahren sind darzustellen.

Rahmenbedingungen für die Verfahrensentwicklung 2

>> *Errichtung eines Endlagers*

Der Arbeitskreis befürwortet die Bereitstellung eines Endlagers in Deutschland bis zum Jahr 2030.

(AKEND 2002b)

Grundanforderungen des AkEnd an das Standortauswahlverfahren

- Das Endlager soll an einem **Standort mit langfristiger Sicherheit** errichtet und betrieben werden, der in dem **kriteriengesteuerten Auswahlverfahren** als **relativ bester ["bestmöglicher"] Standort** ermittelt wird.
- Das Endlagerbergwerk soll **höchste Sicherheitsanforderungen** erfüllen (**nachsorgefreie Auslegung**). Die **Rückholbarkeit von Abfällen aus dem Endlager wird bei der Standortsuche nicht berücksichtigt**, da dadurch die Funktion der auf langfristige Sicherheit zielenden geologischen und geotechnischen Barrieren beeinträchtigt werden kann.
- Eine **möglichst hohe Beteiligungsbereitschaft der regionalen Bevölkerung** wird **von Beginn** an angestrebt. Wenn nicht an mindestens zwei Standorten die Bevölkerung ihre Beteiligungsbereitschaft erklärt, legen Bundesregierung und Bundestag das weitere Vorgehen fest.
- Von Anfang an soll die **Suche nach einem Endlager mit der Regionalentwicklung eng verbunden** werden. Die Analyse der vorgeprägten regionalen Entwicklungsmöglichkeiten und die unter Einbeziehung der Öffentlichkeit zu erarbeitenden Entwicklungskonzepte für eine zukünftige "Endlagerregion" sind wichtige Bausteine bei Suche und Auswahl eines Endlagerstandortes.

Sicherheitstechnischer Ansatz

Isolationszeitraum ~1 Mio Jahre (Isolation im einschlusswirksamen Gebirgsbereich)

Endlagerkonzept

- Betonung des Sicherheitsbeitrags geologischer Barrieren gegenüber technischen Barrieren
 - "günstige geologische Gesamtsituation" (ist gegeben, wenn aufgrund der geowissenschaftlich ermittelten Standorteigenschaften mit hoher Wahrscheinlichkeit die geforderten übergeordneten Rahmenbedingungen der Endlagerung erfüllt werden können)
 - "einschlusswirksamer Gebirgsbereich" - ewG [Besorgnisgrundsatz WHG !]
- tiefe geologische Formationen, "unverritzt"
- Bergwerk
- Rückholbarkeit der Abfälle bei Standortauswahl nicht berücksichtigen !
 - aber: Sicherheitsanforderungen 2010 sehen Rückholbarkeit während Betriebszeit und Bergbarkeit im Havariefall für 500 a vor !
- Ein-Endlager-Konzept

Umgang mit Unsicherheiten (Ungewissheiten)

- beseitigen bzw. reduzieren, nur wenn nicht sinnvoll möglich: konservative Annahmen

Verfahrensmerkmale

Verfahrensziel

- "bestmöglicher" Standort (→ Abwägung / Alternativen!)

Sicherheitsgerichtet, fair / gerecht

- Sicherheit zuerst !
- Berücksichtigung von Werthaltungen und Interessen

Keine Vorfestlegungen (Wirtsgestein / geographisch ["weiße Deutschlandkarte"])

Günstige geologische Gesamtsituation

- sicherheitsbezogene Eigenschaften der Gesteinskörper
- **Konfiguration der Gesteinskörper, einschlusswirksamer Gebirgsbereich (ewG)**
- Grundwasserverhältnisse (Hydraulik, Hydrochemie)

Kriteriengesteuerter, schrittweiser Verfahrensablauf

- Einengung: Gebiete → Teilgebiete → Standortregionen → Standorte → bestmögl. Standort

Rücksprungmöglichkeit (Datenlage, Irrtumsvorbehalt)

Begriffe

>> *Endlagersystem*

Das Endlagersystem besteht aus dem Endlagerbereich und den geologischen Barrieren

>> *Geologische Barrieren*

Geologische Einheiten zwischen Einlagerungsbereich und Biosphäre, die eine Schadstoffausbreitung be- oder verhindern.

>> *Einschlusswirksamer Gebirgsbereich*

Teil der geologischen Barrieren, der bei normaler Entwicklung des Endlagers für den Isolationszeitraum – im Zusammenwirken mit technischen und geotechnischen Barrieren – den Einschluss der Abfälle sicherstellen muss.

>> *Endlagerbereich*

Gebirgsbereich eines Endlagerbergwerks, der von der geometrisch einhüllenden Fläche um das Endlagerbergwerk umschlossen wird.

