



Arbeitskreis Auswahlver-  
fahren Endlagerstandorte

# **Zwischenbericht**

**Stand: Juni 2000**

# **Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte**

## **Interner Zwischenbericht zum Stand der Arbeiten**

### **Inhalt:**

#### **Vorwort**

<b>1</b>	<b>Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte</b>	<b>1</b>
1.1	Einrichtung	1
1.2	Mandat	1
1.3	Arbeitsweise	2
<b>2</b>	<b>Auswahlverfahren</b>	<b>3</b>
2.1	Ziele und Anforderungen	3
2.2	Phasen	4
2.3	Abgrenzungen	5
<b>3</b>	<b>Entwicklung einer Verfahrensstruktur</b>	<b>7</b>
3.1	Status	7
3.2	Rahmenbedingungen und Bewertungsgrundlagen	10
<b>4</b>	<b>Entwicklung von Kriterien</b>	<b>17</b>
4.1	Grundlagen und Definitionen	17
4.2	Kriterien für ungünstige geologische Verhältnisse	19
4.2.1	Aufgabenstellung	19
4.2.2	Status	19
4.3	Wirtsgesteinsunabhängige Kriterien	26
4.3.1	Charakterisierung der günstigen geologischen Gesamtsituation	26
4.3.2	Umsetzung in quantitative Kriterien	33
4.4	Internationale Kriterienentwicklung	33
<b>5</b>	<b>Entwicklung der Öffentlichkeitsbeteiligung</b>	<b>34</b>

<b>6</b>	<b>Öffentlichkeitsarbeit des Arbeitskreises</b>	<b>35</b>
6.1	Zielsetzung	35
6.2	Information der Öffentlichkeit	36
6.3	Aufnahme von öffentlichen Beiträgen	36
6.4	Entwicklung eines Konzeptes zur Öffentlichkeitsarbeit	37
<b>7</b>	<b>Weiteres Vorgehen</b>	<b>38</b>

## **Vorwort**

Der Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte dokumentiert im vorliegenden Bericht den aktuellen Stand seiner Arbeiten.

Der Bericht wurde für die Mitglieder des Arbeitskreises und die externen Referenten in Hinblick auf die öffentliche Präsentation der Ergebnisse auf dem Workshop erstellt. Er enthält die Darstellung von Zwischenergebnissen mit vorläufigem Charakter. Die Vorläufigkeit ergibt sich daraus, dass die Arbeiten des Arbeitskreises noch nicht abgeschlossen sind und unter Einbeziehung von Anregungen aus der Öffentlichkeit, wie sie insbesondere auf dem Workshop erwartet werden, fortgeführt werden.



# **1           Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte**

## **1.1       Einrichtung**

Weltweit gibt es bis heute kein Endlager für abgebrannte Brennelemente aus Kernkraftwerken und für hochradioaktiven Abfall aus der Wiederaufarbeitung. In Deutschland wird seit 1979 der Salzstock Gorleben auf seine Eignung als Endlager für alle Arten radioaktiver Abfälle erkundet. Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) hat allerdings Zweifel an der Eignung von Gorleben. Deshalb sollen weitere Standorte in unterschiedlichen Gesteinsformationen untersucht werden.

Es stellt sich die Frage, wie man Standorte identifiziert, die für eine sichere Endlagerung geeignet sind und gleichzeitig Akzeptanz in der Öffentlichkeit finden. Aus diesem Grund hat das BMU im Februar 1999 den Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (im Folgenden: der Arbeitskreis) eingerichtet. Die Empfehlungen des Arbeitskreises dienen der Unterstützung des Bundes im Rahmen der Wahrnehmung seiner Aufgaben nach § 9 a Abs. 3 Atomgesetz.

## **1.2       Mandat**

Der Arbeitskreis hat das Mandat, ein nachvollziehbares Verfahren für die Auswahl von Standorten zur Endlagerung radioaktiver Abfälle in Deutschland zu entwickeln. Das Verfahren soll die Beteiligung der Öffentlichkeit in geeigneter Form vorsehen und fundierte Kriterien beinhalten. Die Entwicklung soll auf wissenschaftlicher Basis sachorientiert, unvoreingenommen und ohne Ausschluss relevanter Aspekte erfolgen. Dabei sollen die Vorgehensweisen und Erfahrungen in anderen Ländern berücksichtigt werden. Der Arbeitskreis soll seine Empfehlungen schon während ihrer Entwicklung mit der nationalen und internationalen Fachwelt und mit der interessierten Öffentlichkeit erörtern.

Es ist nicht die Aufgabe des Arbeitskreises, das Auswahlverfahren durchzuführen, das Verfahren bzw. die Kriterien auf die Auswahl oder Eignungsbeurteilung von

Gorleben oder Konrad anzuwenden oder andere Standorte auszuwählen oder zu bewerten.

### **1.3            Arbeitsweise**

Der Arbeitskreis ist ein fachlich-wissenschaftliches Gremium, das im Rahmen der gesteckten Ziele unabhängig und frei von Vorgaben und Weisungen arbeitet. Das BMU hat bei der Berufung in den Arbeitskreis auf Ausgewogenheit hinsichtlich Personen und Institutionen geachtet, damit im Arbeitskreis ein weites Spektrum der in der Fachwelt zum Thema Endlagerung vertretenen Auffassungen repräsentiert ist. Mitglieder des Arbeitskreises sind Fachleute aus den Bereichen Geowissenschaften, Chemie, Physik, Mathematik, Bergbau, Deponietechnik, Ingenieurwesen und Öffentlichkeitsarbeit, die ausweislich ihrer bisherigen Arbeiten über einschlägige Kenntnisse auf dem Gebiet der Endlagerung radioaktiver Abfälle verfügen. Die Empfehlungen des Arbeitskreises werden nicht auf Mehrheitsentscheidungen basieren; wissenschaftlich differierende Meinungen werden nicht überstimmt, sondern dokumentiert.

Entsprechend den Schwerpunkten seiner Arbeit hat der Arbeitskreis zwei Arbeitsgruppen gebildet, die Arbeitsgruppe Kriterienentwicklung und die Arbeitsgruppe Öffentlichkeit. Diese bestehen aus jeweils fünf Mitgliedern, die der Arbeitskreis aus seinen Reihen nominiert hat. Den übrigen Mitgliedern des Arbeitskreises steht die Teilnahme von Fall zu Fall offen.

Darüber hinaus wird der Arbeitskreis durch externe Forschungs- und Beratungsleistungen unterstützt.

Der Arbeitskreis sucht von Anfang an den intensiven Austausch mit der interessierten Öffentlichkeit, um alle relevanten Aspekte zu berücksichtigen und zugleich die Transparenz seiner Arbeiten sicherzustellen.

Der Abschluss der Arbeiten wird derzeit für das Jahr 2002 geplant.



## **2            Auswahlverfahren**

### **2.1           Ziele und Anforderungen**

Ziel des zu entwickelnden Auswahlverfahrens ist es, unter Beteiligung der Öffentlichkeit in nachvollziehbarer und verlässlicher Weise mögliche Endlagerstandorte zu finden. Anhand vorher festzulegender Kriterien sollen Schritt für Schritt diejenigen Gebiete, Standortregionen und schließlich Standorte ermittelt werden, die besonders günstige Voraussetzungen für den späteren Eignungsnachweis und seine Bestätigung in einem Genehmigungsverfahren bieten.

Die wesentlichen Anforderungen an das zu entwickelnde Auswahlverfahren ergeben sich aus dem Mandat des Arbeitskreises (vgl. Kap. 1.2): auf wissenschaftlicher Basis sind eine Verfahrensstruktur (vgl. Kap. 3), Kriterien (vgl. Kap. 4) sowie eine geeignete Form der Öffentlichkeitsbeteiligung für die Durchführung des Verfahrens (vgl. Kap.5) zu erarbeiten.

Die Verfahrensstruktur muss klar gegliedert und transparent gestaltet sein, so dass auch Außenstehende Gang und Sachgerechtigkeit des Verfahrens verfolgen sowie die Entscheidungen nachvollziehen können. Die Verfahrensgrundlagen müssen zu Beginn des Verfahrens festgelegt werden, um sachfremden oder willkürlichen Änderungen in der Vorgehensweise vorzubeugen. Ein schrittweises und iteratives - d.h. den Rücksprung zu vorhergehenden Verfahrensschritten ermöglichendes - Vorgehen soll neben der Erhöhung der Transparenz die notwendige Flexibilität im Umgang mit Untersuchungsbefunden gewährleisten. Die Entscheidungen beim Übergang von einem zum nächsten Verfahrensschritt sind zu begründen und müssen transparent gemacht werden. Das Verfahren muss Neubewertungen von Entscheidungen vorhergehender Verfahrensschritte aufgrund neu gewonnener Erkenntnisse erlauben.

Es müssen Kriterien zur Bewertung von Standortbefunden und als Grundlage für Entscheidungen in den einzelnen Verfahrensschritten formuliert werden. Mit zunehmendem Verfahrensfortgang können weiterführende Anforderungen und Kriterien sowie Festlegungen hinsichtlich ihrer Wichtung notwendig werden. Die Festlegungen sind vor Beginn des jeweiligen Verfahrensschrittes vorzunehmen. Dies bedeutet, dass jeweils angemessen spezifische Kriterien zur Beurteilung der Standortgegebenheiten

entwickelt und der erforderliche Kenntnisstand definiert werden müssen, um zu der im Verfahrensschritt angestrebten Entscheidung zu gelangen. Angemessen heißt, dass die Kriterien einerseits hinreichend konkret sein müssen, um glaubwürdige Auswahlentscheidungen begründen zu können, andererseits müssen die Kriterien auch einen Ermessensspielraum eröffnen, damit nicht ein bei näherer Prüfung geeigneter Standort vorschnell wegen Nichterfüllung eines Kriteriums aufgegeben werden muss. Im Verfahren muss dargelegt werden, auf welcher Datenbasis die verschiedenen Verfahrensschritte abgearbeitet werden sollen.

