

## **Entwurf eines Berichtskapitels zum Thema: Anforderungen an Forschung und Technologieentwicklung**

**Stand 03.04.2016**

### **6.8 Anforderungen an Forschung und Technologieentwicklung**

#### **6.8.1 Herausforderungen und Rahmenbedingungen der nukleare Entsorgung in Deutschland**

##### **6.8.1.1 Herausforderungen und neue Zielsetzung**

Die tiefgehende gesellschaftspolitische Spaltung, die die Nutzung der Atomkraft und die Auseinandersetzung um eine dauerhaft sichere Lagerung von radioaktiven Abfällen ausgelöst hat, geht auch auf eine Forschungslandschaft zurück, in der die Befürworter der Atomenergie – geschützt durch staatliche Forschungsförderung – das Forschungsfeld dominierten. Symptomatisch war die Rolle wissenschaftlicher Institutionen, die sich in den Dienst billiger Beseitigung von radioaktiven Abfällen in der Asse stellen ließen. Dabei existieren in Deutschland grundsätzlich die wissenschaftlichen und technischen Kompetenzen zu sehr vielen Einzelaspekten. Ein langfristig angelegter, ganzheitlicher Ansatz für eine unabhängige Forschung zur nuklearen Entsorgung existiert bislang allerdings nur in Ansätzen.

Der Neuanfang der Suche nach einem sichereren Ort und einer sicheren Methode zu Lagerung insbesondere hoch radioaktiver Abfälle bedingt auch die Notwendigkeit einer Neuausrichtung in der Forschung.

Um breites Vertrauen und Glaubwürdigkeit in den Such- und Entscheidungsprozess zur Identifikation eines sicheren Ortes und einer sicheren Lagermethode beim anschließenden Bau und bei der dauerhaften Überwachung eines so genannten Endlagers zu gewinnen, bedarf es einer Forschung, die ihre Vorhaben transparent macht, um damit ihre Unabhängigkeit glaubwürdig zu machen. Ein ganzheitlicher interdisziplinärer Ansatz muss die Natur- und Ingenieurwissenschaften mit den Sozialwissenschaften verknüpfen. Bestehendes Wissen muss erhalten, zugänglich gemacht und weiterentwickelt werden. Die Sicherung des Nachwuchses und der Kompetenzerhalt muss sichergestellt werden, weil aufgrund der heutigen Altersstruktur ein Kompetenzverlust droht. Der Stand von Forschung, Wissenschaft und Technik muss auf der Grundlage auch international anerkannter Kompetenz vorangetrieben werden. Onlinebasierte Forschungsplattformen und klassische Kommunikationsmedien müssen einen intensiven fachlichen Diskurs ermöglichen. Die

wissenschaftlichen Verfahrensweisen zur Vorbereitung von Entscheidungen müssen so angelegt sein, dass auch Minderheiten- und Einzelmeinungen jederzeit ausreichend gewürdigt werden.

Die seit Jahrzehnten anhaltende gesellschaftliche Debatte und die Resonanz auf politische Entwicklungen haben gezeigt, dass das Thema Endlagerung radioaktiver Abfälle nicht allein vom naturwissenschaftlich-technischem Standpunkt aus gelöst werden kann. Eine Verzahnung von gesellschaftswissenschaftlicher und naturwissenschaftlich-technischer Forschung, wie sie zurzeit vom Verbundprojekt ENTRIA durchgeführt wird, ist daher zwingend weiter zu fördern und auszubauen. Dazu gehört auch die Aufarbeitung des Versagens institutioneller, auch wissenschaftlicher Kontrollmechanismen in der Geschichte der Lagerung nuklearer Abfälle in Deutschland.

Notwendig sind transparente Vergabeverfahren in der Forschungsförderung, die die Öffentlichkeit einbinden. Datengrundlagen und Forschungsergebnisse müssen langfristig öffentlich zugänglich sein.