>> *Einlagerungsbereich*

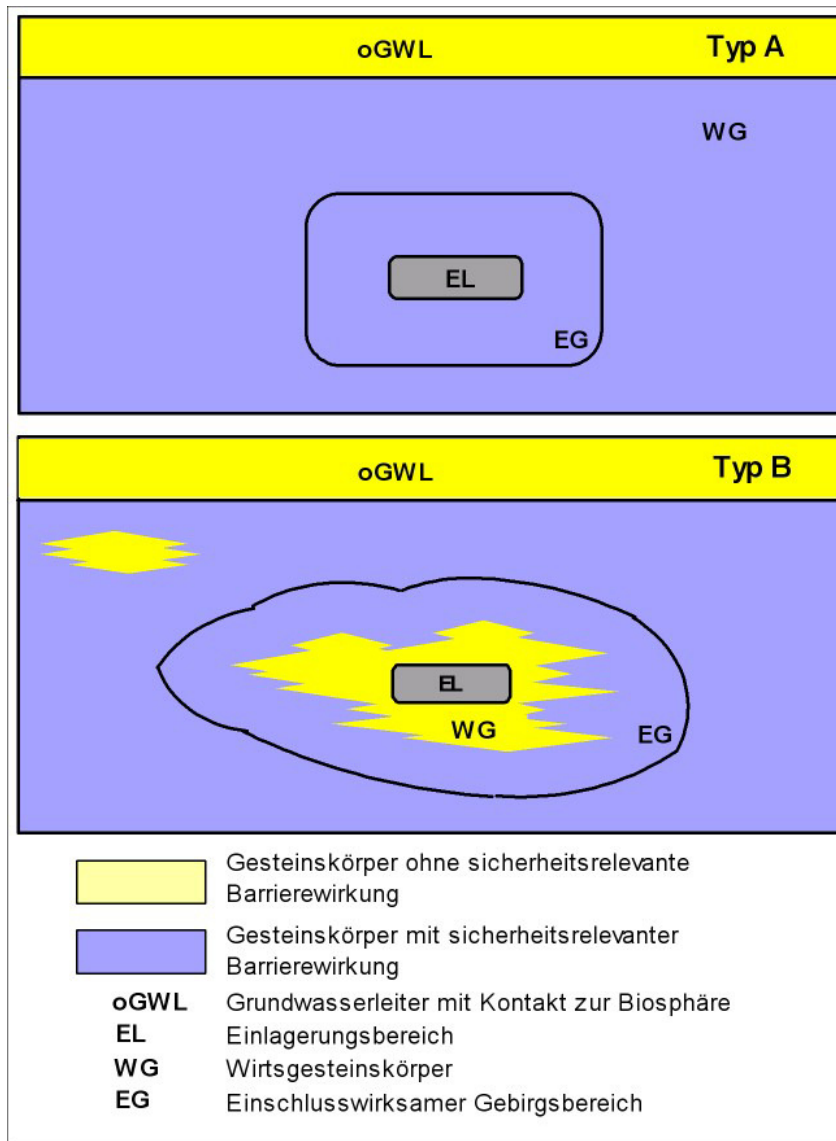
Bereich eines Endlagerbergwerks, in dem Abfälle eingelagert werden und der anschließend gegen das übrige Grubengebäude abgeschlossen wird.

>> *Wirtsgestein*

Das Gestein, in das die Abfälle eingelagert werden.

(AKEND 2002b)

Ableitung geowissenschaftlicher Standortauswahlkriterien



Konfiguration der Gesteinskörper und einschlusswirksamer Gebirgsbereich

Typ A: Einschlusswirksamer Gebirgsbereich ist **Teil des Wirtsgesteinskörpers**
(Beispiel: Tonstein)

Typ B: Einschlusswirksamer Gebirgsbereich ist **nicht Teil des Wirtsgesteinskörpers**
(Beispiel: Sandsteinlinse in Tonstein)

Der ewG muss als Teil der Anlage Endlager dafür sorgen, dass - gemäß Besorgnisgrundsatz WHG - eine schädliche Verunreinigung des Grundwassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften als Folge der Endlagerung nicht zu besorgen ist. Insbesondere dürfen schädliche Stoffe den ewG nicht bzw. in allenfalls geringfügigem Ausmaß (Menge, Konzentration) verlassen. Die Erfüllung dieser Anforderung setzt insbesondere geringe Wasserdurchlässigkeit der Gesteine des ewG voraus.

(AKEND 2002a)

Vom AkEnd vorgeschlagene Kriterien

Typisierung der Kriterien

- **prozessbezogen / zielbezogen**

Standortauswahlkriterien

Eignungskriterien (**Prüfkriterien**) → Genehmigungsfähigkeit)

- **funktional**

Ausschlusskriterien

- Ausschlusskriterien in engerem Sinne
- Mindestanforderungen
- Prüfkriterien (Eignungskriterien)

Abwägungskriterien

- **thematisch**

geowissenschaftliche Kriterien

sozialwissenschaftliche Kriterien

- planungswissenschaftliche Kriterien
- soziökonomische Kriterien

Ausschlusskriterien 1

Anwendungsziel

Ausweisung und Ausschluss von Gebieten, die **offensichtlich besonders ungünstige Voraussetzungen** aufweisen, weil das Barrierensystem eines etwaigen Endlagers in etwa 1.000 m Tiefe durch geologische und geophysikalische Vorgänge innerhalb des Isolationszeitraumes wesentlich beeinträchtigt oder in seiner Entwicklung nach Maßstäben der praktischen Vernunft nicht prognostiziert werden kann.

