

Geschäftsstelle

Kommission
Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe
gemäß § 3 Standortauswahlgesetz

**Aspekte eines Standortauswahlverfahrens für ein Endlager für
Wärme entwickelnde Abfälle**

Deutsche Arbeitsgemeinschaft Endlagerforschung; Broschüre
Oktober 2014

<p>Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe K-Drs. 81</p>
--



**Aspekte eines
Standortauswahlverfahrens
für ein Endlager für Wärme
entwickelnde Abfälle**

Oktober 2014

Naturwissenschaftlich-technische und sozialwissenschaftliche Aspekte eines Standortauswahlverfahrens für ein Endlager für Wärme entwickelnde Abfälle in tiefen geologischen Formationen

Deutsche Arbeitsgemeinschaft Endlagerforschung

Vorsitzender:

Prof. Dr. Horst Geckeis,
Karlsruhe Institut für Technologie (KIT)
Institut für nukleare Entsorgung
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Stellvertreter Vorsitzender:

Dr. Jörg Mönig
Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH
Bereich Endlagersicherheitsforschung
Theodor-Heuss-Straße 4
38122 Braunschweig

Oktober 2014

Inhalt

1	Einleitung	2
2	Zielsetzung	3
3	Vorgaben des StandAG	4
4	Grundlagen für den Vergleich von Endlagerstandorten	6
4.1	Ermittlung der Basisinformationen	7
4.2	Notwendigkeit von Konzeptentwicklungen	9
5	Prozess zur Identifizierung potenziell geeigneter Standorte	10
5.1	Anforderungen an die Ausgestaltung eines Auswahlverfahrens	10
5.2	Beispiele für Auswahlprozesse in Europa	14
6	Kriterien zur Identifizierung potenziell geeigneter Standorte	16
6.1	Herausforderungen	16
6.2	Naturwissenschaftlich-technische Kriterien	17
6.2.1	Geowissenschaftlich-technische Ausschlusskriterien	17
6.2.2	Geowissenschaftlich-technische Mindestanforderungen	18
6.3	Sozialwissenschaftliche Kriterien	19
6.3.1	Perspektive des AkEnd	19
6.3.2	Regelungen im Schweizer Sachplanverfahren	20
6.3.3	Einordnung der Kriterien Beteiligungsbereitschaft und Regionalentwicklung	20
6.4	Abwägungskriterien	22
6.4.1	Funktion	22
6.4.2	Geowissenschaftlich-technische und sozialwissenschaftliche Abwägungskriterien	22
6.4.3	Hierarchisierung der Abwägungskriterien	23
7	Schlussbemerkung	24
	Literatur	26

1 Einleitung

Mit dem »Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle und zur Änderung anderer Gesetze – (Standortauswahlgesetz – StandAG)« vom 23. Juli 2013 ist in Deutschland ein von einer breiten politischen Mehrheit getragener Prozess gestartet worden. Er bietet gute Voraussetzungen, die seit langem gesellschaftspolitisch strittige Frage, wie zukünftig mit den in Deutschland vorhandenen und bis zum Ausstieg aus der friedlichen Nutzung der Kernenergie noch entstehenden Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen¹ umgegangen wird, in einem wissenschaftsbasierten Verfahren zu beantworten.

In einem ersten Schritt ist gemäß StandAG die »Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe« (Kommission) bestehend aus Vertreterinnen und Vertretern aus der Wissenschaft, von Umweltverbänden, von Religionsgemeinschaften, von Wirtschaftsverbänden, von Gewerkschaften sowie Mitgliedern des Deutschen Bundestages und von Landesregierungen im Mai 2014 konstituiert worden. Die Kommission soll andere Möglichkeiten einer geordneten Entsorgung radioaktiver Abfälle als die Endlagerung in tiefen geologischen Formationen betrachten sowie Vorschläge für Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen im Hinblick auf die Eignung geologischer Formationen für die Endlagerung radioaktiver Abfälle, für Abwägungskriterien zur Durchführung eines Standortauswahlverfahrens sowie für die Einbindung der Öffentlichkeit machen.

Die Deutsche Arbeitsgemeinschaft Endlagerforschung (DAEF) ist ein Zusammenschluss von deutschen Einrichtungen mit Forschungsaktivitäten im Bereich der Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle. Dazu gehören

auch wissenschaftliche Fragestellungen im Hinblick auf ein Auswahlverfahren für einen Standort zur Tiefenlagerung. Die DAEF ist der Auffassung, dass die Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen eine auch über sehr lange Zeiträume sichere Entsorgungsoption ist, die aus wissenschaftlicher Sicht am besten den Ansprüchen an eine dauerhafte Lösung unter Minimierung der Belastungen für zukünftige Generationen gerecht wird. Die DAEF teilt mit anderen deutschen und internationalen Gremien und Fachorganisationen (z. B. Entsorgungskommission (ESK) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) /ESK 11/, Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd) /AKE 02/, Europäische Kommission /EUR 11/, Kernenergieagentur der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit (OECD/NEA) /NEA 08, NEA 12/, Internationale Atomenergieorganisation (IAEO) /IAE 11/) die Einschätzung, dass durch die geologische Tiefenlagerung von Wärme entwickelnden Abfällen die Sicherheit von Mensch und Umwelt dauerhaft nachsorgefrei und ohne aktive Maßnahmen gewährleistet werden kann (»passive Sicherheit«). Das vorliegende Papier wird sich daher schwerpunktmäßig nur mit Aspekten dieser Option befassen.

In der öffentlichen Debatte wird darüber hinaus eine Reihe von anderen technischen Optionen thematisiert, wie mit radioaktiven Abfällen und ausgedienten Brennelementen zu verfahren ist. Dazu gehört deren langfristige Zwischenlagerung in Bauwerken an der Erdoberfläche bzw. in leicht zugänglichen Kavernen/Tunneln in geologischen Formationen. Um einen sicheren Betrieb und dauerhaften Schutz vor einem Zugriff von Unbefugten zu gewährleisten, ist bei dieser Vorgehensweise eine aktive staatliche Kontrolle der Lager bis zur späteren Entscheidung, wie endgültig mit den Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen umgegangen werden soll, notwendig.

Die Abtrennung von langlebigen Radionukliden aus bestrahlten Brennelementen (Partitionierung) und deren Umwandlung in andere Radionuklide bzw. stabile

1 Unter Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen werden radioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung und ausgediente Brennelemente verstanden.

Nuklide durch Bestrahlung in einer kerntechnischen Anlage (Transmutation) wird zurzeit als eine Möglichkeit diskutiert, das langfristige Gefährdungspotenzial der radioaktiven Abfälle zu verringern. Bei der Anwendung von Partitionierung und Transmutation entstehen erhebliche zusätzliche Mengen an nicht Wärme entwickelnden Abfällen. Die positiven Auswirkungen auf die Langzeitsicherheit eines Endlagers für Wärme entwickelnde Abfälle sind in internationalen und nationalen Studien als gering bewertet worden /FZJ 07, REN 14/. Der Zeitraum, für den radioaktive Abfälle eine Gefährdung darstellen, kann dadurch grundsätzlich nicht verkürzt werden.

Beide hier beispielhaft aufgeführten Optionen werden zwar häufig als mögliche Alternativen zur Endlagerung in tiefen geologischen Formationen diskutiert, sie stellen aber allenfalls Zwischenschritte bis zu einer endgültigen Entsorgungslösung dar. Am Ende wird jeweils ein geologisches Endlager für Wärme entwickelnde Abfälle benötigt.

2 Zielsetzung

Die DAEF möchte zu dem gemäß StandAG neu zu organisierenden Verfahren für die Endlagerung Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen in Deutschland aufzeigen, welche wissenschaftlichen Grundlagen für die Auswahl eines Endlagerstandorts bereits bestehen.

Dabei ist einerseits die prozedurale Gestaltung des wissenschaftsbasierten Auswahlprozesses von Bedeutung, um den vielfältigen Anforderungen des komplexen Verfahrens gerecht zu werden. Auf Basis des Stands der Forschung und der Erfahrungen in anderen Ländern werden Hinweise für eine entsprechende Herangehensweise gegeben und Herausforderungen für die Planung und Umsetzung eines Auswahlprozesses benannt.

Ein besonderer Stellenwert kommt andererseits der Definition von Kriterien zum sicherheitsorientierten Ausschluss bzw. zum Vergleich von Standortregionen und Standorten zu. Dazu wird der Stand von Wissenschaft und Technik hinsichtlich naturwissenschaftlich-technischer Kriterien² sowie sozialwissenschaftlicher und raumplanerischer Belange zusammengefasst. Außerdem wird auf besondere Herausforderungen hingewiesen, die sich u. a. aus der Anwendbarkeit dieser Kriterien auf die verschiedenen in Deutschland zu betrachtenden geologischen Situationen wie Salzgestein in flacher und steiler Lagerung, Tongestein und Kristall-

2 Unter naturwissenschaftlich-technischen Kriterien werden im Wesentlichen geowissenschaftliche Kriterien verstanden, wie sie im AkEnd und im StandAG benannt sind; aber auch darüber hinausgehende technische Kriterien wie z. B.: die Tiefenlage des Endlagerbergwerkes, die sich zum einen aus Anforderungen an einen sicheren Endlagerbetrieb und zum anderen aus Zielsetzungen des Sicherheitskonzeptes für die Langzeitsicherheit des Endlagers in der Nachverschlussphase ableiten.

ingestein³ ergeben sowie aus dem Anspruch, Kriterien zu begründen und die damit verbundenen Ziele und Werte explizit zu machen.

Nach Auffassung der DAEF werden im Rahmen eines Standortauswahlverfahrens Abwägungen durchzuführen sowie Werteentscheidungen zu treffen sein, da ein auf »objektivierter« wissenschaftlicher Bewertung basierendes Auswahlverfahren an Grenzen stoßen wird.

Das vorliegende Papier richtet sich an alle Akteure, die an dem Diskussionsprozess zur Entwicklung des Standortauswahlverfahrens und der Ableitung von dafür geeigneten Kriterien beteiligt sein werden bzw. sich dazu informieren wollen. Mit diesen Ausführungen soll keine Präjudizierung der Beratungsergebnisse der Kommission erfolgen.

Vielmehr sollen in kurzer Form der Stand von Wissenschaft und Technik sowie der Stand der sozialwissenschaftlichen Forschung dargestellt und notwendige Diskussionen über offene Fragen angeregt werden.

3 Vorgaben des StandAG

Nach § 1 StandAG ist es das Ziel des Standortauswahlverfahrens, »in einem wissenschaftsbasierten und transparenten Verfahren den Standort zu finden, der die bestmögliche Sicherheit für einen Zeitraum von 1 Million Jahren bietet«. Die DAEF interpretiert diese Zielsetzung aus erkenntnistheoretischen und verfahrenspraktischen Gründen dahingehend, dass unter »bestmöglich« derjenige Standort zu verstehen ist, der nach Durchführung eines geordneten, auf wissenschaftlichen Kriterien basierenden und transparenten Verfahrens ausgewählt wird.

Im Kapitel 3 (§§ 12 ff.) des StandAG sind zu einzelnen Elementen eines schrittweisen Standortauswahlverfahrens Anforderungen beschrieben und Aufgaben sowie Zuständigkeiten festgelegt. Dazu gehören:

- die Formulierung verbindlicher Verfahrensregeln,
- die Ermittlung in Betracht kommender Standortregionen und Einengung auf übertägig zu erkundende Standorte,
- die übertägige Erkundung potenzieller Standorte und Einengung auf untertägig zu erkundende Standorte,
- die untertägige Erkundung ausgewählter Standorte,
- die Entscheidung über einen Standort für ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle.

Zur Vorbereitung des Standortauswahlverfahrens wurde eine »Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe« (Kommission) eingesetzt, deren Aufgaben in § 4 beschrieben sind:

(1) Zur Vorbereitung des Standortauswahlverfahrens erarbeitet die Kommission einen Bericht. Sie geht in diesem Bericht umfassend auf sämtliche entscheidungserheblichen Fragestellungen ein. Sie unterzieht dieses Gesetz einer Prüfung und unterbreitet Bundestag und Bundesrat entsprechende Handlungsempfehlungen. Sie analysiert hierzu auch die Erfahrungen und die Vorgehensweise anderer Staaten bei der Standortauswahl.

3 Für ein Endlager für Wärme entwickelnde Abfälle in Deutschland werden vorrangig die Wirtsgesteine Salzgestein und Tongestein betrachtet, da sie gute Voraussetzungen bieten, dass ein einschlusswirksamer Gebirgsbereich gemäß den Sicherheitsanforderungen des BMUB ausgewiesen werden kann. Es ist davon auszugehen, dass auch Kristallingesteine in Deutschland diskutiert werden.