Es müssen sowohl für Mindestanforderungen an jeden Standort als auch für den Vergleich mehrerer Standorte Kriterien entwickelt werden.

Die Auswahl geeigneter Standorte für die Endlagerung bedarf nicht nur einer fachlich fundierten Planungsgrundlage. Sie soll auch in einem transparenten Prozess erfolgen, in den die Öffentlichkeit von Anfang an einbezogen wird. Im Verlauf des Verfahrens sollen Interessen und Vorschläge von Betroffenen aufgegriffen und Glaubwürdigkeit und Vertrauen aufgebaut werden.

## **2.2 Phasen**

Der Arbeitskreis ist der Auffassung, dass Akzeptanz für spätere Entscheidungen über Endlagerstandorte nur erreicht werden kann, wenn die Öffentlichkeit von Anfang an in geeigneter Form beteiligt wird. Es entspricht auch dem Mandat des Arbeitskreises (vgl. Kap. 1.2), die Öffentlichkeitsbeteiligung nicht erst als Bestandteil der späteren Durchführung des Auswahlverfahrens, sondern bereits jetzt während seiner Entwicklung vorzusehen. Zur Verdeutlichung wird der Prozess von der Verfahrensentwicklung bis zur konkreten Verfahrensdurchführung in drei Phasen unterteilt. In jeder Phase ist die Öffentlichkeit mit unterschiedlicher Intensität zu beteiligen.

- Phase I: Verfahrensentwicklung (Mandat des Arbeitskreises)

In dieser Phase, die derzeit durchlaufen wird, entwickelt der Arbeitskreis ein Auswahlverfahren für die Standortsuche. Die interessierte Öffentlichkeit wird über Internet ([www.akend.de](http://www.akend.de)) informiert und an der Diskussion beteiligt. Der Diskurs mit der Fachöffentlichkeit wird in Gesprächen, Vorträgen und Publikationen geführt. In jährlichen Workshops, erstmalig im Sep-



tember 2000, tritt der Arbeitskreis an eine breite Öffentlichkeit. Eine Mitbestimmung der Öffentlichkeit ist in dieser Phase verfrüht, da hier keine Festlegungen getroffen werden.

- Phase II: Verfahrensfestlegung

Ziel dieser Phase ist die politische / rechtliche Verankerung des Auswahlverfahrens. In dieser Phase werden die vom Arbeitskreis entwickelten Kriterien und Verfahrensvorschläge in der Fachöffentlichkeit und mit den Akteuren des weiteren Prozesses der Standortsuche (u.a. Umweltorganisationen, Energiewirtschaft, Behörden und Politik) in einem Rahmen erörtert, der strengen Kriterien fachlicher, gesellschaftlicher und politischer Repräsentativität und Legitimität genügt.

- Phase III: Verfahrensdurchführung

In dieser Phase wird das Auswahlverfahren unter repräsentativer Beteiligung der gesellschaftlichen und politischen Kräfte durchgeführt.

Im einzelnen werden die öffentlichkeitsgerichteten Aktivitäten des Arbeitskreises in Phase I in Kapitel 6 erläutert. Die geeigneten Formen der Öffentlichkeitsbeteiligung für die Phasen II und III sind noch zu entwickeln (vgl. Kap. 5).

## **2.3 Abgrenzungen**

Der Entscheidungsprozess bis zur Errichtung eines Endlagers gliedert sich in die Phasen

- Standortauswahl
- Eignungsaussage zu Standort und Endlagerdesign und
- Genehmigung in einem Planfeststellungsverfahren.

Es wäre ein Auswahlverfahren denkbar, das von der Ausweisung günstiger Standortregionen bis hin zur Eignungsaussage für einen konkreten Standort alle Verfahrensschritte erfasst. Die Festlegung eines solchen Auswahlverfahrens vor seiner Durchführung stößt aber an Grenzen, weil spätestens für die Eignungsaussage zu



Standort und Endlagerdesign Erkenntnisse aus einer Standortcharakterisierung durch Übertage- und Untertage-Erkundung benötigt werden. Somit stellt sich die Alternative, entweder das Auswahlverfahren zumindest teilweise gleichzeitig mit seiner Durchführung zu entwickeln oder im Auswahlverfahren auf eine abschließende Eignungsaussage für konkrete Standorte zu verzichten. Der Arbeitskreis hat sich zunächst für die zweite Alternative mit folgendem Verständnis entschieden:

1. Das Auswahlverfahren führt schrittweise zu Standortvorschlägen mit besonders günstigen Voraussetzungen für das Gelingen des späteren Eignungsnachweises. Es bietet folglich zwar gute Aussicht, aber letztlich keine Gewähr dafür, dass für einen der ausgewählten Standorte der Eignungsnachweis erfolgreich geführt werden kann.
2. Das Ausscheiden von Gebieten anhand von Kriterien bei der Verfahrensdurchführung muss nicht bedeuten, dass diese Gebiete ungeeignet sind. Es kann auch bedeuten, dass diese Gebiete nur zunächst im weiteren Auswahlverfahren nicht betrachtet werden, aber im Bedarfsfall später wieder in die Betrachtung einbezogen werden. Es muss daher jeweils deutlich gemacht werden, aus welchem Grund Gebiete (zunächst) nicht weiter betrachtet werden.
3. Die Verfahrensstruktur muss und kann vor diesem Hintergrund die Möglichkeit des Rücksprungs in vorhergehende Verfahrensschritte vorsehen.
4. Das Auswahlverfahren erhebt nicht den Anspruch, alle günstigen Gebiete zu erfassen.

### 3 Entwicklung einer Verfahrensstruktur

#### 3.1 Status

Die Entwicklung einer Verfahrensstruktur dient der Gliederung des Auswahlverfahrens in Schritte, um die Transparenz und Nachvollziehbarkeit zu erhöhen. Der derzeitige Überlegungsstand ist in Abb. 3-1 wiedergegeben, in der zugleich die zu dem jeweiligen Verfahrensschritt maßgeblichen Kriterien dargestellt sind.

In einem ersten Verfahrensschritt sind Rahmenbedingungen und Bewertungsgrundlagen für den weiteren Verfahrensablauf festzulegen (Abb. 3-1, Box 1). Hierzu gehören beispielsweise Schutzziele, Isolationszeitraum, und Endlagerkonzeption. Eine tabellarische Zusammenstellung sowie weitere Erläuterungen finden sich in Kapitel 3.2 und dort in Tab. 3-1.

Bei seinen Überlegungen zur Entwicklung der weiteren Verfahrensstruktur ist der Arbeitskreis frühzeitig auf die zentrale Frage gestoßen, zu welchem Zeitpunkt in dem Auswahlverfahren eine Entscheidung über die Wirtsgesteine zu treffen ist. In vielen anderen Ländern findet vor Durchführung des Auswahlverfahrens eine Vorfestlegung auf ein oder mehrere Wirtsgesteine statt. Nach Ansicht des Arbeitskreises können alle derzeit national und international näher untersuchten Wirtsgesteine grundsätzlich für die Aufnahme eines Endlagerbergwerkes geeignet sein.

Der Arbeitskreis ist aber der Auffassung, dass es im Hinblick auf einen geeigneten Endlagerstandort nicht allein auf die Wirtsgesteine, sondern auf eine **günstige geologische Gesamtsituation** ankommt, die eine möglichst langfristige Isolation der Abfälle von den Schutzgütern sicherstellt und auch für die Zeit danach Grund zu der Annahme gibt, dass es zu keinen unzulässigen Freisetzungen kommt.

Der Arbeitskreis verfolgt deshalb die Entwicklung eines Auswahlverfahrens, das zunächst ohne eine Vorfestlegung auf Wirtsgesteine auskommt und auf die Identifizierung günstiger geologischer Gesamtsituationen für die Endlagerung radioaktiver Abfälle abstellt.

Es wird also eine Verfahrensstruktur entwickelt, welche - ausgehend vom gesamten Gebiet der Bundesrepublik Deutschland - schrittweise zum Auffinden von Gebieten mit günstigen geologischen Gesamtsituationen und im weiteren Verfahrensfortschritt zur Ausweisung potenziell geeigneter Standortregionen führt. Es sollen zunächst Gebiete mit offensichtlich bzw. augenscheinlich ungünstigen geologischen Verhältnissen identifiziert werden, die vorerst nicht weiter betrachtet werden (Abb. 3-1, Box 2). In der verbleibenden Fläche werden Gebiete mit günstigen Bedingungen ausgewiesen (Abb. 3-1, Box 3). Im weiteren Verlauf des Verfahrens wird mittels Kriterien eine Einengung von Gebieten auf Standortregionen und schließlich auf Standorte vorgenommen. Eine vergleichende Bewertung führt letztlich zu den favorisierten Standorten, die einer Standorteignungsuntersuchung zugeführt werden können.

Zur Identifizierung von Gebieten mit günstiger geologischer Gesamtsituation innerhalb Deutschlands sowie zu deren Einengung auf potenziell geeignete Standorte müssen für die einzelnen Verfahrensschritte geeignete Kriterien entwickelt werden. Hierzu hat der Arbeitskreis Festlegungen hinsichtlich einiger der Rahmenbedingungen in Box 1 vorgenommen (vergl. Tab 3-1, Spalte 2). Der Arbeitskreis hat sich außerdem intensiv mit der Bestimmung der Anforderungen beschäftigt, die eine günstige geologische Gesamtsituation charakterisieren (siehe Kap. 4.3 und insbesondere Tab. 4-1).