Vorgehen bei der Kriterienentwicklung

- Ableitung möglicher künftiger **Entwicklungen mit möglicherweise nachteiligen Auswirkungen** für die Endlagersicherheit
- Betrachtung folgender **Auswirkungen geologischer und geophysikalischer Vorgänge**:
 - Erosion der geologischen Formationen mit Freilegung des Endlagers
 - Reduzierung der geologischen Barrieren über dem ewG
 - Veränderung der Grundwasserverhältnisse
 - Schaffung von Wegsamkeiten durch Störungen und Klüfte
 - Gas-/Lösungszutritte ins Endlager
 - Magmenzutritt ins Endlager
 - Überdeckung durch Oberflächengewässer

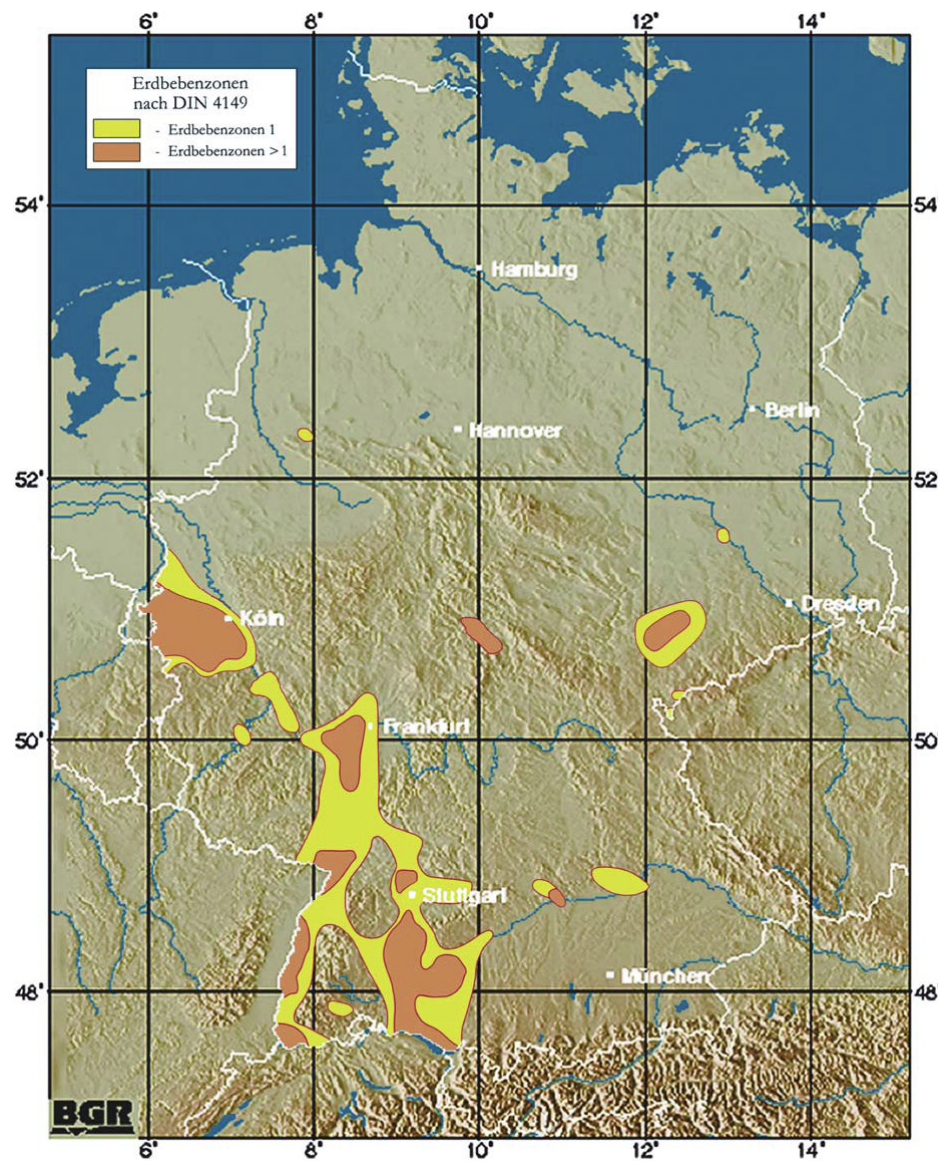
Ausschlusskriterien 2

Ausschlusskriterien

- **keine großräumigen Hebungen >1 mm** im Mittel pro Jahr im prognostizierbaren Zeitraum
- **keine aktiven Störungzonen** im Endlagerbereich (im ewG)
- **keine seismischen Aktivitäten größer als in Erdbebenzone 1** nach DIN 4149 im Endlagerbereich
- **kein quartärer oder zukünftig zu erwartender Vulkanismus** in der Endlagerregion
- **keine jungen Grundwässer im einschlusswirksamen Gebirgsbereich** (kein Tritium und / oder Kohlenstoff-14 im Grundwasser)

! Nichterfüllung eines Ausschlusskriteriums führt zum Ausschluss !

! Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen sind während des gesamten Auswahlverfahrens zu beachten !



Ausschlusskriterien 3

**Beispiel
Ausschlusskriterium
seismische Aktivität**

(AKEND 2002a)



Ausschlusskriterien 4

Beispiel Ausschlusskriterium Vulkanismus

- 1 Vogtland / Egergraben
- 2 Eifel

(AKEND 2002a)

Mindestanforderungen 1

Anwendungsziel

Identifizierung von Gebieten, in denen - gemessen an den Mindestanforderungen - die geologischen Strukturen die Anforderungen hinsichtlich Isolationsvermögen und Teufenlage erfüllen können. Diese Gebiete verbleiben im Verfahren, die anderen nicht.