(2) *Die Kommission soll Vorschläge erarbeiten*

1. zur Beurteilung und Entscheidung der Frage, ob anstelle einer unverzüglichen Endlagerung hoch radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen andere Möglichkeiten einer geordneten Entsorgung dieser Abfälle wissenschaftlich untersucht und bis zum Abschluss der Untersuchungen die Abfälle in oberirdischen Zwischenlagern aufbewahrt werden sollen.

2. für die Entscheidungsgrundlagen (allgemeine Sicherheitsanforderungen an die Lagerung, geowissenschaftliche, wasserwirtschaftliche und raumplanerische Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen im Hinblick auf die Eignung geologischer Formationen für die Endlagerung sowie wirtsgesteinspezifische Ausschluss- und Auswahlkriterien für die möglichen Wirtsgesteine Salz, Ton und Kristallin, wirtsgesteinsunabhängige Abwägungskriterien und die Methodik für die durchzuführenden vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen),

3. für Kriterien einer möglichen Fehlerkorrektur (Anforderungen an die Konzeption der Lagerung insbesondere zu den Fragen der Rückholung, Bergung, und Wiederauffindbarkeit der radioaktiven Abfälle sowie der Frage von Rücksprüngen im Standortauswahlverfahren),

4. für Anforderungen an die Organisation und das Verfahren des Auswahlprozesses und für die Prüfung von Alternativen,

5. für Anforderungen an die Beteiligung und Information der Öffentlichkeit sowie zur Sicherstellung der Transparenz

sowie gesellschaftspolitische und technisch-wissenschaftliche Fragen erörtern und dabei Empfehlungen zum Umgang mit bisher getroffenen Entscheidungen und Festlegungen in der Endlagerfrage aussprechen und internationale Erfahrungen und daraus folgende Empfehlungen für ein Lagerkonzept analysieren.

(3) *Die Kommission arbeitet mit Forschungseinrichtungen im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Bildung und Forschung und des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie zusammen. Die Kommission kann wissenschaftliche Erkenntnisse der zuständigen obersten Bundes- und Landesbehörden heranziehen. Sie kann im Rahmen ihrer Arbeit Sachverständige anhören und externe wissenschaftliche Gutachten beauftragen.*

(4) *Die Kommission legt ihren Bericht dem Deutschen Bundestag, dem Bundesrat sowie der Bundesregierung vor. Der Bericht ist Grundlage für die Evaluierung dieses Gesetzes durch den Bundestag.*

(5) *Die Ausschlusskriterien, die Mindestanforderungen, die Abwägungskriterien und die weiteren Entscheidungsgrundlagen werden von der Kommission als Empfehlungen erarbeitet und vom Deutschen Bundestag als Gesetz beschlossen.*

Die Kommission soll den Bericht gemäß § 3, Satz 5 StandAG bis Ende 2015, spätestens bis Mitte 2016, beschließen.

Das vorliegende Papier befasst sich insbesondere mit Fragestellungen, die den § 4 Satz (2) Punkte 2 bis 5 betreffen.

4 Grundlagen für den Vergleich von Endlagerstandorten

Das Standortauswahlverfahren wird sich nicht allein auf einen Vergleich der geologischen Merkmale verschiedener potenzieller Standorte beschränken können. Vielmehr können aus Sicht der DAEF nur Endlagersysteme⁴ miteinander verglichen werden. Ein Endlagersystem umfasst das Endlagerbergwerk mit seinen technischen Komponenten sowie den geotechnischen und geologischen Barrieren in der jeweiligen geologischen Gesamtsituation. Der AKEnd betont in seinem Abschlussbericht /AKE 02/, »dass nur ein vollständiges und abgestimmtes Barrierensystem den Einschluss der Schadstoffe im Endlager dauerhaft gewährleisten kann«. Er empfiehlt, »dass zunächst eine günstige geologische Gesamtsituation auszuwählen ist, deren Barrierewirkung durch angepasste technische Barrieren ergänzt werden kann«.

Im Bericht »Konzeptionelle und sicherheitstechnische Fragen der Endlagerung radioaktiver Abfälle. Wirtsgesteine im Vergleich« /BFS 05/ kommt das Bundesamt für Strahlenschutz zu einer ähnlichen Sichtweise und schreibt in seinen zusammenfassenden Schlussfolgerungen u. a.: »Die Untersuchungen haben gezeigt, dass für alle in Deutschland relevanten Wirtsgesteinsformationen angepasste Endlagerkonzepte entwickelt werden können. Da die Verhältnisse auch innerhalb einer Wirtsgesteinsformation z. T. starken Schwankungen unterliegen, kann ein Vergleich nur standortspezifisch erfolgen und ist daher erforderlich. Insbesondere die Diskussionen zur Bewertung und zum Vergleich von Barrierensystemen und zum damit verbundenen Isolationszeitraum haben dies verdeutlicht. Dabei ist zu berücksichtigen, dass einzelne Barrieren unterschied-

liche Funktionen übernehmen und daher ihre Wirkung nur mit standortspezifischen Sicherheitsanalysen dargestellt und vergleichend bewertet werden kann.«

Unabhängig von der tatsächlichen Ausgestaltung des Standortauswahlverfahrens wird schrittweise eine Eingrenzung auf potenziell geeignete Standorte erfolgen. Zunächst werden voraussichtlich die in Deutschland nicht in Frage kommenden Großräume ausgeschlossen, wobei geowissenschaftliche Informationen eine hervorgehobene Rolle spielen werden. Dann werden Regionen mit vorteilhaften geologischen Gegebenheiten identifiziert und anschließend in diesen Regionen zunächst Standortgebiete und nachfolgend Standorte ausgewiesen.

Bei jedem einzelnen Schritt des Auswahlverfahrens werden Entscheidungen jeweils nur auf Basis von Vergleichen von Endlagersystemen getroffen werden können. Das bedeutet, dass auch stets mindestens eine vorläufige Planung für ein Endlagerbergwerk in den verschiedenen betrachteten Wirtsgesteinen bzw. Standortgebieten notwendig ist. Grundlagen dafür sind:

- Informationen zu Menge, Art und Eigenschaften der radioaktiven Abfälle,
- Kenntnisse der geologischen Gegebenheiten in den potenziellen Standortregionen bzw. an den Standorten sowie
- Vorstellungen zu einem jeweils darauf zugeschnittenen Sicherheitskonzept in Verbindung mit einem technischen Endlagerkonzept.

Entsprechende Informationen müssen in den einzelnen Verfahrensschritten im jeweils erforderlichen Tiefgang vorliegen oder sind zu erarbeiten, bevor im Rahmen des Auswahlverfahrens Entscheidungen, z. B. bezüglich eines Ausschlusses von potenziellen Standortregionen oder Standorten, getroffen werden können.

⁴ Das Endlagersystem ist in den Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle des BMUB /BMU 10/ wie folgt definiert: »Das Endlagersystem besteht aus dem Endlagerbergwerk, dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich und aus den diesen Gebirgsbereich umgebenden oder überlagernden geologischen Schichten bis zur Erdoberfläche, soweit sie sicherheitstechnisch bedeutsam und damit im Sicherheitsnachweis zu berücksichtigen sind.«

4.1 Ermittlung der Basisinformationen

Menge und Art der radioaktiven Abfälle, die endgelagert werden müssen, sowie ihre Wärmeleistung bestimmen den mindestens erforderlichen Raumbedarf. Dieser ist je nach betrachteter Gesteinsformation und gewähltem Einlagerungskonzept unterschiedlich. Je höher die thermische Belastbarkeit und die Wärmeleitfähigkeit eines Gesteins bzw. der geotechnischen Barrieren⁵ ist, desto enger können die Abfälle im Endlager gelagert werden.

Nach der Entscheidung, die Nutzung der Kernenergie in Deutschland bis zum Jahr 2022 zu beenden, und der Festlegung von verbindlichen Restlaufzeiten für die Leistungsreaktoren lassen sich die Art und Menge an Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen, ihr Radionuklidinventar und ihre thermischen Eigenschaften in sehr guter Näherung ermitteln /PEI 12/. Diese Daten sind also weitestgehend bekannt und können den Betrachtungen für ein Standortauswahlverfahren zu Grunde gelegt werden. Zu den radioaktiven Abfällen, die in einem Endlager für Wärme entwickelnde Abfälle zu berücksichtigen sind, gehören

- bestrahlte Brennelemente aus Leistungsreaktoren,
- radioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung ausgedienter Brennelemente aus deutschen Kernkraftwerken im Ausland sowie aus der Wiederaufarbeitungsanlage in Karlsruhe,
- bestrahlte Brennelemente aus Versuchs- und Prototypkernkraftwerken sowie Forschungsreaktoren und
- weitere radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, für die kein anderes Endlager zur Verfügung steht oder vorgesehen wird.

5 Der Begriff »geotechnische Barriere« bezeichnet technische Verfüll- und Verschlussmaßnahmen, die im Zusammenwirken mit dem umgebenden Wirtsgestein ihre Barrierefunktion ausüben. Davon zu unterscheiden sind »technische Barrieren« wie z. B. Abfallbehälter, die direkt und unabhängig von der geologischen Umgebung ihre Barriere Wirkung entfalten.

Eine weitere Grundlage für ein Standortauswahlverfahren sind ausreichende Kenntnisse zu den geologischen Gegebenheiten in den potenziellen Standortregionen und an den später zu definierenden Standorten. Dabei ist davon auszugehen, dass für alle zu betrachtenden Standortregionen und Standorte in Deutschland Informationen in unterschiedlichem Tiefgang und Detaillierungsgrad vorliegen. Ein als fair⁶ empfundenen Auswahlverfahren muss diesem Aspekt Rechnung tragen, indem genügend Zeit eingeräumt wird, um die Kenntnisse über die geologischen Gegebenheiten in den verschiedenen zu betrachtenden Standortregionen durch zusätzliche Untersuchungen von Verfahrensschritt zu Verfahrensschritt zu vertiefen. Das bedeutet, dass der erforderliche Kenntnisstand sich aus den Anforderungen des jeweiligen Verfahrensschrittes und den zu treffenden Entscheidungen ableitet. Die Informationen zu den Standortregionen bzw. Standorten werden damit im Laufe des Auswahlverfahrens für eine immer kleinere Anzahl von potenziellen Standorten immer detaillierter. Aus Sicht der DAEF ist es erforderlich, dass potenzielle Standortregionen oder Standorte nicht auf Basis einer unzureichenden Datenlage ausgeschlossen werden, damit das Ergebnis des Standortauswahlverfahrens mehrheitlich als fair empfunden wird.

Neben diesen Informationen basiert die für die Vergleiche von Endlagersystemen erforderliche Vorplanung des Endlagerbergwerks auf einem spezifischen Sicherheitskonzept für jede Standortregion bzw. für jeden Standort. Ein Sicherheitskonzept beschreibt, durch welche geologischen Gegebenheiten und technischen Maßnahmen die geforderte Sicherheit für ein Endlager an dieser Stelle erreicht und langfristig gesichert wird.

6 Unter einem fairen Auswahlverfahren versteht die DAEF einen Prozess, dessen Ergebnis nachvollziehbar auf Basis objektiver Entscheidungen unter Anwendung verbindlicher, vor der Entscheidung festgelegter und veröffentlichter Regeln erzielt wird, der transparent sowie unter Beteiligung Betroffener durchgeführt wird. Dies stellt aus Sicht der DAEF die Voraussetzung dafür dar, dass das Ergebnis des Auswahlverfahrens von der Mehrheit der Bevölkerung mitgetragen wird.

währleistet werden kann. Sicherheitskonzepte werden zunächst in allgemeiner Form unter Berücksichtigung wirtsgesteinsspezifischer Merkmale entwickelt. Mit zunehmenden Kenntnissen zu den regionalen bzw. standortspezifischen geologischen Gegebenheiten werden diese Sicherheitskonzepte dann weiterentwickelt. Dabei muss jedes Sicherheitskonzept die geltenden gesetzlichen und regulatorischen Anforderungen erfüllen.

Ein zentrales Element der Sicherheitsanforderungen für die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle /BMU 10/ ist der sogenannte einschlusswirksame Gebirgsbereich (ewG), der als ein Ansatzpunkt für den Nachweis der sicheren Endlagerung an einem Standort dient. Das Konzept des ewG wurde vom Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd) entwickelt und beschrieben /AKE 02/. In den letzten Jahren wurde dieser Ansatz in verschiedenen Forschungs- und Entwicklungsvorhaben in Deutschland hinsichtlich seiner generellen Anwendbarkeit in Endlagerkonzepten und Sicherheitsbewertungen mit positiven Ergebnissen geprüft. Der ewG soll über den in den Sicherheitsanforderungen festgelegten Nachweiszeitraum von 1 Million Jahre hinweg seine sicherheitsrelevanten Eigenschaften erhalten. Mit dem Konzept des ewG wird der Schwerpunkt auf den Einschluss der Radionuklide durch geologische und geotechnische Barrieren in einigen 100 Metern gelegt. Der festgelegte Nachweiszeitraum basiert auf Überlegungen des AkEnd im Hinblick auf die Prognostizierbarkeit der Entwicklung geologischer Systeme.