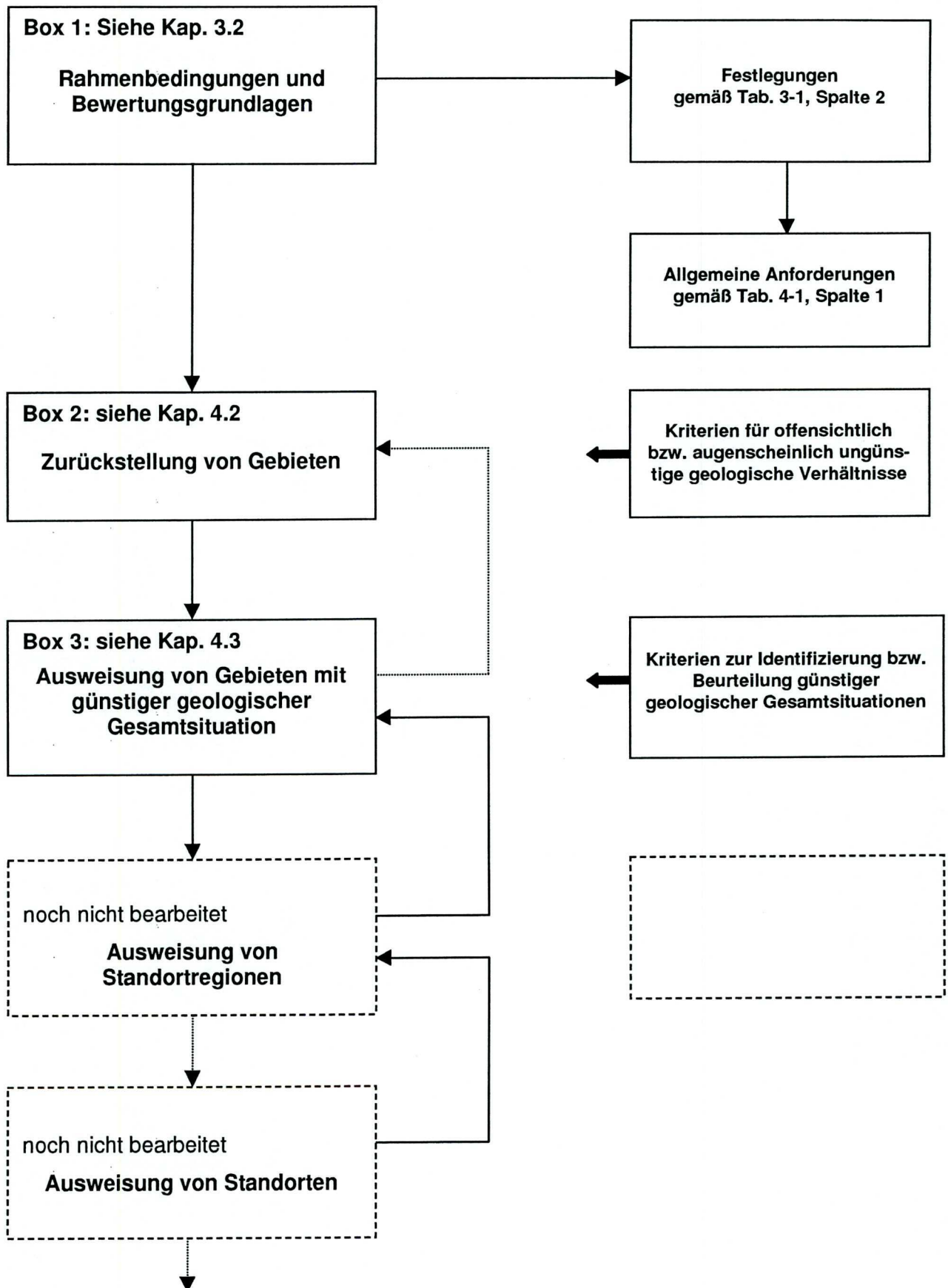
Der Stand der Verfahrensstruktur in Abb. 3-1 gründet bislang auf geowissenschaftlichen Argumenten. Nicht geowissenschaftliche Aspekte (z.B. Naturschutzgebiete) wurden bislang nicht betrachtet. Die vorgesehene Einbindung der Öffentlichkeitsbeteiligung in die Verfahrensstruktur ist ebenfalls noch nicht enthalten (vgl. Kap. 5.5).



**Abb. 3-1: Verfahrensstruktur**

**Verfahrensschritte:**

**Kriterien:**



### **3.2        Rahmenbedingungen und Bewertungsgrundlagen**

In einem ersten übergeordneten Verfahrensschritt "Rahmenbedingungen und Bewertungsgrundlagen" wird die Basis für das Standortauswahlverfahren festgelegt. Dieser Verfahrensschritt umfasst die Aspekte Schutzziele und Sicherheitsprinzipien, Menge und Zusammensetzung der Abfälle, erforderlicher Isolationszeitraum, Endlagerkonzeption, Bewertungsstrategien und Umgang mit Unsicherheiten. Die zugehörigen Anforderungen sind in Spalte 1 der Tab. 3-1 aufgeführt.

Die Festlegung, wie die Anforderungen in Spalte 1 der Tabelle 3-1 erfüllt werden sollen, ist der erste Schritt bei der Durchführung des Auswahlverfahrens und somit grundsätzlich nicht Aufgabe des Arbeitskreises. Zur sinnvollen Erfüllung seines Auftrages kann der Arbeitskreis jedoch auf einige Festlegungen hinsichtlich der Anforderungen in Box 1 nicht verzichten; denn beispielsweise müssen u.U. ganz andere Kriterien entwickelt werden, wenn die Endlagerung nicht in tiefen geologischen Formationen in einem Bergwerk erfolgen soll. Die insoweit notwendigen Festlegungen des Arbeitskreises sind in Spalte 2 der Tabelle 3-1 aufgeführt.

In Spalte 3 der Tabelle 3-1 sind schließlich Anmerkungen aufgeführt, die erläutern, aber keinen bindenden Charakter haben.



### Tab 3-1: Rahmenbedingungen und Bewertungsgrundlagen

Anforderung	Festlegung des Arbeitskreises	Anmerkungen
<p><b>1. Schutzziele und Sicherheitsprinzipien</b></p> <p>Schutzziele und Sicherheitsprinzipien müssen vorgegeben werden.</p>	<p>Den Standortkriterien und der Standortauswahl werden die in den einschlägigen nationalen Regelwerken und Richtlinien formulierten Schutzziele zu Grunde gelegt. Darüber hinaus werden die international anerkannten Sicherheitsprinzipien beachtet.</p> <p>Für das Verfahren und die Kriterien sind dies insbesondere:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Langzeitiger Schutz von Mensch und Umwelt auch außerhalb der nationalen Grenzen</li> <li>• Risiken zukünftiger Generationen sollen nicht größer sein als die heute akzeptierten. Vermeidung unzumutbarer Lasten für zukünftige Generationen.</li> <li>• Auch langfristig keine Beeinträchtigung von Schutzgütern</li> </ul>	<p>Regeln und Richtlinien national: z.B. AtG, StrlSchV, WHG, BBergG, BNatSchG, UVP</p> <p>international: EU: Joint Convention 1997 IAEA: Safety Fundamentals, Waste Convention ICRP: (46, 60, 77, 82)</p> <p>Beachtung: Schutzgüter</p>
<p><b>2. Menge und Eigenschaften der Abfälle</b></p> <p>Die Menge und wichtigen Merkmale der Abfälle, für die ein Standort gesucht wird, müssen festgelegt werden.</p>	<p>Berücksichtigung aller Abfallarten und -mengen</p>	<p>Wichtige Merkmale: Abfallmengen, Inhaltstoffe: Aktivitätsinventar, Spaltstoffanteil, Toxizität Weitere Abfalldaten: Wärmeentwicklung, Flüssig-Gas-Feststoffanteile</p>

**Tab 3-1: Rahmenbedingungen und Bewertungsgrundlagen (Fortsetzung)**

Anforderung	Festlegung des Arbeitskreises	Anmerkungen
<p>Es müssen Anforderungen an Abfälle festgelegt werden.</p> <p><b>3. Isolationszeitraum</b></p> <p>Es müssen Festlegungen zum Isolationszeitraum getroffen werden. Dabei sind sowohl das Abfallspektrum als auch die geologischen Zeiträume, für die nach wissenschaftlichen Erkenntnissen noch praktisch vernünftige Prognosen getroffen werden können, zu beachten.</p>	<p>Erfüllung der Grundanforderungen</p> <p>Der Isolationszeitraum ist der Zeitraum, in dem die Schadstoffe im einschlusswirksamen Gebirgsbereich verbleiben. Er soll in der Größenordnung von einer Million Jahre liegen.</p>	<p>Grundanforderungen: nur feste Abfälle, die nicht faul- und gärfähig sind, keine Gase enthalten, keine selbstentzündlichen oder explosiblen Stoffe, Begrenzung spaltbaren Materials aus Kritikalitätsgründen</p> <p>Zur Definition des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs s. Kapitel 4.1</p> <p>Die Festlegung des Arbeitskreises für den Isolationszeitraum orientiert sich an den geologischen Zeiträumen, für die nach wissenschaftlichen Erkenntnissen noch praktisch vernünftige Prognosen für die Standortentwicklung des tiefen Untergrundes getroffen werden können.</p>



**Tab 3-1: Rahmenbedingungen und Bewertungsgrundlagen (Fortsetzung)**

Anforderung	Festlegung des Arbeitskreises	Anmerkungen
<p><b>4. Endlagerkonzeption</b></p> <p>Die Basis für die Endlagerkonzeption muss festgelegt werden, z.B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• welches Entsorgungsprinzip verfolgt werden soll, z.B. das Prinzip des "Konzentrierens und Isolierens" oder des "Verdünnens und Verteilens"</li> <li>• in welcher Teufe die Endlagerung erfolgen soll, z.B. oberflächennah oder in tiefen geologischen Formationen</li> <li>• welcher technische Standard zugrunde zu legen ist</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Prinzip des "Konzentrierens und Isolierens" wird den weiteren Untersuchungen zugrunde gelegt.</li> <li>• Es wird die Endlagerung in tiefen geologischen Formationen verfolgt. Das Endlagerniveau soll in mindestens einigen hundert Metern Teufe liegen.</li> <li>• Das Endlager soll als Bergwerk errichtet werden. Das Endlagerbergwerk soll nach dem Stand der Technik errichtet und betrieben werden, dabei sind auch wirtschaftliche Aspekte zu berücksichtigen.</li> </ul>	<p>z.B. Bergwerk, Tiefbohrung, Kavernen</p> <p>ein Endlager für alle Abfälle</p>