Grundlage

Sicherheitliche Grundlagen und Anforderungen

Mindestanforderungen

- **Gebirgsdurchlässigkeit der Gesteinstypen des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs $<10^{-10}$ m/s** [geringe Grundwasserbewegung]
- **Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs ≥ 100 m** [ausreichende vertikale Ausdehnung des Bereichs geringer Grundwasserbewegung]
- **Tiefe der Oberfläche des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs ≥ 300 m unter GOK** [Schutz vor naturbedingten Einwirkungen von der Erdoberfläche aus]
- **Tiefe des Endlagerbergwerks ≤ 1.500 m unter GOK** [Vermeidung unangemessenen Aufwands für Bergwerksbetrieb]

Mindestanforderungen 2

Mindestanforderungen (Fortsetzung)

- **Fläche des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs** für Realisierung des Endlagers **ausreichend** (Flächenbedarf z. B. Steinsalz: ca. 3 km²; Ton(stein) / Granit 10 km²)
- Einschlusswirksamer Gebirgsbereich bzw. **Wirtsgestein nicht gebirgsschlaggefährdet** [Sicherheit bei Errichtung und Betrieb des Endlagers]
- **keine Erkenntnisse oder Daten, welche die Einhaltung der geowissenschaftlichen Mindestanforderungen** zur Gebirgsdurchlässigkeit, Mächtigkeit und Ausdehnung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs über einen Zeitraum in der Größenordnung von einer Million Jahren **zweifelhaft erscheinen lassen**

! Nichterfüllung einer Mindestanforderung führt zum Ausschluss !

! Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen sind während des gesamten Auswahlverfahrens zu beachten !

Abwägungskriterien 1

Anwendungsziel

Ausweisung von Teilgebieten mit besonders günstigen geologischen Voraussetzungen durch abwägenden Vergleich der sicherheitlichen Vor- und Nachteile

Vorgehen bei der Ableitung

Schrittweise Ableitung der Abwägungskriterien aus den sicherheitlichen Rahmenbedingungen und Anforderungen der Endlagerung sowie den gesuchten Merkmalen günstiger geologischer Gesamtsituationen durch

- A** Festlegung von **10 gewichteten allgemeinen geowissenschaftlichen Anforderungen** für "günstige geologische Gesamtsituationen"
- B** wirtsgesteinsunabhängige Formulierung von pro Anforderung 1 bis 5 (insgesamt 30)
Abwägungskriterien
- C** Ableitung **ordinaler Erfüllungsfunktionen** für die Bewertungsgrößen bzw. Indikatoren der Kriterien (soweit erforderlich wirtsgesteinsbezogen)
- D** Festlegung der Regeln für die **Aggregation der Einzelergebnisse der Kriterien-anwendung**

Abwägungskriterien 2

A Gewichtete allgemeine geowissenschaftliche Anforderungen für "günstige geologische Gesamtsituationen"

Gewichtungsgruppe 1 - Güte des Isolationsvermögens und Zuverlässigkeit des Nachweises

- **Kein oder langsamer Transport durch Grundwasser im Endlagerniveau (Beispiel für B u. C)**
- Günstige **Konfiguration** von Wirtsgestein und einschlusswirksamem Gebirgsbereich (Ausdehnung, Anordnung)
- Gute räumliche **Charakterisierbarkeit**
- Gute **Prognostizierbarkeit**

Gewichtungsgruppe 2 - Absicherung des Isolationsvermögens

- Günstige **gebirgsmechanische Voraussetzungen**
- Geringe Neigung zur Bildung von **Wasserwegsamkeiten**

Gewichtungsgruppe 3 - weitere sicherheitsrelevante Eigenschaften

- Gute **Gasverträglichkeit**
- Gute **Temperaturverträglichkeit**
- Hohes **Rückhaltevermögen** der Gesteine gegenüber Radionukliden
- Günstige **hydrochemische Verhältnisse**

Abwägungskriterien 3

B Geowissenschaftliche Abwägungskriterien zur Prüfung der Anforderung "Kein oder langsamer Transport durch Grundwasser im Endlagerniveau" aus Gewichtungsgruppe 1

- Die **Abstandsgeschwindigkeit des Grundwassers** sollte möglichst gering, d.h. **deutlich kleiner als 1 mm pro Jahr**, sein
- Der **einschlusswirksame Gebirgsbereich** sollte aus Gesteinstypen bestehen, die erfahrungsgemäß **geringe Gebirgsdurchlässigkeit** aufweisen
- Der **effektive Diffusionskoeffizient** im einschlusswirksamen Gebirgsbereich sollte möglichst gering sein ($<10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$)

Abwägungskriterien 4

C Ordinale Erfüllungsfunktionen für die geowissenschaftlichen Abwägungskriterien

Beispiel: Erfüllungsfunktionen für die Kriterien zur Anforderung "Kein oder langsamer Transport durch Grundwasser im Endlagerniveau"