Auch im Schweizer Sachplanverfahren spielt die Bewertung der Eigenschaften des ewG eine wesentliche Rolle für die Beurteilung von Standortmöglichkeiten /BFE 08/. Die DAEF ist überzeugt, dass in Deutschland Standorte ausgewiesen werden können, die einen ewG bieten, und schätzt unter dieser Prämisse ein, dass der ewG-Ansatz für eine Standortauswahl unter den geologischen Bedingungen Deutschlands den Stand der Wissenschaft darstellt. Die Bedeutung der einzelnen Barrieren für die Einschlussfunktion kann dabei für

die verschiedenen Wirtsgesteine sehr unterschiedlich sein. Im Kristallingestein wird auf Grund seiner von Natur aus gegebenen Klüftigkeit den technischen und geotechnischen Barrieren eine deutlich größere Bedeutung zugesprochen als dies beim Tongestein oder Salzgestein der Fall ist.

4.2 Notwendigkeit von Konzeptentwicklungen

Aufbauend auf den wirtsgesteins- und später standortspezifischen Sicherheitskonzepten wird unter Berücksichtigung der geltenden gesetzlichen und regulatorischen Anforderungen eine vorläufige Planung – ein Konzept – für ein Endlagerbergwerk an dem betrachteten Standort entwickelt. Ein solches technisches Endlagerkonzept beinhaltet Beschreibungen und zeichnerische Darstellungen der wesentlichen über- und untertägigen Komponenten und Anlagen für den Transport und die Einlagerung der Wärme entwickelnden Abfälle sowie Abschätzungen zu der geometrischen Ausdehnung des Endlagerbergwerks.

Eine detaillierte Planung des Endlagerbergwerkes, der erforderlichen technischen Komponenten und Anlagen sowie der Verfahren und Techniken zur Errichtung, zum Betrieb und zum Verschluss des Endlagers – eine Endlagerauslegung – kann darauf aufbauend in weiteren Schritten des Standortauswahlprozesses erfolgen. Detaillierte Planungen für ein Endlager für Wärme entwickelnde Abfälle sind in Deutschland bislang nur für Salzstandorte in steiler Lagerung durchgeführt worden /BOL 12/. Für die Endlagerung in den Wirtsgesteinen Tonstein und Kristallin in Deutschland wurden dagegen nur Konzepte ohne konkreten Standortbezug entwickelt. In Finnland, Schweden (in beiden Ländern Wirtsgestein: Kristallin) und in Frankreich (Wirtsgestein: Tonstein) sind die Endlagerprojekte für Wärme entwickelnde Abfälle so weit fortgeschritten, dass für den jeweils festgelegten Standort detaillierte Endlagerplanungen vorliegen. Inwieweit solche Planungen auf deutsche Verhältnisse übertragbar sind und ggf. im Standortauswahlprozess genutzt werden können, ist jedoch im Einzelfall zu prüfen.

Der Tiefgang der Planungen hängt von dem jeweiligen Kenntnisstand über die geologische Gesamtsituation eines Standortes und damit von der Phase ab, in der sich der Auswahlprozess befindet. Die dazu vorliegenden internationalen Empfehlungen (/IAE 11/, /EPS 14/) beziehen sich zwar nur auf die Realisierung eines

Endlagerprojektes an einem bereits gewählten Standort. Aus Sicht der DAEF können diese Empfehlungen aber sinngemäß auch auf ein Standortauswahlverfahren übertragen werden.

Sicherheitskonzept, Endlagerkonzept und Endlagerauslegung berücksichtigen Vorteile von Wirtsgesteinen und Standortspezifika und kompensieren ggf. weniger vorteilhafte Eigenschaften, wie z. B. die Klüftigkeit von Wirtsgesteinen. Damit werden anhand von Sicherheitsuntersuchungen nicht nur der Standort, sondern immer auch das Sicherheitskonzept und das Endlagerkonzept bzw. die Endlagerauslegung bewertet. Änderungen von Konzepten und Auslegungen können zu günstigeren oder weniger günstigen Ergebnissen von Sicherheitsuntersuchungen führen. Bei der Bewertung, ob ein Endlagersystem sicherheitstechnische Vorteile gegenüber einem anderen aufweist, ist darauf zu achten, dass die Endlagersysteme auf einem vergleichbaren Tiefgang geplant sind und im entsprechenden Maß die jeweils beste verfügbare Technologie eingesetzt wird.

5 Prozess zur Identifizierung potenziell geeigneter Standorte

Aus Sicht der DAEF stellt ein gestuftes, auf wissenschaftlichen Kriterien basierendes, transparentes und faires Standortauswahlverfahren eine angemessene Vorgehensweise zur Identifizierung von potenziell geeigneten Standorten für ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle dar.

Durch den AkEnd wurden 2002 erste Vorschläge zum Ablauf eines Auswahlverfahrens in Deutschland erarbeitet /AKE 02/. In der Schweiz werden seit 2008 im Rahmen des Sachplans geologische Tiefenlager (SGT) je ein Standort für ein Tiefenlager für schwach und mittel radioaktive Abfälle sowie für hoch radioaktive Abfälle gesucht (einschließlich der Option, beide Tiefenlager am selben Standort zu errichten). Bei der Entwicklung des Schweizer Auswahlverfahrens wurde eine ganze Reihe von Elementen des AkEnd-Vorschlags berücksichtigt. Gleichzeitig wird mit dem Sachplan-Verfahren auf ein in der Schweiz etabliertes Instrument der Raumplanung zurückgegriffen. Allerdings zeigt sich in der Schweiz ebenso wie beispielsweise in Schweden und Frankreich, dass Auswahlverfahren in verschiedenen Ländern nicht einem einheitlichen Muster folgen sondern von den jeweiligen gesellschaftlichen und rechtlichen Verhältnisse sowie der nationalen Historie und Kultur abhängig sind. Dazu gehören u. a. die Verfasstheit des jeweiligen nationalen Regierungssystems (inkl. vorgesehener Öffentlichkeitsbeteiligung und Anforderungen an die Transparenz), der Grad des gesellschaftlichen Widerspruchs gegen Entsorgungsvorhaben und der Stand der politisch-gesellschaftlichen (Streit-)Kultur. Allerdings lassen sich aufbauend auf dem Stand der sozialwissenschaftlichen Forschung und Erkenntnissen in verschiedenen Ländern einige Anforderungen an die Ausgestaltung eines Auswahlverfahrens zusammenfassend benennen.

5.1 Anforderungen an die Ausgestaltung eines Auswahlverfahrens

Für ein Standortauswahlverfahren, das den aktuellen sozialwissenschaftlichen Forschungsstand berücksichtigt und ein Kernelement der Entscheidungsfindung darstellt, sind nach Ansicht der DAEF die folgenden drei wesentlichen Aspekte zu berücksichtigen:

1. Die Standortauswahl ist Teil eines längeren Verfahrens, das von der konzeptionellen Grundentscheidung und über die Standortauswahl bis zur Errichtung eines Endlagers einschließlich der Betriebs- und der Verschlussphase eines Endlagers reicht.

2. Für dieses Standortauswahlverfahren ist ein »integrierender Prozess« zu etablieren, der die technisch-naturwissenschaftlichen mit den sozialen Aspekten produktiv verknüpft und der auf einem Satz von eingangs festgelegten Verfahrensregeln basiert und als »lernendes System« angelegt ist. Dabei sollte die Zielsetzung des Gesamtverfahrens stets im Blick behalten werden.

3. Um die Verantwortung für die anstehenden Entsorgungsaufgaben wahrzunehmen, ist das Gesamtverfahren auf eine Verwirklichung in planbaren Zeiträumen auszulegen.

Der »integrierende Prozess«, der aus Sicht der Forschung⁷ notwendig ist, kann aus Sicht der DAEF dadurch gefördert werden, dass von Anfang an unterschiedliche Wissensbestände aus den verschiedenen

⁷ Im AkEnd-Bericht wird hierzu Folgendes gesagt: »Von Ausnahmen abgesehen ist in anderen Ländern bei der Standortauswahl eine Entwicklung hin zu klareren Verfahrensstrukturen mit ausgeprägtem schrittweisen Vorgehen, mit systematischer Einbeziehung sozialwissenschaftlicher Aspekte – neben den früher dominierenden geowissenschaftlichen Aspekten – und mit frühzeitiger (verbindlicher) Einbindung der Öffentlichkeit bzw. interessierter/ betroffener Gruppen und Personen in das Verfahren zu erkennen. (...) Der internationale Vergleich bestärkt auch das Vorgehen des AkEnd bei der Kriterienentwicklung.« /AKE 02, Seite 51f./; siehe auch /COW 07, Seite 15/ und /KER 14/.

akademischen Disziplinen, aber auch Wissensbestände der organisierten Interessengruppen (aus Wirtschaft, Politik, Zivilgesellschaft) und der interessierten Öffentlichkeit systematisch einbezogen werden. Hierbei sollten auch Austauschprozesse angestoßen und der Informationsfluss unter den beteiligten Akteuren aufrechterhalten werden, um zu rational begründbaren Entscheidungen zu gelangen. Mit der pluralistischen Besetzung bietet die Kommission günstige Voraussetzungen, um einen integrierenden Prozess dieser Art zu einem frühen Zeitpunkt der Standortauswahl zu etablieren.

Ein »lernendes System« ist in der Lage, neue im Verfahrensverlauf entstehende Erkenntnisse und Einflüsse zu berücksichtigen sowie diese gegebenenfalls in den Prozess zu integrieren und umzusetzen. Dies setzt voraus, dass der Prozess auf einem mehrstufigen Regelungssystem aufbaut. Dieses kann beispielsweise aus den drei folgenden Stufen bestehen:

1. *»Allgemeine Grundsätze« sind Prinzipien und verbindlich definierte Regeln, die frühzeitig vereinbart und über die gesamte Dauer des Standortauswahlverfahrens unverändert bleiben sollen.*

2. *»Konzeptionelle Anforderungen (technologisch und prozedural)« konkretisieren die Grundsätze des Verfahrensverlaufs und sollten an neue Erkenntnisse im Verfahrensverlauf anpassbar sein, ohne beliebig zu werden. Die Handlungsfähigkeit der Akteure bleibt hierbei gewahrt, wenn neben den gesetzlich definierten Verfahrensschritten Haltepunkte innerhalb dieser Verfahrensschritte festgelegt werden. Diese sichern einerseits ein hohes Maß an Flexibilität, definieren jedoch auch andererseits das zielgerichtete Fortführen des Prozesses. Die Festlegung der Haltepunkte erfolgt innerhalb des Standortauswahlprozesses, spätestens am Anfang des jeweiligen Verfahrensschrittes, durch Aushandlung der beteiligten Akteure.*

3. *»Detaillierte Ausführungsregeln« definieren konkrete Details der Projektrealisierung und werden mit dem*

Fortschritt des Verfahrens entwickelt. Ein lernendes System bietet somit die Möglichkeit der Anpassung und Revision auf der konzeptionellen und ausführungsbegrenzten Ebene, ohne die allgemeinen Grundsätze des Verfahrens außer Kraft zu setzen. Das StandAG weist nach ersten Analysen (siehe /SME 14/) als Gesetzesrahmen zwar in diese Richtung. In der Ausgestaltung des Gesamtprozesses und insbesondere der Ausgestaltung der Öffentlichkeitsbeteiligung sowie der systematischen Integration wichtiger Elemente des Entscheidungshandels besteht jedoch Präzisionsbedarf.

Das StandAG eröffnet die Möglichkeit, ab Planungsbeginn des Standortauswahlverfahrens eine frühzeitige Einbindung zentraler betroffener und interessierter Akteure zu realisieren und geeignete Verfahren für die Beteiligung auf der nationalen und den regionalen Ebenen während aller Schritte der Standortauswahl (und darüber hinaus) zu entwickeln. Dabei kann im Sinne des »lernenden Systems« zunächst ein Rahmen definiert werden, innerhalb dessen eine anforderungsgerechte und an den Zielen des Auswahlverfahrens orientierte Fortentwicklung der Beteiligungsprozesse erfolgt. Aus Sicht der DAEF wären dabei der jeweilige Verfahrensschritt und die Bedürfnisse der beteiligten Interessengruppen und der interessierten sowie der von Entscheidungen betroffenen Öffentlichkeit zu berücksichtigen (z. B. /BFE 11/).