**Tab 3-1: Rahmenbedingungen und Bewertungsgrundlagen (Fortsetzung)**

Anforderung	Festlegung des Arbeitskreises	Anmerkungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• welche Sicherheitsprinzipien das Barrierensystem erfüllen soll</li> <li>• ob mögliche Auswirkungen durch unbeabsichtigte menschliche Eingriffe in das Barrierensystem bei der Standortauswahl berücksichtigt werden sollen</li> <li>• inwieweit zukünftige Entwicklungen Berücksichtigung finden sollen, z.B. <ul style="list-style-type: none"> <li>— Rückholbarkeit,</li> <li>— Langzeitlagerung,</li> <li>— Veränderung des Abfallspektrums durch Transmutation.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konzeptionell wird ein robustes Mehrbarrierensystem in einer günstigen geologischen Gesamtsituation, welche die Bedeutung der geologischen, geotechnischen und technischen Barrieren innerhalb des Mehrbarrierensystems bestimmt, verfolgt.</li> </ul>	<p><b>robust:</b> Standort und Auslegung: hoher Wissensstand über das Mehrfachbarrierensystem, möglichst einfache Systeme, wenig komplex, gut bekannte Prozesse, beschreibbare Systeme und Prozesse, möglichst insensitive gegen partielles Versagen von Barrieren und gegen Unsicherheiten</p>



**Tab 3-1: Rahmenbedingungen und Bewertungsgrundlagen (Fortsetzung)**

Anforderung	Festlegung des Arbeitskreises	Anmerkungen
<p><b>5. Bewertungsstrategien</b></p> <p>Vor Durchführung der einzelnen Verfahrensschritte sind Strategien für die Bewertung von Befunden festzulegen.</p>	<p>Das Auswahlverfahren erstreckt sich als iterativer Prozess über mehrere Verfahrensschritte. Die Entscheidungsprozesse für einen Verfahrensfortschritt sind zu begründen und müssen transparent gemacht werden. Mit zunehmendem Verfahrensfortschritt müssen für jeden Verfahrensschritt weiterführende Anforderungen, Kriterien und ihre Wichtung hinsichtlich einer Bewertung formuliert werden. Sie sind vor Beginn des jeweiligen Verfahrensschrittes festzulegen. Konsequenzen für den Verfahrensfortgang, die aus der Bewertung von Untersuchungsbefunden resultieren können, sind vor jedem Verfahrensschritt festzulegen. Mit zunehmendem Verfahrensfortgang sind verstärkt Sicherheitsanalysen heranzuziehen.</p>	<p>Einbeziehung von Sicherheitsindikatoren</p>
<p><b>6. Umgang mit Unsicherheiten</b></p> <p>Für das Standortauswahlverfahren sind innerhalb der einzelnen Verfahrensschritte Quellen von Unsicherheiten zu identifizieren und der Umgang mit ihnen festzulegen, z.B.:</p>	<p>Die Entscheidungsprozesse müssen die in jedem Verfahrensschritt auftretenden spezifischen Unsicherheiten berücksichtigen.</p>	



**Tab 3-1: Rahmenbedingungen und Bewertungsgrundlagen (Fortsetzung)**

Anforderung	Festlegung des Arbeitskreises	Anmerkungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ob und wie Erkenntnisse aus dem Umgang mit Unsicherheiten im Verfahren berücksichtigt werden</li> <li>• ob Anforderungen hinsichtlich der Reduzierung von Unsicherheiten gestellt werden</li> <li>• ob Erkenntnisse aus der Berücksichtigung von Unsicherheiten Neubeurteilungen von getroffenen Entscheidungen nach sich ziehen</li> </ul>	<p>Unsicherheiten für die Standortauswahl ergeben sich:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• aus einem lückenhaften Kenntnisstand über die jetzigen geologischen Verhältnisse und die charakteristischen Standortmerkmale,</li> <li>• aus einer lückenhaften Kenntnis über die Sicherheitsrelevanz von Standortgegebenheiten,</li> <li>• aus der eingeschränkten Prognostizierbarkeit der Standortentwicklung angesichts der langen zu betrachtenden Zeiträume</li> </ul> <p>und für eine vergleichende Standortbewertung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• aus der unterschiedlichen Qualität der jeweiligen Standortdaten.</li> </ul> <p>Dem jeweiligen Verfahrensschritt entsprechend müssen die Unsicherheiten angemessen verringert werden.</p> <p>Neu gewonnene Erkenntnisse können eine Änderung von Entscheidungen aus vorhergehenden Verfahrensschritten nach sich ziehen. Mittels iterativer Vorgehensweise ist diese Neubewertung vorzunehmen.</p>	<p>Begrenztheit von Untersuchungsmethoden/ -umfang.</p> <p>Wie muss die vergleichende Standortbewertung bei unterschiedlichem Kenntnisstand und unterschiedlicher Qualität der Standortdaten oder bei unterschiedlichen Gesteinen durchgeführt werden?</p>

## 4 Entwicklung von Kriterien

### 4.1 Grundlagen und Definitionen

Der Arbeitskreis geht zur Identifizierung von Gebieten mit günstigen geologischen Gesamtsituationen von folgendem aus:

Eine **günstige geologische Gesamtsituation** ist dann gegeben, wenn aufgrund der geowissenschaftlich ermittelten Standorteigenschaften mit hoher Wahrscheinlichkeit die in Tabelle 3-1 geforderten übergeordneten Rahmenbedingungen der Endlagerung erfüllt werden können.

Als eine wesentliche **Anforderung** wird eingeführt, dass der Einschluss der Abfälle in einem Endlager durch ein geeignetes Barrierensystem für einen möglichst langen Zeitraum erfolgt. Um die Freisetzung von Abfallinhaltsstoffen zu verhindern, sind somit alle angemessenen strategisch-konzeptionellen und planerischen Möglichkeiten auszus schöpfen.

In diesem Zusammenhang werden folgende Begriffe definiert:

**Geologische Barriere:** Gesamtheit der geologischen Einheiten zwischen Einlagerungsbereich und Biosphäre, die eine Schadstoffausbreitung be- oder verhindern.

**Einschlusswirksamer Gebirgsbereich:** Teil der geologischen Barriere, der bei normaler Entwicklung des Endlagers für den Isolationszeitraum - im Zusammenwirken mit technischen und geotechnischen Barrieren - den Einschluss der Abfälle sicherstellen muss.

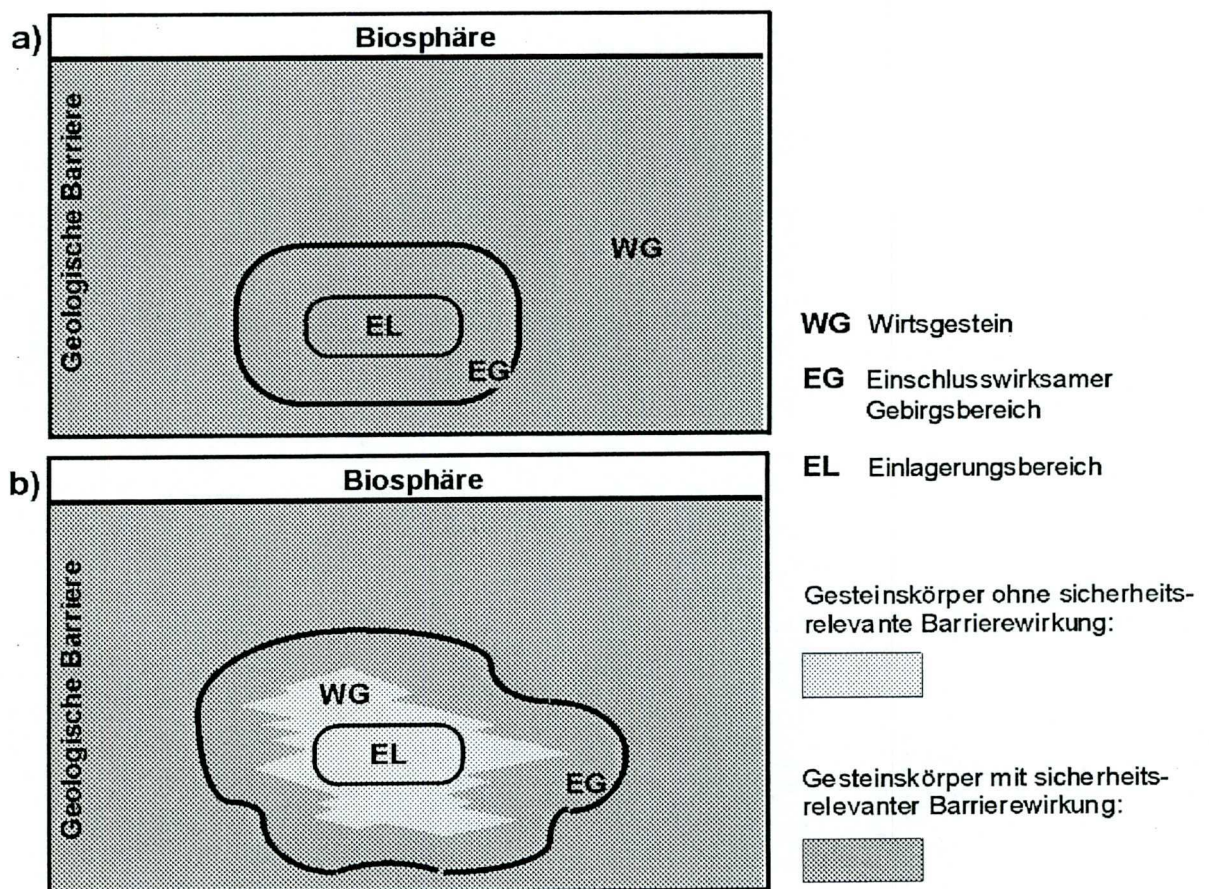
**Wirtsgestein:** Das Gestein, in das die Abfälle eingelagert werden.