Bewertungs- relevante Eigenschaft des Kriteriums	Bewertungsgröße bzw. Indikator des Kriteriums [Dimension]	Wertungsgruppe		
		günstig	bedingt günstig	weniger günstig
Grundwasser- strömung	Abstandsgeschwin- digkeit des Grundwas- sers im ewG [mm/a]	<0,1	0,1 - 1	>1
Grundwasser- angebot	Charakteristische Gebirgsdurchlässig- keit des Gesteinstyps des ewG [m/s]	<10 ⁻¹²	10 ⁻¹² - 10 ⁻¹⁰	
Diffusions- geschwindigkeit	effektiver Diffusions- koeffizient im ewG [m ² /s] Solange keine Diffusionsdaten vorliegen, werden bei Tonstein die Indikatoren Verfestigungsgrad und absolu- te Porosität verwendet.	<10 ⁻¹¹	10 ⁻¹¹ - 10 ⁻¹⁰	>10 ⁻¹⁰

(AKEND 2002a)

Abwägungskriterien 5

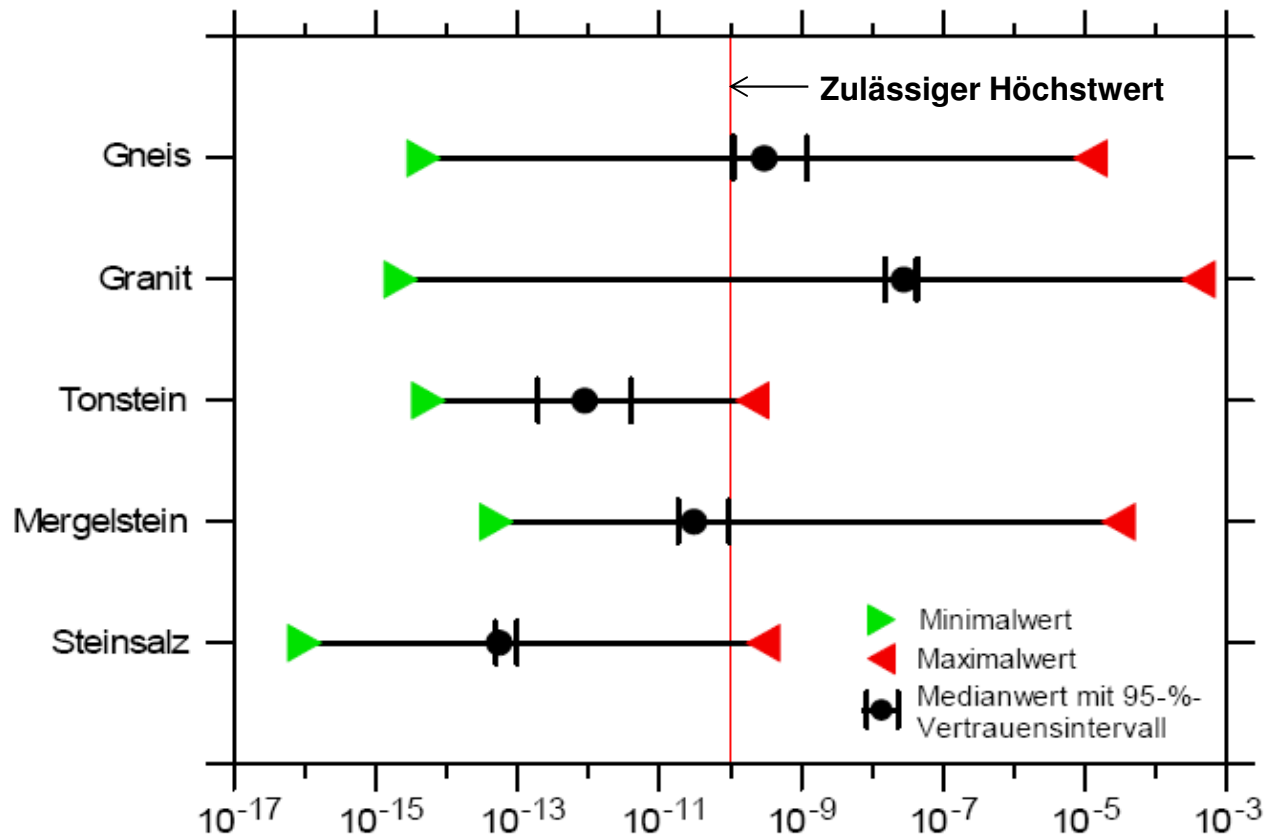
D Aggregation der Ergebnisse der Kriterienanwendung für die Auswahl von Teilgebieten

keine formalisierte Aggregation, sondern verbal-argumentative Begründung für die Auswahl der (mindestens 5) zu untersuchenden Teilgebiete:

- Teilgebiete mit besonders günstigen geologischen Voraussetzungen ("günstige geologische Gesamtsituation") müssen die Anforderungen bzw. Kriterien der Gewichtungsgruppe 1 in besonders hohem Maße erfüllen, indem sie bei den Kriterien dieser Gruppe die Wertung "günstig", allenfalls vereinzelt die Wertung "bedingt günstig" erhalten.
- In Gewichtungsgruppe 1 übereinstimmend oder ähnlich günstig beurteilte Teilgebiete unterscheiden sich gegebenenfalls darin, dass auswahlrelevante Unterschiede in der Beurteilung der Kriterien der Gewichtungsgruppe 2 auftreten.
- Bei in den Gewichtungsgruppen 1 und 2 übereinstimmend oder ähnlich günstig abschneidenden Teilgebieten führen möglicherweise die Ergebnisse der Gewichtungsgruppe 3 zu einer auswahlrelevanten Differenzierung.