In einem gestuften Standortauswahlprozess kann es in verschiedenen Schritten zum Ausschluss oder zur Rückstellung von potenziellen Standortregionen oder Standorten kommen. Wenn keine Ausschlusskriterien verletzt und die Mindestanforderungen erfüllt werden, erfolgen solche Entscheidungen auf Basis der Untersuchungsbefunde für die potenziellen Standorte und der qualitativen und quantitativen Ergebnisse von Sicherheitsuntersuchungen und -bewertungen unter Anwendung von wissenschaftlich-technischen und raumplanerischen sowie sozialwissenschaftlichen Abwägungskriterien. Das heißt auch, dass Standorte nur auf Basis belastbarer Befunde zu den im jeweiligen Auswahlschritt geforderten Anforderungen ausgeschlossen

werden dürfen und nicht etwa, weil nicht genügend Daten im Vergleich zu anderen Standorten vorliegen.

Der Prozess zur kriteriengestützten Entscheidungsfindung, bei dem quantitative und qualitative Befunde zu einer Gesamtaussage für einen Standort aggregiert werden, muss rechtzeitig – soweit möglich vor Beginn des Standortauswahlverfahrens – entwickelt werden. In diesem Zusammenhang sind auch die Gremien zur Einbeziehung der Öffentlichkeit, die an dem Auswahlverfahren beteiligt sind, und die Beratungsgremien der Ministerien zu benennen und ihre jeweiligen Rollen und Zuständigkeiten zu definieren. Weltweit gibt es nach Kenntnis der DAEF bisher keine abschließende Umsetzung eines Kriterienkataloges für eine derartige kriteriengesteuerte systematische Einengung von potenziellen Standorten mit dem Ziel der Identifizierung des Standortes, der die bestmögliche Sicherheit bietet.

Um diese kriteriengesteuerte Auswahl eines potenziellen Standortes robust abzuarbeiten, bedarf es neben technischer Kriterien verschiedener prozeduraler Regelungen, die ein ausreichendes Maß an Robustheit⁸ der Entscheidungen und Qualität des Verfahrens sicherstellen. Folgende Aspekte sind hierbei relevant, die zum Teil im StandAG benannt sind aber weiterer Konkretisierung bedürfen:

1. Das komplexe und über viele Jahre dauernde Verfahren bis zur Bereitstellung eines Endlagers erfordert einen klar strukturierten Prozess. Verbindliche, eindeutig definierte Grundsätze des Verfahrens, Prüf- und Entscheidungspunkte sowie ebenso definierte Rollenzuweisungen der beteiligten Institutionen und Akteure sind geeignet, den Prozess zu strukturieren und den

Rahmen für die Entscheidungsvorbereitung und die Entscheidung selbst zu setzen. Die Vereinbarungen zum Prozess sollten möglichst von allen Beteiligten mitgetragen werden.

2. Transparenz, Ergebnisoffenheit und Nachvollziehbarkeit des Prozesses und der Entscheidungsfindung sind zentrale Anforderungen, die in allen Stufen des Verfahrens festgeschrieben werden sollten. Dazu gehört auch das Benennen entscheidungsrelevanter Interessen und Werte, die in Abwägungsprozessen nachvollziehbar zu berücksichtigen sind.

3. Dazu gehört auch die Festlegung, welche zivilgesellschaftlichen Akteure neben weiteren Stakeholdern⁹ in den verschiedenen Verfahrensschritten in jedem Fall zu beteiligen sind. Für die Beteiligten wird Verfahrensklarheit dadurch erreicht, dass zu Beginn geklärt ist, welcher Gestaltungsspielraum bei der jeweiligen Beteiligungsmaßnahme für welchen Akteur vorgesehen ist und welche Rechte und Pflichten damit verbunden sind.

4. Die Schnittstellen zwischen informellen Beratungsprozessen und verbindlichen Entscheidungen sind zu Beginn eines jeden einzelnen Verfahrensschrittes eindeutig zu benennen sowie das Zusammenspiel der verschiedenen Akteure bei Bedarf zu optimieren. Dies trägt dazu bei, die Interessengruppen, die interessierte Öffentlichkeit und potenziell betroffene Akteure als Unterstützer für den schrittweisen Entscheidungsprozess zu gewinnen.

⁸ Unter Robustheit verstehen wir an dieser Stelle Nachvollziehbarkeit, auf einer guten Wissensgrundlage, unter Einbeziehung von unterschiedlichen Wissensbeständen und Interessenslagen, die auch ein reflektiertes Bewusstsein über Nichtwissen und Unsicherheiten einschließen.

⁹ Unter Stakeholdern verstehen wir etablierte, organisierte Interessensverbände, die in offiziellen Entscheidungsprozessen aufgrund ihrer bedeutenden Rolle im Institutionengefüge miteinbezogen werden. Als zivilgesellschaftliche Akteure bezeichnen wir demgegenüber Akteure, die nicht unmittelbar in Entscheidungsprozessen involviert sein müssen, die jedoch ein spezifisches Interesse am Thema aufweisen. Während sich Stakeholder durch einen hohen Organisationsgrad auszeichnen, weisen zivilgesellschaftliche Akteure einen niedrigen Grad der Organisiertheit auf.

5. Bei der Umsetzung des Verfahrens gemäß StandAG, insbesondere nach Abschluss der zeitlich befristeten Arbeit der Kommission, können unabhängige nationale und regionale Begleitgremien die Umsetzung des Verfahrens unterstützen und die eingebrachten Entscheidungsgrundlagen auf ihre Qualität hin prüfen und bewerten. Empfehlenswert ist außerdem die Einrichtung eines professionellen unparteiischen Konfliktmanagements.

6. Bei einem auf geologische Erkundungen und Erkenntnisse angewiesenen Projekt können naturgemäß nicht alle Entscheidungsgrundlagen eingangs im Detail definiert werden. Auch wird es im Laufe eines schrittweisen Vorgehens wiederholt zu »Entscheidungen unter Bedingungen der Unsicherheit/Ungewissheit« kommen. Der methodische Umgang mit diesen Problemlagen ist angepasst an den jeweiligen Verfahrensschritt festzulegen.

7. Die Bewohner potenzieller Standortregionen bzw. deren Vertreter haben erfahrungsgemäß Bedarf, sich in der komplexen Materie durch Experten ihres Vertrauens beraten zu lassen. Dafür sind die Randbedingungen festzulegen, nach denen eine unabhängige Beratung in jedem Fall sichergestellt wird.

8. Nachbarstaaten, die durch die Auswahl von geeigneten Standortregionen betroffen sein könnten, sind frühzeitig in das Verfahren einzubeziehen.

Dokumentation der Ergebnisse und des Vorgehens, mit dem es zu diesen kam.

Die Aufgabe, »Prozessqualität« bei der Entscheidungsfindung herzustellen, ist eine große Herausforderung. Angesichts des hohen Misstrauens in Teilen der Öffentlichkeit gegenüber Wissenschaft, Regierungsorganisationen, Energiewirtschaft und Interessenverbänden kommt der Sicherstellung der Prozessqualität eine herausragende Bedeutung für das Gelingen des Standortauswahlverfahrens zu. Dazu bedarf es auch einschlägiger vertrauensbildender Maßnahmen von allen Seiten.

Bisher mangelt es in Deutschland im Kontext der Standortauswahl an Erfahrungen (1) hinsichtlich der Verwirklichung von Prozessen zur frühzeitigen Beratung zentraler Planungen und Konzepte mit Interessengruppen und (2) hinsichtlich der Entwicklung von Verfahrenselementen und -kriterien in einem integrierenden Prozess, der die verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen sowie die Wissensbestände der Interessengruppen einschließt.

Die DAEF empfiehlt, dass die Kommission sich bei ihren Überlegungen an den hier genannten Anforderungen orientiert, um eine belastbare Basis für die Durchführung des Standortauswahlverfahrens für ein Endlager für Wärme entwickelnde Abfälle zu schaffen.

Expertendissens und Expertenkonflikte sind während der Standortauswahl und in späteren Phasen nicht nur nicht auszuschließen, sondern vielmehr mit einer gewissen Regelmäßigkeit zu erwarten. Daher wäre es von Vorteil, wenn diese Uneinigkeiten transparent gemacht werden und unter Beteiligung der interessierten Öffentlichkeit (z. B. auf nationalen Workshops oder Hearings) behandelt werden. Formen der Aufarbeitung von Expertendissens werden in bisherigen Standortauswahlverfahren weder gefordert noch ausreichend berücksichtigt. Prozesse der »Schließung« solcher Debatten und Konflikte besitzen für das Gesamtverfahren ebenso ein hohes Maß an Bedeutung wie auch die

5.2 Beispiele für Auswahlprozesse in Europa

An drei Beispielen soll hier deutlich gemacht werden, dass Auswahlprozesse weltweit nicht standardisiert sind. Vielmehr spielen länderspezifische Randbedingungen eine herausragende Rolle.

- In Schweden hat die zuständige Endlagerorganisation SKB im März 2011 den Standort Forsmark (Alternative war Laxemar in der Gemeinde Oskarshamn) für die Endlagerung ausgedienter Kernbrennstoffe vorgeschlagen¹⁰. Es handelte sich um die Entscheidung zwischen zwei Standorten, für die in beiden Fällen eine Einlagerung nach demselben Endlagerkonzept in kristallines Wirtsgestein vorgesehen war. Lediglich die konkrete Endlagerauslegung wäre für die beiden Standorte – abhängig z. B. von der Lage von Störungszonen – unterschiedlich ausgefallen. Dabei leisten die technischen Barrieren einen höheren Beitrag zum Einschluss der Schadstoffe als die geologische Barriere. Entsprechend, und weil beide schwedische Standorte prinzipiell geeignet waren, waren Unterschiede der Geologie auch weniger sicherheitsrelevant als dies bei einem Vergleich von Endlagersystemen mit unterschiedlichen Wirtsgesteinen (Steinsalz, Tonstein, Granit) der Fall sein könnte. Die Entscheidung für den Standort Forsmark wurde zwar von Sicherheitsanalysen ausgehend, aber weitgehend qualitativ-argumentativ begründet. Bei der Standortentscheidung sprachen für Forsmark u. a. die geringere Häufigkeit wasserführender Klüfte und eine höhere Wärmeleitfähigkeit des Wirtsgesteins. Niedrigere Gebirgsspannungen und eine geringere hydraulische Leitfähigkeit im oberflächennahen Bereich sprachen dagegen für Laxemar. Auch Kostenerwägungen spielten eine Rolle bei der Stand-

ortentscheidung. Für Forsmark wurde aufgrund der dort höheren Wärmeleitfähigkeit des Wirtsgesteins eine geringere Endlagergröße ermittelt. Insbesondere daraus resultierten niedrigere Gesamtkosten als für Laxemar, wobei in der Kostenschätzung die durch den Transport der derzeit in der Nähe von Laxemar zwischengelagerten Kernbrennstoffe nach Forsmark höheren Transportkosten berücksichtigt wurden.

- In Frankreich wurde die Entscheidung über die Entsorgung hoch radioaktiver Abfälle per Gesetz geregelt (1991 und 2006). Das Gesetz von 1991 (»Loi Bataille«) wurde verabschiedet, nachdem bereits ein Anlauf zur Auswahl eines Standortes für ein Untertagelabor im Kristallingestein an heftigen Auseinandersetzungen mit betroffenen Bevölkerungsgruppen gescheitert war. In einem durch das Gesetz vorgegebenen, gestuften Verfahren ist Öffentlichkeitsbeteiligung vorgesehen sowie eine jährliche Berichtspflicht an das Parlament, das letztendlich auch das weitere Vorgehen beschließt. Recht früh entschied man sich für die Endlagerung hoch radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen mit Rückholbarkeitsoption und gegen eine Langzeitzwischenlagerung. Daneben wird in Frankreich auch die Entwicklung der Transmutationstechnologie als Ergänzung zur bereits großtechnisch betriebenen Wiederaufarbeitung ausgedienter Kernbrennstäbe weiterverfolgt. Im Gesetz über das Management der radioaktiven Abfälle von 2006 wird die Endlagerung in tiefen geologischen Formationen mit Rückholbarkeitsoption formal als Entsorgungsweg für die hoch radioaktiven Abfälle festgelegt. Ein Antrag für ein solches Lager soll bis 2015 gestellt und die Errichtung bis 2025 abgeschlossen sein. Aus drei Standorten in drei Wirtsgesteinen (Tonmergel, Granit, Tonstein) wurde nicht zuletzt auch wegen der aus dem Departement Meuse/Haute Marne signalisierten positiven Haltung der Callovo Oxford Tonstein als Wirtsgestein ausgewählt. Auch hier fiel die Entscheidung nicht anhand vorab klar definierter Kriterien. Jedoch wurde den beiden anderen Standorten eine ungünstigere seismische Situation (Tonmergel) bzw. eine ausgeprägte Klüftigkeit des Ge-

¹⁰ Der Vorschlag wurde durch die SKB formal durch die Einreichung eines Antrags für eine Errichtungsgenehmigung bestätigt. Die behördliche Bestätigung der Standortauswahl wird erst durch die Annahme des Antrags auf Errichtungsgenehmigung durch die zuständige atomrechtliche Behörde und den »Environmental Court« erfolgen.

steins (Granit) attestiert, die letztlich zur Auswahl des Tonsteins im Pariser Becken als favorisierter Formation führten. Gegenwärtig erfolgt die Endlagerplanung für den ausgewählten Standort in der Nähe der Ortschaft Bure für die über- und untertägigen Anlagen innerhalb eines Bereichs mit einer Ausdehnung von 30 km². Die ausführende Organisation, Andra, hatte der Regierung 2009 diesen Bereich unter dem Namen ZIRA (zone d'intérêt pour la reconnaissance approfondie) vorgeschlagen. Dieser wiederum liegt innerhalb des 2005 ausgewiesenen 250 km²-Bereichs, auf den laut Andra die Ergebnisse des unterirdischen Labors in Bure übertragen werden können.