**Endlagerbereich:** Gebirgsbereich eines Endlagerbergwerkes, der von der geometrisch einhüllenden Fläche um das Endlagerbergwerk umschlossen wird.

**Einlagerungsbereich:** Bereich eines Endlagerbergwerkes, in dem Abfälle eingelagert werden und der anschließend gegen das übrige Grubengebäude abgeschlossen wird.



Mögliche geometrische Beziehungen zwischen einschlusswirksamem Gebirgsbereich, Wirtsgestein, Einlagerungsbereich und geologischer Barriere zeigt beispielhaft die folgende Abbildung 4-1. Nach Auffassung des Arbeitskreises kommt es bei den möglichen Konfigurationen darauf an, dass der einschlusswirksame Gebirgsbereich noch von einem weiteren Teil der geologischen Barriere umschlossen wird.



**Abb. 4-1 Konfigurationen**

- a) Wirtsgestein ist im Hinblick auf die Barrierewirksamkeit relevanter Bestandteil des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs
- b) Wirtsgestein ist im Hinblick auf die Barrierewirksamkeit kein relevanter Bestandteil des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs

## 4.2 Kriterien für ungünstige geologische Verhältnisse

### 4.2.1 Aufgabenstellung

Der Arbeitskreis kam überein, dass vor der Auswahl von Standorten mit besonders günstigen Voraussetzungen für die Endlagerung mit Hilfe von Kriterien die Gebiete mit offensichtlich besonders ungünstigen Voraussetzungen ausgewiesen werden sollen.

Dies sind Gebiete, in denen das Barriersystem eines in einer Tiefe von etwa 1000 m befindlichen Endlagers über Millionen von Jahren wesentlich beeinträchtigt werden kann oder dessen Entwicklung über diese Zeiträume nicht prognostiziert werden kann.

### 4.2.2 Status

Für die Entwicklung **quantitativer Kriterien** musste zunächst geprüft werden, welche großräumigen Veränderungen das Barriersystem oder die Standortprognose beeinträchtigen können. Nahfeld-Bedingungen, wie z.B. geochemische und physikalische Prozesse, wurden wegen ihrer Wirtsgesteinsabhängigkeit nicht betrachtet.

Hierfür sind **vier geowissenschaftliche Szenarien** identifiziert worden:

- a) großräumige Vertikalbewegungen (Hebungs- oder Senkungsraten)
- b) aktive Störungszonen
- c) seismische Aktivität
- d) vulkanische Aktivität

Wichtig für die Nachvollziehbarkeit ist die Darstellung der Zusammenhänge zwischen diesen Szenarien und ihren direkten Auswirkungen auf das Endlager und dessen Umfeld. Damit können folgende langzeitlichen Auswirkungen auf das Endlagersystem (**Sicherheitsrelevanz**) verbunden sein:

- Veränderung der räumlichen Lage des Endlagers (Verstellung / Freilegung)
- Reduzierung der geologischen Barriere



- Veränderung der Grundwasserverhältnisse (Zufluss / Abfluss von Wässern, Richtung des Fließweges, Veränderung des hydraulischen Potenzials)
- Schaffung von Wegsamkeiten (Störungen, Klüfte)
- Erhöhung oder Verringerung der Deckgebirgsmächtigkeit
- Überdeckung durch Oberflächengewässer (Meer, See, Fluss) verbunden mit der Anreicherung von Grundwasser
- Vergrößerung der Auflockerungszonen im Nahbereich der Hohlräume
- Magmenzutritt in das Endlager oder dessen direktes Umfeld
- Beeinträchtigung der übertägigen Einrichtungen durch vulkanische Aktivitäten (u.U. auch lange nach Beendigung der Einlagerung)

Im nächsten Schritt sollten unter Berücksichtigung der dargestellten Sicherheitsrelevanz **quantitative Kriterien** abgeleitet werden. Dabei traten folgende Fragestellungen auf:

- Welche Datensätze stehen für die Quantifizierung geowissenschaftlicher Befunde zur Verfügung?
- Sind Daten für Deutschland flächendeckend vorhanden?
- Wie und mit welcher Begründung lassen sich Grenzen zu besonders ungünstigen Gebieten definieren?
- Ist eine kartografische Darstellung dieser Gebiete möglich?
- Welcher Zeitrahmen sollte bei einer Abgrenzung von Gebieten für die geowissenschaftliche Prognose betrachtet werden?

Alle Fragestellungen zeigen die Abhängigkeit der Kriterienentwicklung und -anwendung vom jetzigen Kenntnisstand auf. Dies wird besonders deutlich bei der Beurteilung der Informationsbasis und der Aussagekraft bei der Szenarienbewertung hilfsweise einzusetzender Indikatoren:



**a) Großräumige Vertikalbewegungen (Hebungs- oder Senkungsraten)**

**Abgeleitetes quantitatives Kriterium:**

**Keine Hebungen / Senkungen von mehreren Millimetern pro Jahr im prognostizierbaren Zeitraum**

**Informationsbasis:**

- flächendeckende und wiederholte, z.T. satellitengestützte Höhenmessungen in Deutschland mit Bezugspunkt mittlerer Meerespiegel Nordsee (NN – Normalniveau)
- wiederholte lokale Feinnivellements

Der Zeitraum, den die Wiederholungsmessungen überdecken, liegt in der Größenordnung von 100 Jahren.

**Indikatoren:**

- starke Erosionstätigkeit
- Änderungen des Grundwasserspiegels

**Probleme bei der Herleitung und Anwendung:**

- Hohe großräumige und dabei sehr langfristige Vertikalbewegungen im gleichen Bewegungssinn werden nur im Alpengebiet beobachtet.
- Weniger stark ausgeprägte Vertikalbewegungen finden sich in Bereichen der Mittelgebirge (z.B. Rheinisches Massiv) und der Norddeutschen Tiefebene sowie entlang aktiver Störungszonen.
- Langfristige Trends werden teilweise durch lokale und kurzfristige, z.T. anthropogen verursachte Bewegungen mit wechselndem Bewegungssinn überprägt.
- Eine scharfe Abgrenzung der Hebungs- und Senkungsgebiete für den Ausschluss einer Region ist nicht hinreichend möglich.

## **b) Aktive Störungszonen**

### **Abgeleitetes quantitatives Kriterium:**

**Keine aktiven Störungszonen im Endlagerbereich**

### **Informationsbasis:**

- An der Oberfläche kartierte Störungen
- Analysen von Luftbildern
- Bohrungsaufnahmen, Korrelationen von Bohrungen, seismische Profile
- Herdflächenlösungen von Erdbeben

### **Indikatoren:**

- Gebiete mit erhöhter Gefährdung durch Erdbeben
- unruhiges Relief, Geländeversätze, charakteristische Flussverläufe
- komplexe Grundwasserverhältnisse
- ausgeprägte Anomalien im Spannungsfeld der Erdkruste
- Vulkanismus, hydrothermale Tätigkeit

### **Probleme bei der Herleitung und Anwendung:**

- Störungen sind nicht immer als aktiv erkennbar.
- Vorhandene Kartierungen sind nicht flächendeckend.
- Die Aktivitäten sind nur schwer quantitativ extrapolierbar.
- Die gebietsmäßige Abgrenzung von Störungszonen und deren Einflussbereichen ist meist nicht hinreichend möglich.
- Geologische Formationen reagieren unterschiedlich auf tektonische Bewegungen (Störungen).

- An der Oberfläche kartierte Störungen sind oft nicht bis in das Endlagerniveau projizierbar.
- Bei Langzeitbetrachtung ist die Unterscheidung zwischen abrupten Bewegungen durch Erdbeben und kontinuierlichem Kriechen an den Bewegungsflächen schwierig.
- Störungen, die heute als inaktiv angesehen werden, können im Betrachtungszeitraum wieder aktiv werden.

### **c) Seismische Aktivität**

#### **Abgeleitetes quantitatives Kriterium:**

**Keine seismische Aktivität größer als in Erdbebenzone 1 nach DIN 4149**

#### **Informationsbasis:**

- Erdbebenkataloge für historisch berichtete (etwa seit dem Jahr 800) und instrumentell beobachtete (etwa seit dem Jahr 1900) Erdbeben
- großräumige Erdbebenzonierungen auf der Basis dieser Kataloge (Karte der Erdbebenzonen Deutschlands, DIN 4149)

#### **Indikatoren:**

- aktuelle seismische Registrierungen
- Anomalien im regionalen und lokalen Spannungsfeld der Erdkruste
- paläoseismische Befunde

#### **Probleme bei der Herleitung und Anwendung:**

- Die Intensitäten in der Karte der Erdbebenzonen Deutschlands sind auf die Gefährdung von Bauwerken an der Erdoberfläche bezogen.
- Je nach geologischer Situation (Gesteinsinformationen, Sedimentbedeckung) sind die Intensitäten untertage geringer als an der Oberfläche (etwa um den Faktor 2



geringere Beschleunigungen; nach höheren Frequenzen verschobenes Spektrum).

- Die Abgrenzung der seismischen Gefährdung ist nur pauschal möglich (seismotektonische Gebietseinheiten; vergl. KTA-Regel).
- Eine Prognose für eine Million Jahre ist nicht möglich.