Abwägungskriterien 6

Konsequenzen der Erfüllungsfunktion Grundwasserangebot



Nur Standorte mit Steinsalz oder Tonstein als potenziellem Wirtsgestein bzw. ewG lassen erwarten, dass die mindestens erforderliche Bewertung "bedingt günstig" ($\leq 10^{-10}$ m/s) oder sogar "günstig" erreicht wird!

Bandbreiten und Medianwerte der Gebirgsdurchlässigkeit (k_f -Werte [m/s]) von Gesteinstypen in der vorgesehenen Endlagertiefe von 300 m - 1.500 m unter Geländeoberfläche (AKEND 2002a)

Geowissenschaftliche Abwägungskriterien

Anforderungen und Abwägungskriterien

Tabelle 6 

Gewichtungsgruppe 1	Anforderungen	Kriterien
Güte des Isolationsvermögens und Zuverlässigkeit des Nachweises Abwägungskriterien 7 (AKEND 2002b)	1. Kein oder langsamer Transport durch Grundwasser im Endlager-niveau	- Die Abstandsgeschwindigkeit sollte möglichst gering, d. h. deutlich kleiner als 1 mm pro Jahr, sein. - Der einschlusswirksame Gebirgsbereich sollte aus Gesteinstypen bestehen, die erfahrungsgemäß geringe Gebirgsdurchlässigkeiten aufweisen. - Der effektive Diffusionskoeffizient im einschlusswirksamen Gebirgsbereich sollte möglichst gering sein (kleiner $10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$).
	2. Günstige Konfiguration von Wirtsgestein und einschlußwirksamem Gebirgsbereich	- Die barrierenwirksamen Gesteine des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs müssen über eine Mächtigkeit verfügen, die eine Isolation der Radionuklide in der Größenordnung von einer Million Jahren bewirken. - Der Endlagerbereich bzw. der Wirtsgesteinskörper sollte von den barrierenwirksamen Gesteinen des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs umschlossen sein. - Die Tiefe der Oberfläche des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereichs sollte möglichst groß sein. - Der einschlusswirksame Gebirgsbereich muss über eine räumliche Ausdehnung verfügen, die größer ist als das für das Endlager rechnerisch erforderliche Volumen. - Der spezifische hydraulische Gradient im einschlusswirksamen Gebirgsbereich sollte gering sein (kleiner 10^{-2}).
	3. Gute räumliche Charakterisierbarkeit	- Die Gesteinstypen und ihre charakteristischen Eigenschaften sollten innerhalb des einschlußwirksamen Gebirgsbereichs räumlich möglichst gleichmäßig verteilt sein. - Die geologische Einheit sollte eine möglichst geringe tektonische Überprägung aufweisen. Deren Ausmaß wird abgeleitet aus den Lagerungsverhältnissen unter Berücksichtigung von Bruch- und Falten tektonik. - Salzstrukturen sollten möglichst großräumige Verfaltungen der Schichten mit unterschiedlichen mechanischen und hydraulischen Eigenschaften aufweisen. - Günstig sind Flächen, in denen die Gesteine des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs großräumig einheitlich oder sehr ähnlich ausgebildet sind.
	4. Gute Prognostizierbarkeit	Die Merkmale „Mächtigkeit“, „Ausdehnung“ und „Gebirgsdurchlässigkeit“ des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs sollten sich seit einigen Millionen Jahren nicht wesentlich verändert haben.

7. Sitzung Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfälle, 6.12.2014 / D. Appel: AkEnd-Verfahren

Abwägungskriterien 9

Anforderungen und Abwägungskriterien			Tabelle 6	t
Gewichtungsgruppe 3	Anforderungen	Kriterien		
Weitere sicherheitsrelevante Eigenschaften (AKEND 2002b)	7. Gute Gasverträglichkeit	- Die Gasbildung der Abfälle sollte unter Endlagerbedingungen möglichst gering sein. - Der Druckaufbau durch die erwartete Gasbildung der Abfälle sollte möglichst gering sein.		
	8. Gute Temperaturverträglichkeit	- Im unmittelbar um die Einlagerungshohlräume liegenden Gestein darf es bei Temperaturen kleiner 100 °C nicht zu Mineralumwandlungen kommen, welche die Barrierewirkung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs unzulässig beeinflussen. - Die Neigung zu thermomechanisch bedingter Sekundärpermeabilität außerhalb einer konturnahen entfestigten Saumzone sollte räumlich möglichst eng begrenzt sein.		
	9. Hohes Rückhaltevermögen der Gesteine gegenüber Radionukliden	- Die Sorptionsfähigkeit der Gesteine sollte möglichst groß sein; der Kd-Wert für die Mehrzahl der langzeitrelevanten Radionuklide sollte größer oder gleich 0,001 m³/kg sein. - Die Gesteine des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs sollten möglichst hohe Gehalte an Mineralphasen mit großer reaktiver Oberfläche aufweisen.		
	10. Günstige hydrochemische Voraussetzungen	- Das tiefe Grundwasser in Wirtsgestein und im einschlusswirksamen Gebirgsbereich soll sich mit den Gesteinen im chemischen Gleichgewicht befinden. - Im Bereich des Tiefenwassers sollte ein pH-Wert von 7-8 vorliegen. - Im Bereich des Tiefenwassers sollten günstige Redoxbedingungen vorliegen. - Der Gehalt an Kolloiden im Tiefenwasser sollte möglichst gering sein. - Der Gehalt an Komplexbildnern und die Karbonatkonzentration im Tiefenwasser sollten gering sein.		