- Dem Schweizer Sachplanverfahren, welches die Standortauswahl für geologische Tiefenlager in der Schweiz regelt /BFE 08/, liegt ein Kriterienkatalog zugrunde, der 13 allgemein formulierte Kriterien zur Standortevaluation hinsichtlich Sicherheit und technischer Machbarkeit in vier Kriteriengruppen umfasst. Die Kriteriengruppen betreffen die Eigenschaften des Wirtsgesteins bzw. des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches, die Langzeitstabilität, die Zuverlässigkeit der geologischen Aussagen bezüglich Charakterisierbarkeit, Explorierbarkeit und Prognostizierbarkeit der geologischen Verhältnisse und die bautechnische Eignung des Wirtsgesteins inklusive der Möglichkeit der untertägigen Erschließung, wobei die zu beurteilenden Aspekte das gesamte Endlagerkonzept im Blickfeld haben müssen. Im Interesse eines flexiblen Verfahrens sollten allgemeine Kriterien und Regeln zwar vorab festgelegt werden, möglicherweise notwendige Spezifizierungen jedoch erst vor dem jeweiligen Verfahrensschritt erfolgen /LEU 13/. Das Sachplanverfahren ist ein im Schweizer Raumplanungsgesetz verankertes Planungs- und Koordinationsinstrument des Schweizer Bundes. Im Jahr 2011 hat der Schweizer Bundesrat zum Abschluss der Etappe 1 der Auswahl von Opalinuston als Wirtsgestein für die Tiefenlagerung hoch radioaktiver Abfälle und drei Regionen, in denen ein möglicher Standort ausgewählt werden kann, zugestimmt. Jedes dieser drei Standortgebiete käme auch für die Lagerung von schwach- und

mittelaktiven Abfällen in Frage, wobei dafür zum Teil andere, weniger tief liegende Gesteinsformationen betrachtet werden. Das aktuelle Endlagerkonzept sieht eine Rückholbarkeitsoption sowie die Einrichtung eines Pilotendlagers vor, in dem die Entwicklung des Endlagersystems über einen gewissen Zeitraum beobachtet werden kann. In allen Schritten des Verfahrens finden Instrumente der Öffentlichkeitsbeteiligung Anwendung. Derzeit wird über die Konzeption möglicher Oberflächeneinrichtungen für einen Endlagerstandort diskutiert und die nächste Phase – die eigentliche Standortauswahl – vorbereitet.

Die aufgeführten Beispiele zeigen, dass wissenschaftliche Kriterien mit unterschiedlicher Bedeutungszuschreibung und im unterschiedlichen Maße zu Grunde liegen. Kriteriendefinitionen und -anwendungen sind oftmals Resultat eines langwierigen Entwicklungsprozesses, in dem der Auswahlprozess festgelegt wird, wobei sich im Zuge der Implementierung Anpassungen ergeben können. Letztendlich sind die Rolle von und der Umgang mit Kriterien immer im Kontext der jeweiligen nationalen Gegebenheiten zu sehen.

6 Kriterien zur Identifizierung potenziell geeigneter Standorte

Die in den jeweiligen Schritten eines Auswahlverfahrens anzuwendenden Kriterien wirken sich steuernd im Einengungs- und Auswahlprozess aus. Diese Kriterien sind einerseits naturwissenschaftlich-technischer Natur, andererseits spielen aber auch nicht-technische Kriterien und prozedurale Aspekte eine Rolle. Die Einengung auf Standortregionen und potenzielle Standorte im Rahmen des Auswahlprozesses erfordert daher eine multikriterielle Abwägung. Die DAEF hält einen interdisziplinären Diskurs zu den Kriterien für zielführend und eine Berücksichtigung der Kenntnisse bisheriger Kriterienentwicklung und Auswahlprozesse im In- und Ausland für erforderlich. Diesen Diskurs gilt es bei der Kriterienentwicklung möglichst frühzeitig zu etablieren. Die Entwicklung dieser Kriterien und ihre Begründung müssen sich auch an dem Ergebnis messen lassen, dass der Auswahlprozess für die vorgeschlagenen potenziellen Standorte als fair empfunden werden kann.

6.1 Herausforderungen

Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und Abwägungskriterien können in einem stufenweisen Prozess dazu dienen, räumliche Eingrenzungen so vorzunehmen, dass territorial eingrenzbar Standortegebiete identifiziert werden. Aus der Anwendung von Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und Abwägungskriterien ergeben sich zunächst einmal nur physische Räume, die angesichts des jeweiligen Wissensstandes geeignet sein könnten. Das dabei aktivierte Wissen ist jedoch immer als vorläufig und damit in gewisser Weise als unsicher einzustufen. Es gilt solange, bis es falsifiziert wird; ob und wann das geschieht, ist nicht präzise zu benennen, auch wenn mathematische Modelle helfen, diese Unsicherheit abzuschätzen oder besser zu charakterisieren. Entsprechend werden auch diese Eingrenzungen bei unsicheren Ausgangsbedingungen getroffen. Dafür sind in demokratischen Industriegesellschaften verschiedene politische Akteure und Gremien vorgesehen, die sich im günstigen

Fall auf robustes und wissenschaftlich fundiertes Wissen abstützen und damit die »kollektive Verbindlichkeit« ihrer Entscheidungen untermauern. Dieses Untermauern geschieht in einem Mehrebenen-System, in dem Stakeholder ebenso eine Rolle spielen wie nationale politische Gremien, beratende Wissenschaft und betroffene Standortbevölkerung. Hierbei werden in der Regel Expertenwissen und politische Entscheidungen durch Verfahren und prozedurale Regeln miteinander verknüpft.

Aus Sicht der DAEF sind bei der Entwicklung und Anwendung von Kriterien zur Standortauswahl folgende Punkte zu beachten:

- Die Kriterien eines Auswahlprozesses richten sich nach den zuvor festgelegten zu erreichenden Zielen. Kriterien reflektieren aber nicht nur fachlich-wissenschaftliche Eigenschaften, sondern auch politisch-gesellschaftliche Ziele und Werte. Es sollte daher nachvollziehbar dargelegt werden, warum und vor welchem Hintergrund die Kriterien entwickelt wurden.
- Methoden und Annahmen, die der Entwicklung der einzelnen Kriterien zu Grunde gelegt werden, und Referenzmaßstäbe sind ebenso darzustellen wie die dafür ins Feld geführten Argumentationen.
- Da in Argumentationen Wertungen und Vergleiche mit Analogieschlüssen nicht zu vermeiden sind, ist möglichst klar darzulegen, worauf die Argumentationen basieren, die den Kriterien zu Grunde liegen.
- Die Kriterien, deren Bewertungsmaßstäbe und Gewichtung sind im jeweiligen Verfahrensschritt vor ihrer Anwendung festzulegen.

Kriterien können quantitativer oder qualitativer Natur sein. Nur bestimmte Kriterien (Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen) wirken direkt, und voneinander unabhängig, steuernd im Rahmen eines Auswahlverfahrens. Abwägungskriterien dienen dazu, potenzielle Standorte, die keine Ausschlusskriterien verletzen und die Mindestanforderungen erfüllen, untereinander hinsichtlich ihrer Eignung zu bewerten.

Bei der Anwendung von Abwägungskriterien im Rahmen eines Auswahlverfahrens ist zu berücksichtigen, dass diese inhaltlich miteinander verknüpft sein können, wie z. B. der hydraulische Gradient und die Gebirgsdurchlässigkeit in Verbindung mit der Mächtigkeit der betrachteten Gesteinsformation, so dass die Erhöhung eines Parameterwertes durch eine Verringerung eines verknüpften Parameterwertes kompensiert werden kann, ohne die gewünschte Einschlusswirksamkeit des Gesteins zu beeinträchtigen. Derartige Kompensationsaspekte sind zu berücksichtigen, wenn die regions- bzw. standortspezifischen Befunde zu den einzelnen Kriterien zu einer Gesamtbewertung zusammengeführt werden. Abwägungskriterien können naturwissenschaftlich-technischer Natur sein, raumplanerische Aspekte betreffen oder soziale Werte bzw. Präferenzen berühren. Auf diesen Aspekt wird in Kapitel 6.3 gesondert eingegangen.

6.2 Naturwissenschaftlich-technische Kriterien

Der AkEnd und die BGR haben eine Reihe von Ausschlusskriterien formuliert, die einen guten Ausgangspunkt für weitere zukünftige Überlegungen darstellen. Nach Einschätzung der DAEF sollten bei der Ableitung von Mindestanforderungen und Abwägungskriterien Erkenntnisse aus generischen, d. h. nicht auf einen konkreten Standort Bezug nehmenden, Sicherheitsuntersuchungen zu Endlagern in den verschiedenen potenziellen Wirtsgesteinen berücksichtigt werden. Weiterhin lassen sich z. B. aus den Ergebnissen der Vorläufigen Sicherheitsanalyse Gorleben /FIS 13/ Mindestanforderungen an Endlagersysteme in Salzstandorten ableiten. Vertiefende Untersuchungen zur Herleitung solcher Mindestanforderungen für potenzielle Endlagersysteme in Tonstein und Kristallin in Deutschland wären aufbauend auf dem internationalen Kenntnisstand noch durchzuführen.

6.2.1 Geowissenschaftlich-technische Ausschlusskriterien

Die BGR hat sich in drei Studien mit der Untersuchung und Bewertung von Regionen mit potenziellen Wirtsgesteinen in Deutschland beschäftigt und die Ergebnisse in drei Einzelberichten (Kristallinstudie 1994, Salzstudie 1995 und Tonstudie 2007) dokumentiert. In einer Zusammenfassung und Einordnung des Standes von Wissenschaft und Technik /BGR 07/ stellt die BGR in Übereinstimmung mit dem AkEnd fest:

»Für die Auswahl von potenziellen Wirtsgesteinen für die Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen Deutschlands wurden international anerkannte geowissenschaftliche Ausschlusskriterien und Mindestanforderungen sowie zusätzliche aus geowissenschaftlicher Sicht als maßgeblich zu betrachtende Kriterien herangezogen.«

Als geowissenschaftlich-technische Ausschlusskriterien werden übereinstimmend mit dem AkEnd-Abschlussbericht /AKE 02/ genannt (im Folgenden kursiv dargestellt):

- **Großräumige Vertikalbewegungen**

»Die Endlagerregion darf keine großräumigen Hebungen von mehr als einem Millimeter im Mittel pro Jahr im prognostizierbaren Zeitraum aufweisen.« Zu berücksichtigen sind großräumige, natürliche und nicht reversible Hebungen.

- **Aktive Störungszonen**

»Im Endlagerbereich dürfen keine aktiven Störungszonen vorliegen.« Unter aktiven Störungszonen werden neotektonische Verwerfungen und Zerrüttungszonen verstanden. Kennzeichen dieser Störungszonen sind (a) nachweisliche oder sehr wahrscheinliche Bewegungen im Zeitraum Rupelium¹¹ bis heute, (b) ein

¹¹ Das Rupelium ist eine Stufe der chrono-stratigraphischen Serie des Oligozän (Teil des Erdzeitalters Tertiär). Das Rupelium umfasst in etwa einen Zeitabschnitt von 33 bis 27,5 Millionen Jahren vor der heutigen Zeit.

eindeutiger Zusammenhang mit seismischen Ereignissen und (c) dass nachweislich Fluidtransport stattfindet.