#### **d) Vulkanische Aktivität**

##### **Abgeleitetes quantitatives Kriterium:**

**Keine quartäre oder zu erwartende vulkanische Aktivität in der Endlagerregion**

##### **Informationsbasis:**

- flächendeckende geologische Kartierungen quartärer Vulkanite (Erdoberfläche)
- Kartierungen von Bohrungen

##### **Indikatoren:**

- Topografie: Vulkangebäude, Maare
- vulkanische Aktivität während der letzten 1 bis 2 Mio. Jahre, insbesondere während der letzten 100 000 Jahre
- geothermische Anomalien
- hydrothermale Tätigkeit
- seismische Aktivität

##### **Probleme bei der Herleitung und Anwendung:**

- Die Gebiete des zu erwartenden Vulkanismus und dessen Einflussbereich lassen sich nur schwer abgrenzen.

- Bereiche, in denen der Vulkanismus durch Magmenzufluss direkt wirkt, und Gebiete, die durch sekundäre Wirkungen (etwa Ablagerungen vulkanischer Aschen) beeinträchtigt werden, lassen sich kaum prognostizieren.
- Die Notwendigkeit der Berücksichtigung des tertiären Vulkanismus (mehr als die vergangenen 2 Mio. Jahre) ist noch zu klären.
- Prognosen über die Reaktivierung tertiärer Vulkane lassen sich nur sehr schwer vornehmen.

Die vorstehende Analyse zeigt, dass die Aufstellung von quantitativen Ausschlusskriterien für die Vorauswahl von Endlagerstandorten mit Problemen verbunden ist: Einerseits wird die Entwicklung "harter" Kriterien durch die oft nicht ausreichende Datenbasis (vor allem auch die Möglichkeit der Datenerfassung z.B. durch zeitliche Beschränkung etwa des Erdbebenkatalogs auf die letzten ca. 1 200 Jahre) erschwert, andererseits haben räumliche Abgrenzungen von Regionen einen willkürlichen Charakter (vergl. Erdbebenzonierung). Schließlich lassen sich geologische Prozesse zeitlich nur modellhaft beschreiben, so dass die Szenarien nur mit großen Unsicherheiten zu betrachten sind. Dies führt zu Unschärfen in der Aussage, wodurch manche Kriterien möglicherweise erst in einem späten Verfahrensschritt, z.B. in einem konkreten Standortvergleich, erfolgreich angewendet werden können.

Daher wird durch den Arbeitskreis noch zu klären sein, ob es sinnvoll und wirtschaftlich vertretbar ist, zusätzliche Erhebungen / Messungen zu den einzelnen Szenarien vorzunehmen, um eine verlässlichere Datenbasis zu schaffen.

Andererseits zeigt sich, dass die genannten vier **Szenarien** in einem sehr engen Zusammenhang stehen: Gebiete mit starken Vertikalbewegungen zeichnen sich üblicherweise auch durch eine stärkere Seismizität aus, die entlang eines vorhandenen ausgeprägten Störungssystems auftritt. Auch Vulkanismus ist durch verstärkte seismische Aktivität und Vertikalbewegungen gekennzeichnet. Daher lässt sich aus der Zusammenfassung der Kriterien eine Charakterisierung eines Gebietes als vergleichsweise besonders ungünstig ableiten.

Daraus hat der Arbeitskreis die Schlussfolgerung gezogen, dass keine „harten“ quantitativen geowissenschaftlichen Kriterien entwickelt werden müssen; die formulierten Kriterien erlauben die Benennung von Gebieten mit offensichtlich besonders ungünstigen Voraussetzungen für die Endlagerung. Mit Hilfe dieser Kriterien können Gebiete

ausgewiesen werden, die für die Errichtung eines Endlagers gemieden werden sollten. Diese Gebiete werden deshalb im weiteren Auswahlverfahren zurückgestellt.

#### 4.3 Wirtsgesteinsunabhängige Kriterien

##### 4.3.1 Charakterisierung der günstigen geologischen Gesamtsituation

Auf der Basis von Auswertungen internationaler Sicherheitsanalysen und Sicherheitsbewertungen für geologische Endlager sowie aufgrund interdisziplinärer Erfahrungen der Mitglieder der Arbeitskreises wurde der folgende Ansatz gewählt:

Zunächst werden zur Charakterisierung günstiger geologischer Gesamtsituationen auf der Basis von durchgeführten Sicherheitsbetrachtungen für geologische Endlager in unterschiedlichen geologischen Formationen **allgemeine Anforderungen**, d.h. verschiedene Standorteigenschaften betreffende, gesteinsunabhängig formulierte Anforderungen an Endlagerstandorte, ermittelt.

Den allgemeinen Anforderungen werden **Eigenschaften**, d.h. charakteristische Standort-/Grundwasser-/Gesteinsmerkmale, zugeordnet. Wenn die zur Bewertung einer Eigenschaft eigentlich heranzuziehende Messgröße nicht erhoben werden kann bzw. solange sie noch nicht erhoben worden ist, werden **Indikatoren** zur Bewertung herangezogen.

Eine günstige geologische Gesamtsituation zeichnet sich durch die Erfüllung der nachstehend aufgeführten allgemeinen Anforderungen an Endlagerstandorte aus; dabei muss nicht jede Anforderung für sich allein betrachtet vollständig erfüllt werden, vielmehr ergibt sich die Güte der geologischen Gesamtsituation aus dem Erfüllungsgrad der Gesamtheit der Anforderungen:

- **Keine oder nur langsame Grundwasserbewegung im Endlagerniveau:** geringe Freisetzung von Schadstoffen aus dem Einlagerungsbereich, lange Transportzeiten und - daraus resultierend - großes Verdünnungspotential bei Eintrag in das oberflächennahe Grundwasser
- **Günstige hydrochemische Verhältnisse:** geringe Korrosion von Gebinden und Versatzstoffen und die Löslichkeitsbegrenzung der Schadstoffe



- **Hohes Rückhaltevermögen der Gesteine gegenüber Schadstoffen:** Konzentrierung der Schadstoffe im Nahbereich des Endlagers und geringe Konzentration außerhalb des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs
- **Geringe Neigung zur Bildung von Wasserwegsamkeiten:** robustes Verhalten der Barrieren bei Beanspruchung, geringe Wahrscheinlichkeit für Wegsamkeiten und hohes Selbstheilungsvermögen
- **Günstige Konfiguration der Gesteinskörper:** großes Volumen des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches, flexible Endlagergestaltung und Endlagerauslegung, große Sicherheitsabstände zu wasserführenden Formationen und Sicherheit bei Versagen einzelner Barrieren
- **Gute räumliche Charakterisierbarkeit hinsichtlich der gesuchten Eigenschaften:** hohe Zuverlässigkeit der Sicherheitsbewertung, große Planungssicherheit für das Endlagerbergwerk und geringerer Erkundungsaufwand
- **Gute Prognostizierbarkeit der langfristigen Stabilität der günstigen Verhältnisse:** hohe Zuverlässigkeit der Sicherheitsbewertung für lange Zeiträume, gute Begründbarkeit der Szenarien zur Schadstofffreisetzung und -ausbreitung
- **Gute Temperaturverträglichkeit der Gesteine:** keine Beeinträchtigung der Barrierewirksamkeit durch Wärmeeintrag

Tabelle 4-1 gibt die Liste allgemeiner Anforderungen an Endlagerstandorte sowie die auf diese Anforderungen bezogenen Eigenschaften und Indikatoren zur wirtsgesteinsunabhängigen Identifizierung und Beurteilung "günstiger geologischer Gesamtsituationen" wieder. Die Reihenfolge der Auflistung legt keine Prioritäten fest. Eine (vergleichende) Beurteilung der Anforderungen ist auf dieser Basis nur dann möglich, wenn die einfließenden gewünschten / erforderlichen Eigenschaften zusammenfassend beurteilt werden können.

Die Tabelle ist noch unvollständig, sie gibt lediglich den aktuellen Bearbeitungsstand wieder. Außerdem ist noch nicht geprüft, inwieweit sich die Anforderungen, Eigenschaften und Indikatoren in anwendbare Kriterien umsetzen lassen.

Die Kriterien zur Identifizierung bzw. quantitativen Bewertung einer günstigen geologischen Gesamtsituation, die den allgemeinen Anforderungen genügt, sind noch zu entwickeln.

**Tab. 4-1: Ableitung von Kriterien zur Identifizierung bzw. Beurteilung "günstiger geologischer Gesamtsituationen"**

**- Allgemeine Anforderungen, Eigenschaften und Indikatoren**

Allgemeine Anforderung	Sicherheitsrelevanz	Eigenschaften	Indikator(en)
<b>keine oder langsame Grundwasserbewegung (in der Endlagertiefe)</b>	⇒ geringer advektiver Transport von Grundwasser und Radionukliden	geringe Transportgeschwindigkeit des Grundwassers  geringer hydraulischer Gradient  geringe Wasserdurchlässigkeit (Gebirgsdurchlässigkeit)	kein Grundwasser  Grundwasseralter (-), <i>charakteristische Austauschwässer</i> (-), lineare Zunahme des Dichtegradients mit der Tiefe, Temperaturverteilung  Relief der Geländeoberfläche  Öffnungsweite, Dichte und Vernetzungsgrad von Trennfugen (-)  Sedimentgesteine: <i>Porenradienverteilung</i> (+)
<b>günstige hydrochemische Verhältnisse</b>	⇒ geringe Korrosion von Abfall, Behälter und Versatz  ⇒ geringe Freisetzung von Radionukliden      ⇒ geringe Förderung des Radionuklidtransportes durch Grundwasserinhaltsstoffe	reduzierendes Milieu      +/- neutrales bis leicht alkalisches Milieu  geringe Konzentration lösungs- bzw. transportbegünstigender Wasserinhaltsstoffe	Reduktionsindikatoren (-), Eh-Wert (-), Vorliegen von reduzierten Festphasen (insbesondere kein Fe III), Gehalt an organischen Substanzen, kein freier Sauerstoff und keine Sauerstoffdonatoren im Grundwasser   pH-Wert (-), karbonathaltige Gesteine  z.B.: Konzentration von Komplexbildnern (Huminstoffe, Carbonat) hohe Mineralisation