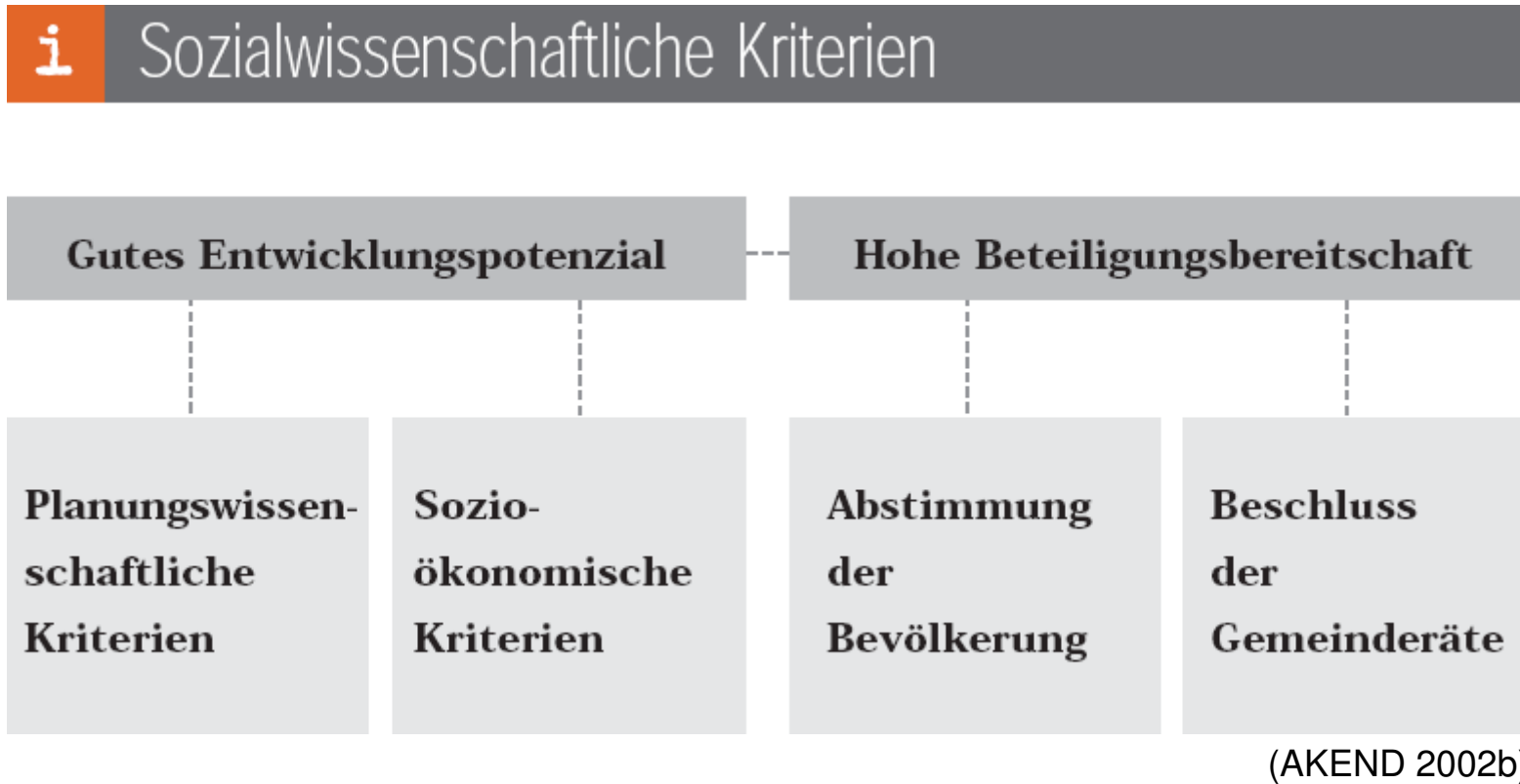
Datenlage

>> *Für die Anwendung* der fünf geowissenschaftlichen Ausschlusskriterien liegen Daten mit Ausnahme solcher zum Grundwasseralters für große Gebiete vor oder sind mit relativ geringem Aufwand erhebbar. Ausschlusskriterien bleiben im Verfahren durchgehend wirksam, d. h. Erkenntnisse auf Grund einer verbesserten Datenlage können noch im weiteren Verlauf des Verfahrens zum Ausschluss von Teilgebieten führen.