- **Seismische Aktivität**

»Im Endlagerbereich dürfen die zu erwartenden seismischen Aktivitäten nicht größer sein als Erdbebenzone 1 nach DIN 4149.«

- **Vulkanische Aktivität**

»In der Endlagerregion darf kein quartärer oder zukünftig zu erwartender Vulkanismus vorliegen.« Aktuelle Karte(n) der Gebiete mit vulkanischer Gefährdung in Deutschland sollten die Grundlage der Bewertung bilden.

- **Grundwasseralter**

»Im einschlusswirksamen Gebirgsbereich dürfen keine jungen Grundwässer vorliegen. Die Grundwässer dürfen von daher kein Tritium und/oder Kohlenstoff-14 enthalten.« Dieses Ausschlusskriterium kann nur dann am Anfang des Verfahrens angewandt werden, wenn die notwendigen Detailinformationen über zu betrachtende Gebirgsbereiche vorliegen. Da dies selten der Fall sein dürfte, kann das Kriterium üblicherweise erst in späteren Verfahrensschritten zur Anwendung kommen.

Aus Sicht der DAEF sind diese Ausschlusskriterien grundsätzlich nach wie vor gültig und sollten deshalb Eingang in einen vollständigen Satz von Kriterien finden. Allerdings sollte auf Basis aktueller Erkenntnisse eine Überprüfung und ggf. eine Anpassung der quantitativen Kriterienwerte erfolgen. So ist beispielsweise in der DIN 4149 von 1992 für das in Hessen und Thüringen liegende Kali-Werra-Revier aufgrund der bergbauinduzierten seismischen Aktivität in diesem Gebiet die Erdbebenzone 2 ausgewiesen /GRÜ 05/. Die geologische Barriere der Kalibergwerke aus Steinsalz und Salzton zu grundwasserführenden Schichten hat bei dynamischen Beanspruchungen entsprechend Erdbebenzone 2 in allen Fällen dennoch ihre Dichtheit bewahrt /MIN 10/.

6.2.2 Geowissenschaftlich-technische Mindestanforderungen

Sowohl im AkEnd-Abschlussbericht /AKE 02/ als auch von der BGR wurden folgende geowissenschaftliche Mindestanforderungen an einen Standort für ein Endlager für Wärme entwickelnde Abfälle definiert.

- **Gebirgsdurchlässigkeit der Gesteine im einschlusswirksamen Gebirgsbereich**

»Der einschlusswirksame Gebirgsbereich muss aus Gesteinstypen bestehen, denen eine Gebirgsdurchlässigkeit kleiner 10^{-10} m/s zugeordnet werden kann.«

- **Mächtigkeit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs**

»Der einschlusswirksame Gebirgsbereich muss mindestens 100 m mächtig sein.«

- **Teufenlage des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs**

»Die Teufe der Oberfläche des erforderlichen einschlusswirksamen Gebirgsbereiches muss mindestens 300 m betragen.«

- **Flächenmäßige Ausdehnung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs**

»Der einschlusswirksame Gebirgsbereich muss über eine flächenmäßige Ausdehnung verfügen, die eine Realisierung des Endlagers zulässt (z. B. 3 km² in Salz, 10 km² in Ton oder Granit).«

- **Gebirgsschlaggefährdung**

»Der einschlusswirksame Gebirgsbereich bzw. das Wirtsgestein darf nicht gebirgsschlaggefährdet sein.«

- **Tiefenlage Bergwerk**

»Das Endlagerbergwerk darf nicht tiefer als 1500 m liegen.«

- **Standortkenntnisse**

»Es dürfen keine Erkenntnisse oder Daten vorliegen, 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.«

Aus Sicht der DAEF sind bei der Zusammenstellung eines vollständigen Satzes von Mindestanforderungen die vorgenannten Mindestanforderungen angemessen. Ein Abgleich mit aktuellen Forschungsergebnissen und eine Diskussion der quantitativen Größen wird für sinnvoll erachtet. So ist beispielsweise die Formulierung zur Mindestanforderung Gebirgsschlaggefährdung unpräzise und hätte – bei strenger Auslegung – zur Konsequenz, dass Endlagerbergwerke in Salz- oder Tongesteinen die Mindestanforderung nicht erfüllen können. Gebirgsschläge sind sowohl in Kali- als auch Steinsalzbergwerken bei nicht standsicherer Pfeilerdimensionierung eingetreten /MIN 12/. Auch Grubenbau in Tongesteinen müssen in der Regel mechanisch stabilisiert werden, z. B. mit einem Spritzbetonausbau. Generell ist das Endlagerbergwerk technisch so auszulagen, dass Entfestigungsvorgänge im Gestein die Stabilität in der Betriebs- und Nachbetriebsphase nicht beeinträchtigen und dynamische Bruchvorgänge ausgeschlossen werden. Außerdem sollte geprüft werden, ob die heute gültige, aber bei den AkEnd-Überlegungen noch begründet abgelehnte Anforderung nach Rückholbarkeit Einfluss auf die Ausformulierung der Kriterien hat.

6.3 Sozialwissenschaftliche Kriterien

Die Entwicklung sozialwissenschaftlicher Kriterien zur Standortauswahl eines Endlagers für hoch radioaktive Abfälle ist wesentlich durch die Arbeiten des AkEnd geprägt. Zusätzlich können die Erfahrungen mit dem Sachplan im Schweizer Auswahlverfahren für eine Weiterentwicklung der Kriterien aufgegriffen werden. Nachfolgend werden zunächst die Grundpositionen des AkEnd zu den sozialwissenschaftlichen Kriterien dargestellt. Anschließend wird skizziert, wie das Schweizer Sachplanverfahren diese aufgreift und modifiziert. Abschließend erfolgt eine problemorientierte Kommentierung.

6.3.1 Perspektive des AkEnd

Die sozialwissenschaftlichen Kriterien, die der AkEnd einführt, orientieren sich an zwei grundsätzlichen Anforderungen: den »*Entwicklungspotenzialen einer Region*« und der »*Beteiligungsbereitschaft der Bevölkerung*«. Hierzu formuliert der AkEnd »*zum einen sollen durch ein Endlager die Entwicklungspotenziale einer Region möglichst positiv, auf keinen Fall aber negativ beeinflusst werden. Zum zweiten soll die Bereitschaft der Bevölkerung [hoch sein], sich bei der Suche nach der Eignung eines Standortes für ein Endlager zu beteiligen ...*«. (vgl. /AKE 02/: 189).

Aus den **Entwicklungspotenzialen** einer Region werden zwei Kriteriengruppen abgeleitet:

- Die planungswissenschaftlichen Kriterien beziehen sich auf gesetzlich geschützte Potenziale. Das sind z. B. Naturschutzgebiete, Wasserschutzgebiete sowie denkmalgeschützte Objekte und Ensembles (/AKE 02/: 192f.). Die rechtlich festgestellten geschützten oder für eine bestimmte Nutzung vorgehaltenen Gebiete werden aus planungswissenschaftlichen Gründ-

den grundsätzlich als nicht geeignet oder weniger geeignet für einen Endlagerstandort eingestuft.¹²

- Die sozioökonomischen Kriterien decken eine Vielzahl von Entwicklungspotenzialen ab, die nicht gesetzlich geschützt sind. Hierbei handelt es sich um kulturelle, soziale, ökonomische und natürliche Entwicklungspotenziale. Bei den sozioökonomischen Kriterien handelt es sich zum Teil um regionalspezifische Kriterien, die spezielle Wirtschaftsbranchen in der Region betreffen (z. B. Fremdenverkehr, Altindustrie) oder um allgemeingültige Kriterien (z. B. für den Wohnungsmarkt) (/AKE 02/: 189f.).

Die **Beteiligungsbereitschaft** potenzieller Standortregionen, nach der Definition des AkEnd, *»baut auf eine von einer breiten Mehrheit akzeptierte gesellschaftliche Verpflichtung, ein Endlager zu errichten. Die Abfrage der Beteiligungsbereitschaft bietet der Bevölkerung die Möglichkeit, sich für oder gegen eine Beteiligung an den jeweiligen Verfahrensschritten zu erklären, ...«* (ebd : 119). Zur Feststellung der Beteiligungsbereitschaft sieht der AkEnd Abstimmungen der Bevölkerung sowie Beschlüsse der Gemeinderäte vor.

6.3.2 Regelungen im Schweizer Sachplanverfahren

Das Konzept zum Schweizer Sachplanverfahren /BFE 08/ sieht ebenfalls die Berücksichtigung raumplanerischer und sozioökonomischer Aspekte vor. Zur Funktion dieser Aspekte im Auswahlverfahren erfolgt eine klare Abgrenzung gegenüber der Funktion der sicherheitstechnischen Kriterien: *»Während Entscheide zur Sicherheit für sehr lange Zeiträume relevant sind, haben die sozioökonomischen und raumplanerischen Aspekte einen kurz- bis mittelfristigen Einfluss; Raumnutzung*

¹² »Die materielle Begründung für die rechtliche Unterschutzstellung wird grundsätzlich anerkannt. Je nach Stärke der Unterschutzstellung handelt es sich dabei um Ausschlusskriterien oder Abwägungskriterien« (/AKE 02/: 190).

und sozioökonomische Aspekte sollen bei der Standortwahl berücksichtigt werden, wenn sicherheitstechnisch gleichwertige Standorte zur Auswahl stehen. In jedem Fall sind sie relevant für die wirtschaftliche Entwicklung einer Standortregion und die optimale Anordnung und Ausgestaltung der Oberflächenanlagen sowie die Erschließung der geologischen Tiefenlager« (/BFE 08/: 37). Das BFE sieht die raumplanerischen und sozioökonomischen Analysen als zusätzliche Entscheidungsgrundlagen, die regional sehr unterschiedlich sein können. Während der AkEnd sowohl im Kontext planungswissenschaftlicher Kriterien als auch in mangelnder Beteiligungsbereitschaft Ausschlusskriterien definiert, kategorisiert das BFE (2008) die raumplanerischen und sozioökonomischen Aspekte von vornherein als ergänzende Entscheidungsgrundlagen, die erst bei der Abwägung zwischen sicherheitstechnisch gleichwertigen Standorten zum Einsatz kommen. Die Beteiligungsbereitschaft als sozialwissenschaftliches Kriterium ist nicht Bestandteil des im Sachplanverfahren definierten Auswahlprozesses. Das Schweizerische Bundesamt für Energie /BFE 08/ umgeht damit das im AkEnd-Vorschlag entstehende Spannungsfeld zwischen dem Primat der Sicherheit und den nicht-sicherheitsorientierten Ausschlusskriterien.

6.3.3 Einordnung der Kriterien Beteiligungsbereitschaft und Regionalentwicklung

6.3.3.1 Beteiligungsbereitschaft

In der Konzeptionierung von Standortauswahlverfahren für ein Endlager besteht heute international ein breites Spektrum von Ansätzen hinsichtlich der Berücksichtigung der Zustimmung der Bevölkerung. Bereits der AkEnd weist in (/AKE 02/: 191) darauf hin, dass die in Schweden und Finnland angewandten Konzepte der freiwilligen Bewerbung von Regionen zur Teilnahme in einem Auswahlverfahren die internationale Diskussion beeinflussten. In Kenntnis dieser Diskussion hat sich der AkEnd für das Konzept der Beteiligungsbereitschaft entschieden.

Beide Konzepte unterscheiden sich grundsätzlich folgendermaßen: beim Freiwilligkeitsprinzip stellt die Interessenserklärung von Regionen, sich am Auswahlprozess zu beteiligen, den ersten Verfahrensschritt dar. Neben der erfolgreichen Anwendung dieses Konzepts bei der Bestimmung von Standorten z. B. in Schweden, Finnland und Belgien erbrachten entsprechende Versuche in Großbritannien und Japan bisher kein Ergebnis. Beim AkEnd-Konzept ‚Beteiligungsbereitschaft‘ werden hingegen in den ersten beiden Schritten potenziell geeignete Regionen auf der Basis geowissenschaftlicher Kriterien ausgewählt. Diese Regionen können sich in den folgenden Schritten für oder gegen eine Beteiligung an den jeweiligen Verfahrensschritten erklären und sich somit an den Entscheidungen bei der Suche nach einem Endlager aktiv beteiligen oder aber aus dem Verfahren zurückziehen.

Im Detail finden sich zu beiden Konzepten unterschiedliche Ausgestaltungen, z. B. hinsichtlich des Verfahrensschritts, bis zu dem die Beteiligung widerrufen werden kann, der Institutionen oder Teile der Öffentlichkeit auf kommunaler oder regionaler Ebene, die über die Beteiligung entscheiden, oder bezüglich politischer Entscheidungsprozesse, die ggf. die Fortsetzung des Projekts auch nach Entzug der Beteiligungsbereitschaft erwirken können.