Tab. 4-1: Fortsetzung

Allgemeine Anforderung	Sicherheitsrelevanz	Eigenschaften	Indikator(en)
<b>hohes Rückhaltevermögen der Gesteine gegenüber Radionukliden</b>	⇒ Verzögerung des Radionuklidtransportes gegenüber Grundwasserbewegung	hohe Sorptionskapazität des Gesteins / der Gesteine gegenüber anorganischen Stoffen und organischen Stoffen  hohe Matrixdiffusion (und Sorption an Matrixpartikeln)  Filterwirkung gegenüber Kolloiden	Sedimentgesteine: <i>Korngröße</i> (große spez. Oberflächen)(+), <i>Tonminerale</i> (+); Fe III-Festphasen, Fe-Mg haltige Gesteine, organische Substanzen kristalline Gesteine: <i>Mineralbestand</i> (+), <i>Korngröße</i> (große spez. Oberfläche)  nur Sedimentgesteine: <i>Corg-Gehalt</i> (+)  vor allem Sedimentgesteine mit deutlichem <i>Feinkornanteil in der Matrix</i> (+) und hoher Dichte von Trennfugen mit geringer hydraulischer Effektivität (-)  Sedimentgesteine: <i>Korngröße</i> (+) kristalline Gesteine: Trennfugenweite
<b>gute Temperaturverträglichkeit</b>	⇒ Erhalt der Barrieren-Integrität	gute und isotrope Wärmeleitfähigkeit  gute Temperaturstabilität der Gesteine (z.B. keine Veränderung des mineralogischen Aufbaus)  gutes thermomechanisches Verhalten (Relaxationsvermögen, Zugfestigkeit)  hohe Wärmekapazität  geringer Wärmeausdehnungskoeffizient	homogenes Korngefüge, Wassergehalt  physikalisch-chemische Eigenschaften des Stoffbestandes der Gesteine (z.B. Mineralumwandlung)



Tab. 4-1: Fortsetzung

Allgemeine Anforderung	Sicherheitsrelevanz	Eigenschaften	Indikator(en)
geringe Neigung zur Bildung von Wasserwegsamkeiten	⇒ Erhalt der Barrieren- Integrität	<p>hohes Selbstheilungsvermögen Vorhandensein viskoplastischer Gesteine</p> <p>Vorhandensein von Gesteinen mit hydratisierbaren Mineralen</p> <p>Vorhandensein von Gesteinen mit quellfähigen Mineralen</p> <p>homogenes Spannungsfeld</p> <p>geringe Neigung zur Bildung ausgedehnter Risse</p>	<p><i>Steinsalz</i>, diagenetisch wenig entwickelter <i>Tonstein (+)</i></p> <p><i>Anhydrit (+)</i></p> <p>tonreiche Sedimentgesteine: <i>Anteil quellfähiger Tonminerale (+)</i></p> <p>Anzahl und Ausrichtung von Trennflächen</p> <p>Sprödigkeit des Gesteins</p> <p>Zugfestigkeit</p>

Tab. 4-1: Fortsetzung

Allgemeine Anforderung	Sicherheitsrelevanz	Eigenschaften	Indikator(en)
<b>günstige Konfiguration der Gesteinskörper</b>	⇒ Flexibilität bei Endlagerauslegung und -zuschnitt	ausreichende Ausdehnung in einer günstigen geologischen Gesamtsituation	große alte Sedimentationsbecken, Intrusionsareale, große Salzstrukturen  großer Abstand großräumiger Diskontinuitäten
<b>gute räumliche Charakterisierbarkeit hinsichtlich der gesuchten Eigenschaften</b>	⇒ größere Zuverlässigkeit bei der Identifizierung von Homogenbereichen  ⇒ zuverlässige Interpolation und Extrapolation (Übertragbarkeit) von Untersuchungsbefunden  ⇒ Verringerung der Streuung der Ergebnisse von Sicherheitsanalysen	Homogenität des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches (im Hinblick auf eignungsrelevante Eigenschaften)  einfacher struktureller regionaler und lokaler Bauplan	eintönige Fazies (+)  Lagerungsverhältnisse (-)/(+); Dichte von Störungen (-)



Tab. 4-1: Fortsetzung

Allgemeine Anforderung	Sicherheitsrelevanz	Eigenschaften	Indikator(en)
<b>gute Prognostizierbarkeit der langfristigen Verhältnisse</b> (unter Berücksichtigung von Wärmeeintrag, Gesteinsauflockerung um Hohlräume, möglichen natürlichen Veränderungen des Endlagersystems, menschlicher Eingriffe)	⇒ größere Zuverlässigkeit der Aussagen ⇒ geringere Streuung der Ergebnisse von Sicherheitsanalysen ⇒ weniger Szenarien, die zur Schadstoffausbreitung führen	robuste hydrogeologische Verhältnisse hydrochemisch (+/-), stabile Situation tektonische Ruhe geringe tektonische Vorbeanspruchung diagenetische Reife bei Sedimenten geringe Erosion bzw. Sedimentation ruhige epirogenetische Entwicklung	ausgeprägte Dichteschichtung hydrochemisches Gleichgewicht Gestein - Grundwasser (-) keine aktiven Störungen, kein junger Vulkanismus, geringe Erdbebenwahrscheinlichkeit, geringmächtige junge Sedimente geringe Störungsdichte konsolidierte Sedimente, Mineralbestand geringes Relief große Stabilität der jetzigen Verhältnisse in der geologischen Vergangenheit

Erklärung der in Tab. 4-1 verwendeten Kennzeichnungen (noch nicht durchgängig vorgenommen)

- (+) Information zu Indikator liegt (auf Grund von Analogieschlüssen) vor oder ist mit relativ geringem Aufwand beschaffbar
- Korngröße Indikator ist (weitgehend) gesteinspezifisch
- (-) Benötigte Information liegt (wahrscheinlich) nicht flächendeckend vor und ist nicht kurzfristig erhebbar
- (?) Information nicht eindeutig, da verschiedene Ursachen möglich



#### **4.3.2 Umsetzung in quantitative Kriterien**

Ein **Kriterium** ist definiert als das formale Instrument zur Beurteilung von Eigenschaften eines Endlagerstandortes anhand vorgegebener Anforderungen. Es regelt die logische bzw. mathematische Beziehung zwischen Bewertungsmaßstab und zugehöriger Beurteilungsgröße sowie die Vorgehensweise bei der Kriterienanwendung. Für die Ableitung von Kriterien gelten folgende Bedingungen:

- Die zu prüfenden Eigenschaften müssen für die Standorteignung erheblich sein.
- Die zur Anwendung eines Kriteriums erforderlichen Informationen müssen für alle Standorte verfügbar bzw. im Rahmen des Verfahrens erhebbar und zuverlässig interpretierbar sein.

Welche quantitativen Kriterien zur Anwendung kommen können, wird im Arbeitskreis untersucht. Im einzelnen werden derzeit folgende Kriterien überprüft:

- Grundwasseralter
- Reduktionsindikatoren im Grundwasser
- Filterwirkung gegenüber Kolloiden
- Mineralisationsgrad
- Barrierenwirksamkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches

#### **4.4 Internationale Kriterienentwicklung**

Um die Entwicklung von Kriterien zur Standortfindung im internationalen Raum zu bewerten und zu verfolgen, hat der Arbeitskreis den internationalen Status der Kriterienentwicklung und -anwendung erfassen lassen. Da die Entsorgungsstrategien einzelner Länder die Endlagerung sowohl oberflächennah als auch in tiefen geologischen Schichten vorsehen, werden unterschiedliche Anforderungen an die Standorte und die Abfallklassifizierung gestellt. Die in den einzelnen Ländern gegebenen geolo-

gischen Verhältnisse führten zudem zu einer Beschränkung auf bestimmte Wirtsgesteine und dadurch zu speziellen wirtsgesteinsabhängigen Kriterien.

Die Standortauswahlkriterien der meisten Staaten stellen primär darauf ab, einen Standort aufzufinden, der mit einem geeigneten System natürlicher und technischer Barrieren die Sicherheitsanforderungen eines Endlagers erfüllt. Dabei werden in den meisten Fällen Anforderungen hinsichtlich günstiger oder ungünstiger Standortsituationen formuliert, selten harte Ausschlusskriterien aufgestellt.

## **5 Entwicklung der Öffentlichkeitsbeteiligung**

In den vergangenen Jahren ist - vor allem auch auf internationaler Ebene - zunehmend deutlich geworden, dass eine rein naturwissenschaftlich-technische Herangehensweise nicht ausreicht, um öffentliche Akzeptanz für die Auswahl eines Endlagerstandortes zu erreichen. Als weiteres und notwendiges Element muss die Beteiligung der Öffentlichkeit in allen Phasen der Kriterienfestlegung sowie der Standortauswahl und -festlegung hinzu kommen. Nur so können Glaubwürdigkeit der für die Standortauswahl Verantwortlichen und Akzeptanz für Standortentscheidungen erworben werden.

Im atomrechtlichen Planfeststellungsverfahren für Endlager ist die Öffentlichkeitsbeteiligung rechtlich verankert. Das Planfeststellungsverfahren umfasst jedoch nicht die Verfahrensschritte Standortauswahl und Standortfestlegung. Für diese Verfahrensschritte ist die Öffentlichkeitsbeteiligung nicht vorgesehen. Streng genommen richtet sich die Beteiligung der Öffentlichkeit im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens ausschließlich an Betroffene; sie trägt weitgehend juristischen Charakter. Möglichkeiten, die verschiedenen "stakeholder" (Politik, Interessenverbände, allgemeine Öffentlichkeit, usw.) bereits in einem sehr frühen Stadium in den gesamten Prozess mit einzubinden, wurden bislang kaum entwickelt.