(AKEND 2002b)

>> *Für die Anwendung* der Abwägungskriterien bestehen Unterschiede in Quantität und Qualität der Daten. Im Schritt 2 verbleiben Gebiete mit Kenntnis- und Datendefiziten im Verfahren. Liegen für mindestens fünf Teilgebiete mit besonders günstigen geologischen Voraussetzungen ausreichende Informationen vor, so werden die Gebiete mit Datendefiziten im weiteren Verfahrensverlauf zurückgestellt.

>> *Im anderen Fall* muss entschieden werden, für welche Gebiete weitere Daten erhoben werden sollen, wobei Wirtschaftlichkeitsaspekte Berücksichtigung finden müssen.



s. dazu Vortrag M. Sailer

Verfahrensablauf

Verfahrensschritte 1 - 3	Vorgehen, Kriterien, Bewertungen
1. Ausweisung von Gebieten , die bestimmte Mindestanforderungen erfüllen	• Geowissenschaftliche Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen
2. Auswahl von (mindestens 5) Teilgebieten mit besonders günstigen geologischen Voraussetzungen (" günstige geologische Gesamtsituation ")	• Geowissenschaftliche Abwägung (geowissenschaftliche Abwägungskriterien)
3. Identifizierung und Auswahl von Standortregionen für die übertägige Erkundung (mindestens 3, möglichst 5) Bei Bedarf Rücksprung	• Planungswissenschaftliche Ausschlusskriterien • Sozioökonomische Potenzialanalyse • Planungswissenschaftliche Abwägungskriterien • Festlegung übertägiger Erkundungsprogramme und deren Bewertungsmaßstäbe • Beteiligungsbereitschaft für Programme zur untertägigen Erkundung • Geowissenschaftliche und bergbauliche Aspekte

Verfahrensablauf

Verfahrensschritte 4 u. 5	Vorgehen, Kriterien, Bewertungen
4 Festlegung der Standorte für die untertägige Erkundung (mindestens 2) Bei Bedarf Rücksprung	• Übertägige Erkundung • Orientierende Sicherheitsbewertung • Aufstellung von Prüfkriterien (für Ergebnisse der untertägigen Erkundung) • Beteiligungsbereitschaft für Programme zur untertägigen Erkundung
5 Standortentscheidung Bei Bedarf Rücksprung	• Untertägige Erkundung und Bewertung der Ergebnisse mittels Prüfkriterien • Sicherheitsnachweis • Vergleich der erkundeten Standorte • Orientierendes Votum zur Bereitschaft, Errichtung und Betrieb eines Endlagers zu akzeptieren
Endlagerstandort für Genehmigungsverfahren	

Sicherheitsbewertungen

Mit Ausnahme der Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen ist für die Schritte 3, 4 und 5 des Auswahlverfahrens die systematische Anwendung geowissenschaftlichen Standortauswahlkriterien nicht mehr vorgesehen. Sie werden vielmehr durch Betrachtungen ergänzt bzw. weitgehend ersetzt, die eine Verbindung zwischen den mit den Auswahlkriterien geprüften sicherheitlich relevanten geowissenschaftlichen Eigenschaften von Endlagersystemen und der im anschließenden Genehmigungsverfahren zu belegenden Sicherheit für Mensch und Umwelt bzw. Eignung herstellen. So sollen in Schritt 4 eine "Orientierende Sicherheitsbewertung" und in Schritt 5 ein "Sicherheitsnachweis" durchgeführt werden.

Mit diesen Begriffen sind vorläufige modellmäßige Beurteilungen der Standortregionen bzw. Standorte mit Blick auf die im Genehmigungsverfahren nachzuweisende atomgesetzlich geforderte Sicherheit eines Endlagers in der Art von (vorläufigen) Sicherheitsanalysen und weiteren Betrachtungen im Sinne eines Safety Case gemeint. Heute wären die dabei erzielten Ergebnisse an den in den "Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle, Stand 30. September 2010" des BMU festgelegten Anforderungen zu messen.

Sicherheitsanalysen sind wegen ihres integralen Charakters wenig transparent und insbesondere für Laien nur schwierig nachzuvollziehen. Deshalb hat der AkEnd für die Eignungsbeurteilung und den Vergleich der am Ende des Auswahlverfahrens verbleibenden Standorte einen in der Schweiz entwickelten Vorschlag adaptiert und die Aufstellung und Anwendung von **Prüfkriterien** vorgesehen.

Prüfkriterien

- werden **zusammen mit den untertägigen Erkundungsprogrammen in Schritt 4** des Auswahlverfahrens festgelegt
- werden **auf Grundlage der Ergebnisse der übertägigen Erkundung** und der darauf beruhenden orientierenden Sicherheitsbewertung festgelegt
- **dienen der Transparenz** der abschließenden Standortentscheidung und werden **in Abstimmung mit der Bevölkerung** festgelegt
- dienen in Schritt 5 zusammen mit dem geforderten Sicherheitsnachweis der **Bewertung der Ergebnisse der untertägigen Erkundung** der beiden im Verfahren verbliebenen Standorte
- beziehen sich auf **für die Langzeitsicherheit wichtige standortspezifische Sachverhalte**
- müssen sich auf **einfache und mit eindeutigem Ergebnis zuverlässig erhebbare Sachverhalte** beschränken
- haben die Funktion von **Ausschlusskriterien**