In beiden Konzepten ergibt sich ein Spannungsfeld zwischen dem Primat der Sicherheit einerseits und der Erlangung ausreichender Zustimmung zur Beteiligung am Auswahlverfahren in den betroffenen Kommunen oder Regionen andererseits. Der AkEnd erklärt zwar den Vorrang der Sicherheit zum wichtigsten Grundsatz beim Auswahlverfahren (/AKE 02/: 65, siehe auch unten Kapitel 6.4.3) und basiert daher die »Auswahl von Teilgebieten« in den ersten beiden Schritten ausschließlich auf geowissenschaftliche Kriterien. Er lässt aber gleichwohl den Rückzug von Regionen aus dem Auswahlverfahren unabhängig von ihrer möglichen Qualität zu und sieht nur für den Fall, dass keine der potenziellen Regionen im Verfahren verbleibt, eine Intervention durch den Deutschen Bundestag vor (ebd.:

191). Insofern löst der AkEnd das oben benannte Spannungsfeld zwischen Sicherheit und Beteiligungsbereitschaft nicht auf. In den auf Freiwilligkeit beruhenden Konzepten ist es möglich, dass die aus geologischer Sicht am besten geeigneten Regionen von vornherein gar nicht betrachtet werden, wenn sie sich nicht freiwillig als Kandidaten melden. Erfahrungsgemäß melden sich solche Regionen, in denen bereits nukleare Anlagen, häufig auch größere Abfallmengen vorhanden sind.

Den Vorrang der Sicherheit zu realisieren und gleichzeitig die Beteiligungsbereitschaft einer Region angemessen zu berücksichtigen, ist eine sehr anspruchsvolle Aufgabe, die der sorgfältigen Abwägung und Hierarchisierung der verschiedenen Ziele und Werte bedarf. Es ist daher erforderlich, entsprechende Überlegungen bei der Entwicklung des Standortauswahlprozesses frühzeitig einzubeziehen.

6.3.3.2 Regionalentwicklung

Der AkEnd unterscheidet in der Regionalentwicklung zwischen gesetzlich geschützten Potenzialen (planungswissenschaftliche Kriterien) und der Vielzahl von kulturellen, sozialen, ökonomischen und natürlichen Entwicklungspotenzialen, die nicht gesetzlich geschützt sind (sozio-ökonomische Kriterien).

Umfangreiche Untersuchungen potenzieller Einflüsse von Entsorgungsanlagen in der Schweiz auf die regionalen sozio-ökonomischen Potenziale wurden von Rütter und Partner erstellt /RÜT 06/. Als besonders sensible Bereiche, auf die sich Entsorgungsanlagen potenziell negativ auswirken, werden dort Tourismus und spezielle Formen der Landwirtschaft identifiziert.

Sowohl der AkEnd als auch das Schweizer Sachplanverfahren sehen detaillierte Analysen der sozio-ökonomischen Auswirkungen eines Endlagers auf die Region vor. Diese können die Basis für eine gezielte Förderung von Entwicklungspotenzialen darstellen, die aus Mitteln zur finanziellen Unterstützung einer Standortregion

finanziert werden. Auch wenn es sich in diesem Fall nicht um klassische Kompensationszahlungen handelt, ist bei der Planung entsprechender Verfahrensgrundlagen die skeptische Einstellung von Teilen der Öffentlichkeit gegenüber finanziellen Unterstützungen zu beachten, die das Erkaufen von regionaler Zustimmung unterstellen.

Der Umgang mit den verschiedenen Aspekten der Regionalentwicklung ist in den Grundlagen für ein Standortauswahlverfahren zu regeln, da sie das Lebensumfeld der Bevölkerung einer potenziellen Standortregion unmittelbar betreffen. Dabei sollte auch geklärt werden, wie in dem Fall zu verfahren ist, dass neben der Beteiligungsbereitschaft kein positives Entwicklungspotential planungswissenschaftlich aufgezeigt werden kann.

6.4 Abwägungskriterien

6.4.1 Funktion

Abwägungskriterien dienen dazu, potenzielle Standorte, die keine Ausschlusskriterien verletzen und die Mindestanforderungen erfüllen, untereinander hinsichtlich ihrer Eignung zu bewerten. Abwägungskriterien können naturwissenschaftlich-technischer Natur sein, raumplanerische Aspekte betreffen oder sozialwissenschaftlichen Charakter haben. Es gibt bisher nur vereinzelte methodische Ansätze zur Vorgehensweise beim Vergleich von Endlagersystemen an potenziellen Standorten.

6.4.2 Geowissenschaftlich-technische und sozialwissenschaftliche Abwägungskriterien

Im AkEnd-Bericht /AKE 02/ werden insgesamt zehn geowissenschaftlich-technische Abwägungskriterien empfohlen, die im Schritt 2 des Auswahlprozesses der »Auswahl von Teilgebieten mit besonders günstigen geologischen Voraussetzungen für die Endlagerung«

dienen. Diese werden drei Gewichtungsgruppen zugeordnet, womit dem Umstand Rechnung getragen werden soll, dass die mit den Abwägungskriterien zu bewertenden Sachverhalte für die Langzeitsicherheit eines Endlagers und den erfolgreichen Nachweis der Langzeitsicherheit von unterschiedlicher Bedeutung sind. Bei der Zusammenführung der Einzelergebnisse der Kriterienanwendung zu einer Gesamtbeurteilung muss dieser Umstand berücksichtigt werden.

Für jedes Abwägungskriterium sieht der AkEnd eine Zuordnung von Indikatorwerten vor, auf deren Basis eine qualitative Einstufung in »besonders günstig«, »günstig« oder »weniger günstig« möglich ist. Bei dieser Einstufung spielen die Zuverlässigkeit hinsichtlich der Einschätzung des Einschluss- und Isolationsvermögens, die Unsicherheit in der Beurteilung der geforderten Eigenschaften sowie geologische Sicherheitsreserven eine wichtige Rolle.

Aus Sicht der DAEF sind die in /AKE 02/ aufgeführten geowissenschaftlich-technischen Abwägungskriterien angemessen und sollten bei der Zusammenstellung eines vollständigen Satzes von Abwägungskriterien mit berücksichtigt werden. Ein Abgleich mit aktuellen Forschungsergebnissen und eine Diskussion der quantitativen Größen, auch vor dem Hintergrund der Rückholbarkeitsanforderungen, wird als sinnvoll erachtet.

Die in Kapitel 6.3.1 beschriebenen sozialwissenschaftlichen Kriterien kommen im Konzept des AkEnd ab Schritt 3 des Auswahlprozesses zur Anwendung, um die ausgewählten Teilgebiete weiter einzugrenzen und Standortregionen zu identifizieren. Ein gesetzlich definierter Schutzstatus, der eine konkurrierende Nutzung bzw. Eingriffe grundsätzlich verbietet, gilt dabei als planungswissenschaftliches Ausschlusskriterium oder führt zu Einzelfallprüfungen. Ein weniger restriktiver rechtlicher Schutzstatus wird den planungswissenschaftlichen Abwägungskriterien zugeordnet.

Hinsichtlich der sozio-ökonomischen Kriterien und der Beteiligungsbereitschaft ist eine derartige Zuord-

nung und Unterscheidung nach Ausschluss- und Abwägungskriterien schwieriger, da keine verbindlichen (rechtlichen) Maßstäbe zur Verfügung stehen, die zur Einordnung herangezogen werden können.

Das vom AkEnd vorgeschlagene Konzept zur Anwendung von Abwägungskriterien stellt einen guten Ausgangspunkt dar. Es ist jedoch hinsichtlich des Zusammenspiels der verschiedenen sozialwissenschaftlichen Kriterien untereinander sowie der sozialwissenschaftlichen und naturwissenschaftlich-technischen Aspekte, die im Zuge der Erkundung weiter zu detaillieren sind, zu überprüfen und ggf. weiterzuentwickeln. Dabei spielt die Hierarchisierung der Abwägungskriterien eine zentrale Rolle, die nachfolgend behandelt wird.

6.4.3 Hierarchisierung der Abwägungskriterien

Ein balanciertes Primat der Sicherheit wird in dem AkEnd-Gutachten festgeschrieben. Dort heißt es: »In einem Auswahlverfahren sind sozialwissenschaftliche Kriterien gleichrangig zu naturwissenschaftlichen Kriterien anzuwenden. Allerdings darf dies nicht zur Einschränkung der Sicherheit eines zukünftigen Endlagers führen.« (/AKE 02/: 189). Entgegen der Vorstellung, dass die technische Sicherheit allein die Auswahl der potenziell geeigneten Region bestimmt, wird eine spezifische Gleichrangigkeit beider Kriteriengruppen begründet. Im Kern wird diese Notwendigkeit mit der mittel- und langfristig zu erreichenden großen Beteiligungsbereitschaft begründet. Für diese schlägt der AkEnd vor, die potenziellen Standortregionen mit Beteiligungsrechten und unabhängiger Expertise (inkl. einschlägiger Abstimmungen) auszustatten und damit für die nukleare Entsorgung innovative Schnittstellen zwischen formellen und informellen Verfahren der Entscheidungsfindung einzurichten (/AKE 02/, insbes. Kap. 5.2).

Die DAEF hält die Entwicklung und Anwendung hierarchisierter Abwägungskriterien für einen wichtigen Baustein zur schrittweisen Eingrenzung potenzieller Standortregionen und Standorte. Ein klar identifizierbarer Stand von Wissenschaft und Technik zur

Definition und Ausgestaltung eines Systems vollständiger, aufeinander abgestimmter und hierarchisierter Kriterien liegt aus unserer Sicht noch nicht vor. Die DAEF hält es daher für notwendig, ein solches System zeitnah zu entwickeln. Dabei sind Vereinbarungen darüber zu treffen,

- ob die vom AkEnd vorgeschlagenen Kriterienkategorien – Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und Abwägungskriterien – Anwendung finden sollen,
- welche Kriterien und Indikatoren insgesamt erforderlich sind und wie sie den jeweiligen Kategorien zuzuordnen sind,
- wie die verschiedenen Kriterien untereinander zu gewichten sind sowie
- welche quantitativen Werte den Indikatoren zugeordnet werden.

Das System der Kriterien ist letztendlich daraufhin zu prüfen, dass es sich an den Zielen des Standauswahlverfahrens orientiert, in sich konsistent und zur nachvollziehbaren Eingrenzung von Standortregionen und Standorten in verschiedenen geologischen Formationen geeignet ist.

7 Schlussbemerkung

Für die Frage, wie mit den in Deutschland vorhandenen und bis zum Ausstieg aus der friedlichen Nutzung der Kernenergie noch entstehenden Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen umzugehen ist, konnte bisher gesellschaftspolitisch keine einvernehmliche Lösung erreicht werden. Das von einer breiten parlamentarischen Mehrheit getragene Standortauswahlgesetz (StandAG) legt nun den Rahmen für die Entwicklung eines neuen Verfahrens fest, das wissenschaftsbasiert und transparent unter expliziter und intensiver Beteiligung der betroffenen und interessierten Öffentlichkeit Anwendung finden soll. Es bietet die Chance, einen von allen Beteiligten als fair empfundenen Prozess zu entwickeln, der es ermöglicht, nach aktuellem Stand von Wissenschaft und Technik einen Endlagerstandort zu identifizieren, der die bestmögliche Sicherheit bietet.

Im Rahmen des Standortauswahlverfahrens soll es, ausgehend von einer deutschlandweiten Betrachtung, anhand klarer und nachvollziehbarer wissenschaftlicher Kriterien schrittweise zu einer Einengung auf potenziell geeignete Standorte kommen. Von Beginn an ist die Öffentlichkeit in alle Prozessschritte mit einzubeziehen. Der Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd) hatte bereits 2002 Komponenten eines solchen Auswahlverfahrens skizziert. Im Schweizer Sachplanverfahren Geologische Tiefenlager erfolgte eine Weiterentwicklung. Allerdings existiert international derzeit kein erprobtes Verfahren, das auf die Situation in Deutschland direkt anwendbar wäre.

Gleichzeitig stellt diese Aufgabe für alle Beteiligten große Herausforderungen dar:

- Die gemäß StandAG durch die »Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe« zu entwickelnden geowissenschaftlichen Ausschlusskriterien, Mindestanforderungen und Abwägungskriterien für die Auswahl von Standortregionen und letztendlich eines Standorts zielen auf »bestmögliche Sicherheit«. Sie sollten daher dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik gerecht

werden und entsprechend überprüft werden. Zusammen mit sozialwissenschaftlichen und raumplanerischen Kriterien gilt es, ein handhabbares »Kriteriensystem« zu entwickeln.