Die Formen der Öffentlichkeitsbeteiligung für die Phasen der Festlegung und Durchführung des Auswahlverfahrens (vgl. Kap. 2.2) werden in dem dazu eigens eingerichteten Forschungsvorhaben "Beteiligungsverfahren" entwickelt.

Schwerpunkte dieses Forschungsprojektes sind Entwicklungen von:

- Beteiligungsverfahren unter Berücksichtigung der räumlichen und zeitlichen Besonderheiten (potenzielle bundesweite Betroffenheit sowie lange Verfahrensdauer)
- Zukunftsperspektiven der Endlagerregionen

Die Arbeitsgruppe Öffentlichkeit des Arbeitskreises hat dabei die Aufgabe, als Beirat die Entwicklung dieses Verfahrens zu begleiten. Da sich das Verfahren zur Suche und Festlegung von Endlagerstandorten von sonst üblichen Standortsuchverfahren deutlich unterscheidet, müssen etablierte Verfahren der Öffentlichkeitsbeteiligung erheblich modifiziert und an die besonderen Verhältnisse angepasst werden. Die Arbeitsgruppe Öffentlichkeit wird daher in enger Zusammenarbeit mit den beauftragten sozialwissenschaftlichen Institutionen die endlagerspezifischen Gesichtspunkte einbringen und in den zu entwickelnden Konzepten zur Geltung bringen.

## **6            Öffentlichkeitsarbeit des Arbeitskreises**

### **6.1           Zielsetzung**

Der Arbeitskreis sieht die Notwendigkeit, die Öffentlichkeit nicht erst an der späteren Festlegung und Durchführung des Auswahlverfahrens (vgl. Kap. 5), sondern bereits jetzt während seiner Entwicklung zu beteiligen. Vor diesem Hintergrund verfolgt der Arbeitskreis mit seinen öffentlichkeitsgerichteten Aktivitäten die Zielsetzungen,

1. die Öffentlichkeit mit seiner Arbeit, seinen Diskussionslinien, seinen Zwischenergebnissen und den Resultaten bekannt zu machen sowie diese nach außen zu vertreten (**Informationsfunktion**),
2. Anregungen, Einwände und Interessen aus der Diskussion mit Fachleuten, gesellschaftlichen Gruppen und der gesamten Öffentlichkeit aufzunehmen und in seine Diskussionen einzuspeisen (**Aufnahmefunktion**),
3. die Entwicklung von geeigneten Verfahren zur Öffentlichkeitsbeteiligung, die bei der späteren Festlegung und Durchführung des Auswahlverfahrens zur Anwen-



dung kommen sollen, zu begleiten und in Zusammenarbeit mit den beauftragten sozialwissenschaftlichen Institutionen mitzugestalten (**Entwicklungsfunktion**).

## **6.2 Information der Öffentlichkeit**

Ziele der Information durch den Arbeitskreis sind vor allem,

- das öffentliche Verständnis für die Aufgabenstellung des Arbeitskreises zu verbessern,
- die Diskussion im Arbeitskreis und erzielte Zwischen- und Endresultate transparent in alle Kreise interessierter Öffentlichkeit zu verbreiten,
- die öffentliche Wahrnehmung der fachlichen Zusammenhänge und die Diskussion über die Endlager-Thematik zu stärken und die Verbreitung von Fachwissen zu fördern.

Als Mittel zur Realisierung dieser Ziele sieht der Arbeitskreis vor allem

- die vielfältige Gestaltung und die fortlaufende Verbesserung seiner Homepage <http://www.akend.de>,
- seine Vorstellung in Gesprächsrunden mit Interessensvertretern und öffentlichen Meinungsträgern ("stakeholder"),
- die Veranstaltung von Workshops mit öffentlicher Beteiligung und
- Vorträge von Mitgliedern des Arbeitskreises.

Der Informationstransfer ist dabei nicht als Einweg-Kommunikation angelegt ("Werbecharakter"). Er soll um Formen erweitert werden, die eine Rückkopplung mit allen gesellschaftlichen Gruppen ermöglichen.

## **6.3 Aufnahme von öffentlichen Beiträgen**

Durch die Aufnahme von Anregungen, Kritik und Beiträgen der interessierten Öffentlichkeit soll die Berücksichtigung aller relevanten technischen und nicht-technischen Aspekte unterstützt werden.

Dazu werden folgende Mittel eingesetzt:

- die Erweiterung und Ergänzung der Homepage des Arbeitskreises um Elemente für eine kontinuierliche Diskussion (z.B. Chatroom, Antworten auf häufig gestellte Fragen),
- die Schaffung von Möglichkeiten zur Einbringung von Fragen, Vorschlägen, Gedanken und Ideen,
- Gespräche mit Verbändevertretern (Umweltverbände, Betreiberverbände etc.), Vertretern der Politik (Parteien, deren Landtagsfraktionen etc.), Bürgerinitiativen, Kirchen und Gewerkschaften sowie anderen "stakeholdern",
- die Veranstaltung von Workshops mit Beteiligung der interessierten Öffentlichkeit mit der Möglichkeit, ihre Sichtweisen zu artikulieren und mit dem Arbeitskreis in einen Diskurs einzutreten.

#### **6.4 Entwicklung eines Konzeptes zur Öffentlichkeitsarbeit**

Der Arbeitskreis lässt sich über die vorgenannten Aktivitäten hinaus im Rahmen von Forschungsvorhaben zu folgenden Punkten extern unterstützen:

- Konzept für die Öffentlichkeitsarbeit
- Evaluation der Öffentlichkeitsarbeit

Die Forschungsvorhaben werden ebenso durch die Arbeitsgruppe Öffentlichkeit als Beirat begleitet wie die in Kapitel 5 genannten Forschungsvorhaben. Das Konzept für die Öffentlichkeitsarbeit soll etwa zum Ende des Jahres 2000 vorliegen. Die Evaluation der öffentlichkeitsgerichteten Aktivitäten des Arbeitskreises beginnt im Juli 2000 und erfolgt sodann kontinuierlich bis zum Abschluss der Arbeiten des Arbeitskreises. Sie hat das Ziel, dem Arbeitskreis ein professionelles, kritisches Feedback zu seinen öffentlichkeitsgerichteten Aktivitäten zu geben, um systematische Fehler bei der bereits laufenden Öffentlichkeitsarbeit des Arbeitskreises zu vermeiden.

## **7 Weiteres Vorgehen**

Für das Auswahlverfahren für Endlagerstandorte sind bislang drei Verfahrensschritte in Arbeit. Sie betreffen allein geowissenschaftliche Aspekte; nicht geowissenschaftliche (z.B. gesellschaftliche / politische) Aspekte müssen im weiteren Verfahren noch geprüft werden.

Für den ersten Verfahrensschritt wurden Rahmenbedingungen und Bewertungsgrundlagen festgelegt, welche richtungsweisend für die Durchführung des weiteren Verfahrens sind. Für den zweiten Verfahrensschritt werden Kriterien zur Ausweisung offensichtlich ungünstiger geologischer Gesamtsituationen entwickelt. Für den dritten Verfahrensschritt werden Kriterien zur Identifizierung bzw. Beurteilung günstiger geologischer Gesamtsituationen unter Mithilfe von externem Sachverstand formuliert. Grundlage sind die allgemeinen Anforderungen an günstige geologische Gesamtsituationen (siehe Tab. 4-1). Es wird sich herausstellen, ob diese Kriterien zu einer Bevorzugung bestimmter Wirtsgesteine führen.

Die Entwicklung weiterer quantitativer Kriterien zur vergleichenden Bewertung von potenziellen Standortregionen und Standorten muss vom Arbeitskreis noch geleistet werden. Die Anwendbarkeit sämtlicher Kriterien in einem deutschlandweiten Auswahlverfahren ist zu überprüfen.

Daneben muss sich der Arbeitskreis mit Grundsatzfragen auseinandersetzen, welche die Endlagerung und damit die Standortsuche und Standortauswahl beeinflussen. Dies sind beispielsweise Fragen zur Langzeitlagerung der Abfälle, zur Rückholbarkeit der Abfälle, zu unbeabsichtigten menschlichen Eingriffen in das Barrierensystem und zu technischen (z.B. Fortentwicklung der Transmutation), regulatorischen sowie ethischen Entwicklungen.

Der bisher eingeschlagene Weg des Diskurses mit der Öffentlichkeit wird intensiviert und soll kontinuierlich verbessert werden (Konzept für die Öffentlichkeitsarbeit). Dies bedeutet für die absehbare Zukunft

- Fortsetzung der Diskussion über die Ziele öffentlichkeitsgerichteter Aktivitäten und ihre Umsetzung in die Praxis.
- Kontinuierlicher Diskurs mit der Öffentlichkeit, der Rückwirkungen auf die Arbeiten des Arbeitskreises haben wird.



- Weitere Verbesserung und Aktualisierung der Homepage des Arbeitskreises.
- Weitere Treffen mit an der Thematik besonders interessierten Gruppierungen / Interessensverbänden.
- Auswertung der Ergebnisse des Workshops und Klärung, welche Konsequenzen für die Arbeit des Arbeitskreises zu ziehen sind. Planung weiterer ähnlicher Veranstaltungen.
- Begleitung der Forschungsvorhaben zur Öffentlichkeitsbeteiligung durch die Arbeitsgruppe Öffentlichkeit.

Zur Überprüfung des Verfahrens und der Verfahrensentwicklung soll vergleichend das Vorgehen in anderen Ländern sowie deren Erfahrungen in der konkreten Anwendung herangezogen werden. Es wird ein internationaler Erfahrungsaustausch angestrebt.