- Die Entscheidungen beim schrittweisen Einengungsprozess können nicht allein auf einem Vergleich der jeweiligen geologischen Merkmale basieren. Vielmehr müssen aus Sicht der DAEF bei jedem einzelnen Schritt des Auswahlverfahrens Entscheidungen jeweils auf Basis von Vergleichen von Endlagersystemen getroffen werden, die an die jeweiligen lokalen Randbedingungen angepasst sind. Endlager- und Sicherheitskonzepte sind daher bereits in einem frühen Stadium des Prozesses zu entwickeln und dann zunehmend zu verfeinern und zu konkretisieren.
- Ein Standortauswahlverfahren unter Beteiligung der Öffentlichkeit ist zu entwickeln, wobei es für einen hochwertigen »integrierenden Prozess«, der von allen Beteiligten allgemein als fair empfunden wird, bislang wenig Beispiele gibt. Von zentraler Bedeutung ist dabei die klare Definition von Beteiligungsspielräumen für die jeweiligen Akteure von Beginn an.
- Bei der Entwicklung von qualitativ hochwertigen Kriterien und Prozessen ist darüber hinaus zu beachten, dass ein Standortauswahlverfahren auch in einem vernünftigen Zeitraum »machbar« sein muss. Die Verwahrung der Wärme entwickelnden radioaktiven Abfälle in Behältern in oberirdischen Zwischenlagern ist aus Sicherheitsgründen nur für einen begrenzten Zeitraum genehmigt. Allen Akteuren sollte daher bewusst sein, dass Verzögerungen im Verfahrensablauf sowohl mit zunehmenden sicherheitstechnischen Ungewissheiten als auch mit wachsenden ökonomischen Unwägbarkeiten verbunden sind.

Angesichts der großen Herausforderungen übernehmen alle am Verfahren beteiligten Personen eine hohe Verantwortung für ein Gelingen des Verfahrens. Entscheidend für einen erfolgreichen Standortauswahlprozess wird es daher sein, inwiefern ein hohes Maß an Vertrauen zwischen den Akteuren geschaffen werden kann.

Die DAEF ist der festen Überzeugung, dass die Aufgabe, eine sichere, dauerhafte Entsorgung Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle durch ihre Endlagerung in tiefen geologischen Formationen in Deutschland zu realisieren, lösbar ist.

Literatur

- /AKE 02/ Auswahlverfahren Endlagerstandorte. Empfehlungen des AkEnd – Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte. Abschlussbericht, 2002.
- /BGR 07/ Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: Endlagerung radioaktiver Abfälle in Deutschland – Untersuchung und Bewertung von Regionen mit potenziell geeigneten Wirtsgesteinsformationen. – Hannover/Berlin, 2007.
- /BFE 08/ Bundesamt für Energie (BFE): Sachplan geologische Tiefenlager. Konzeptteil. – Bern, 2008.
- /BFE 11/ Bundesamt für Energie (BFE): Sachplan geologische Tiefenlager – Konzept regionale Partizipation: Grundlagen und Umsetzung in Etappe 1 und 2. – Bern, 2011.
- /BFS 05/ Bundesamt für Strahlenschutz: Konzeptionelle und sicherheitstechnische Fragen der Endlagerung radioaktiver Abfälle. Wirtsgesteine im Vergleich. – Synthesebericht des Bundesamtes für Strahlenschutz, 2005.
- /BMU 10/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle. – Bonn, 2010.
- /BOL 12/ Bollingerfehr, W., Filbert, W., Dörr, S., Herold, P., Lerch, C., Burgwinkel, P., Charlier, F., Thomaske, B., Bracke, G., Kilger, R.: Endlagerauslegung und -optimierung. Bericht zum Arbeitspaket 6, Vorläufige Sicherheitsanalyse für den Standort Gorleben. – Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-Bericht 281, ISBN 978-3-939355-57-1, Köln, Juni 2012.
- /COW 07/ Flüeler, Thomas; Blowers, Andrew: Quality of Decision-making Processes. Decision-making processes in radioactive waste governance – Insights and Recommendations. – CO-WAM 2, Work Package 3 Report; February 2007.
- /EPS 14/ Report on the European Pilot Study on the Regulatory Review of a Safety Case for Geological Disposal of Radioactive Waste. – in preparation.
- /ESK 11/ Entsorgungskommission (ESK), Ausschuss Endlagerung radioaktiver Abfälle (EL): Rückholung / Rückholbarkeit hochradioaktiver Abfälle aus einem Endlager – ein Diskussionspapier«. 02.09.2011. Siehe auch. www.entsorgungskommission.de/downloads/epanlage2el-19homepage.pdf.
- /EUR 11/ Richtlinie über einen Gemeinschaftsrahmen für die verantwortungsvolle und sichere Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle. Richtlinie 2011/70/Euratom des Rates vom 19. Juli 2011. Amtsblatt der Europäischen Union; L199/48. 2.8.2011.

- /FIS 13/ Fischer-Appelt, K., Baltes, B., Buhmann, D., Larue, J., Mönig, J.: Synthesebericht für die VSG. Bericht zum Arbeitspaket 13, Vorläufige Sicherheitsanalyse für den Standort Gorleben. – Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-Bericht 290, ISBN 978-3-939355-66-3, Köln, 2013.
- /FZJ 07/ RED-IMPACT, Impact of Partitioning, Transmutation and Waste Reduction Technologies on the Final Nuclear Waste Disposal. Synthesis Report. – Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Energie & Umwelt, Band 15, ISBN 978-3-89336-538-8, 2007.
- /GRÜ 05/ Grünthal, G. & Minkley, W.: Berginduzierte seismische Aktivität als Quelle seismischer Belastungen – zur Notwendigkeit der Ergänzung der Karte der Erdbebenzonen der DIN 4149:2005-04. Bautechnik 82, Heft 8, 508-513, 2005.
- /IAE 11/ Disposal of Radioactive Waste. IAEA Safety Standards; Specific Safety Requirements, No. SSR-5. ISBN 978-92-0-103010-8. – IAEA International Atomic Energy Agency. Wien, 2011.
- /KER 14/ van Kerkhoff, Lorrae: Developing integrative research for sustainability science through a complexity principles-based approach. – In: Sustainability Science, 9 (2), 143-155, 2014.
- /LEU 13/ Leuz, Ann-Kathrin; Rahn, Meinert: The Regulatory Perspective: Role of Regulatory Review of the Safety Case for Preparing and Performing the Swiss Site Selection Process. – The Safety Case for Deep Geological Disposal of Radioactive Waste: 2013 State of the Art (2nd International Safety Case Symposium), 7 - 9 October, 2013, Paris, Frankreich, 2013.
- /MIN 10/ Minkley, W., Wüste, U., Popp, T., Naumann, D., Wiedemann, M., Bobinsky, J., Tejchman, J.: Beweissicherungsprogramm zum geomechanischen Verhalten von Salinarbarrieren nach starker dynamischer Beanspruchung und Entwicklung einer Dimensionierungsrichtlinie zum dauerhaften Einschluss. BMBF-Projekt, Förderkennzeichen: 02C1264, – Institut für Gebirgsmechanik (IFG). Leipzig, 2010.
- /MIN 12/ Minkley, W., Berest, P., Schleinig, J.-P., Farkas, F., Böttge, V.: Dynamic back-calculation of the collapse of the Saint-Maximilien mining field during mining on rock salt in Varangèville (1873). The Mechanical Behavior of Salt (Saltmech 7), 16-19 April 2012, 241-252. – Paris, France, 2012.
- /NEA 08/ Moving Forward with Geological Disposal of Radioactive Waste. A Collective Statement by the NEA Radioactive Waste Management Committee. NEA No. 6433, OECD Nuclear Energy Agency, ISBN 978-92-64-99057-9. – Paris, France, 2008.
- /NEA 12/ Geological Disposal of Radioactive Waste: National Commitment, Local and Regional Involvement. NEA No. 7082; OECD Nuclear Energy Agency, ISBN 978-92-64-99183-5, Paris, France, 2012.

- /PEI 12/ Peiffer, F., McStocker, B., Gründler, D., Ewig, F., Thomaske, B., Havenith, A., Kettler, J.: Abfallspezifikation und Mengengerüst. Basis Ausstieg aus der Kernenergienutzung (Juli 2011). Bericht zum Arbeitspaket 3, Vorläufige Sicherheitsanalyse für den Standort Gorleben. – Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-Bericht 278, ISBN 978-3-939355-54-0, Köln, September 2011.
- /REN 14/ Renn, Ortwin (Hrsg.): Partitionierung und Transmutation. Forschung – Entwicklung – Gesellschaftliche Implikationen (acatech STUDIE). – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, München: Utz Verlag, 2014.
- /RÜT 06/ Rütter + Partner: Nukleare Entsorgung in der Schweiz – Untersuchung der sozio-ökonomischen Auswirkungen von Entsorgungsanlagen. Band I: Zusammenfassung und wichtige Erkenntnisse. – Rüschtikon, Lausanne, Mai 2006.

ANHANG

Die **Deutsche Arbeitsgemeinschaft Endlagerforschung (DAEF)** versteht sich als eine unabhängige Arbeitsgemeinschaft, die sich der Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Endlagerung radioaktiver Abfälle widmet. Mit ihren Arbeiten leisten ihre Mitglieder einen Beitrag zur sicheren Entsorgung von radioaktivem Abfall und entwickeln die damit verbundene naturwissenschaftliche, sozialwissenschaftliche und technische Expertise weiter. Dabei ist die DAEF ein fachorientierter Zusammenschluss der beteiligten Mitgliedsinstitutionen und kein Zusammenschluss der beteiligten Institutionen im Sinne einer eigenständigen juristischen Person.

Mitglieder der DAEF (Stand: Oktober 2014):

DBE TECHNOLOGY GmbH

Eschenstraße 55

31224 Peine

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Wilhelm Bollingerfehr (Bollingerfehr@dbe.de)

Dr.-Ing. Jürgen Krone (Krone@dbe.de)

Forschungszentrum Jülich GmbH

Institut für Energie- und Klimaforschung, Nukleare Entsorgung und Reaktorsicherheit (IEK-6)

52425 Jülich

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Dirk Bosbach (d.bosbach@fz-juelich.de)

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

Schwertnergasse 1, 50667 Köln

Ansprechpartner:

Dr. Klaus Fischer-Appelt (Klaus.Fischer-Appelt@grs.de)

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

Theodor-Heuss-Straße 4, 38122 Braunschweig

Ansprechpartner:

Dr. Jörg Mönig, stellv. Vorsitzender (Joerg.Moenig@grs.de)

Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf

Institut für Ressourcenökologie,

Bautzner Landstraße 400

01328 Dresden

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Thorsten Stumpf (t.stumpf@hzdr.de)

Dr. Vinzenz Brendler (v.brendler@hzdr.de)

IfG Institut für Gebirgsmechanik GmbH (IfG) GmbH

Friederikenstraße 60

04279 Leipzig

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. habil. Wolfgang Minkley (Wolfgang.Minkley@ifG-Leipzig.de)

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Postfach 3640
76021 Karlsruhe

Institut für Nukleare Entsorgung (INE)

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Horst Geckeis, Vorsitzender (horst.geckeis@kit.edu)

Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Armin Grunwald (armin.grunwald@kit.edu)

Dr. Peter Hocke-Bergler, Peter (peter.hocke@kit.edu)

TÜV Rheinland ISTec GmbH, Garching-Forschungszentrum

Boltzmannstraße 14

D-85748 Garching b. München

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Alexander Kolbasseff (alexander.kolbasseff@istec-gmbh.de)

Öko-Institut e.V.

Rheinstraße 95

64295 Darmstadt

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Beate Kallenbach-Herbert (b.kallenbach@oeko.de)

Technische Universität Clausthal

Institut für Endlagerforschung

Adolph-Roemer-Straße 2a

38678 Clausthal-Zellerfeld

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Klaus-Jürgen Röhlrig (klaus.roehlig@tu-clausthal.de)

Technische Universität Bergakademie Freiberg

Institut für Bergbau und Spezialtiefbau

Gustav-Zeuner-Str.1A

09599 Freiberg

Ansprechpartner:

Prof. Dr.-Ing. Wolfram Kudla (wolfram.kudla@mabb.tu-freiberg.de)

Universität Stuttgart

Institut für Sozialwissenschaften, Abteilung für Technik- und Umweltsoziologie

Zentrum für Interdisziplinäre Risiko- und Innovationsforschung an der Universität Stuttgart (ZIRIUS)

Seidenstr. 36

70174 Stuttgart

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Dr. h.c. Ortwin Renn (ortwin.renn@sowi.uni-stuttgart.de)

Diana Gallego Carrera, M.A. (diana.gallego@sowi.Uni-Stuttgart.de)