Die langen Zeiträume von der Standortsuche bis zur Umsetzung eines Endlagerprojektes erfordern daher auch im Bereich der Forschung langfristige Programme in einem „lernenden“ Verfahren, die flexibel auf neue Bedarfe und neue Erkenntnisse reagieren können. Sie sollen sicherstellen, dass das Thema „Forschung zur sicheren Lagerung radioaktiver Abfälle“ in Forschungsinstitutionen als auch an Universitäten und in der Lehre in der Breite der Inter- und Transdisziplinarität des Themas kompetent vertreten ist. Vor diesem Hintergrund sind auch optimierte Methoden und Instrumente des Wissenstransfers und des Wissens-Managements zu entwickeln, um damit den Wissenserhalt über lange Zeiträume sicherzustellen.

Eine besondere Herausforderung wird darin bestehen, dass die für die Standortauswahl verantwortlichen Institutionen - das BfE und die BGE - eng in die Steuerung der Forschung eingebunden sein müssen, um ihre Aufgaben verantwortungsvoll wahrnehmen zu können: Das BfE wird die Genehmigungs- und Aufsichtsaufgaben des Bundes im Bereich der gesamten nuklearen Entsorgungskette konzentrieren. Auch gehört die fachliche und wissenschaftliche Beratung des zuständigen Umweltressorts zu seinen gesetzlichen Aufgaben. Es muss jederzeit in der Lage sein den Stand von Wissenschaft und Technik bewerten zu können. Die BGE muss als Vorhabenträgerin ihren Bedarf an Forschung zielgerichtet formulieren können.

### 6.8.1.2 Heutige Rahmenbedingungen

Der Bund ist gemäß Atomgesetz (§ 9a Abs. 3) zuständig für die Bereitstellung von Endlagern für radioaktive Abfälle. Die Federführung bei der Projektförderung der anwendungsorientierten, standortunabhängigen Grundlagenforschung liegt beim BMWi. Sie orientiert sich an den forschungspolitischen Vorgaben des 6. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung und den gesetzlichen Rahmenbedingungen, die durch das Atomgesetz (AtG), das Standortauswahlgesetz (StandAG) und die EU-Richtlinie 2011/70/Euratom vorgegeben sind<sup>1</sup>.

Die Forschungsförderung in Deutschland ist über die drei Bundesministerien BMWi, BMBF und BMUB verteilt. Die Förderaktivitäten von BMWi und BMBF werden durch den Projektträger Forschungszentrum Karlsruhe (PTKA) fachlich und administrativ betreut.

Das **BMWi** versteht bislang als Hauptziele der Forschungsförderung auf dem Gebiet der Entsorgung Wärme entwickelnder und langlebiger hoch radioaktiver Abfälle<sup>1</sup>:

- die Schaffung der wissenschaftlich-technischen Grundlagen zur Realisierung eines Endlagers für Wärme entwickelnde hoch radioaktive Abfälle (abgebrannte Brennelemente aus Leistungsreaktoren, verglaste Abfälle aus der Wiederaufarbeitung) sowie weitere Abfälle die in ein derartiges Lager verbracht werden sollen,
- die Entwicklung erforderlicher Methoden und Techniken für spezifische Maßnahmen zur Vorbereitung der Endlagerung sowie für Konzeption, Errichtung, Betrieb und Stilllegung eines Endlagers, verbunden mit der kontinuierlichen Weiterentwicklung des Standes von Wissenschaft und Technik,
- die Bereitstellung von Expertise und Wissen und damit eines substantziellen Beitrags zu Aufbau, Weiterentwicklung und Erhalt der wissenschaftlich-technischen Kompetenz und zur Nachwuchsförderung im Bereich der nuklearen Entsorgung in Deutschland.

Mit dem BMWi-Förderprogramm 2015 – 2018 haben sich gegenüber dem bisherigen Förderkonzept folgende thematische Änderungen und Anpassungen abgeleitet:

- Eine verstärkte wirtsgesteinsübergreifende Forschungstätigkeit, insbesondere die Betrachtung von Endlagersystemen in allen relevanten Wirtsgesteinen (Steinsalz, Tonstein, kristalline Gesteine).
- Die Betrachtung längerer Zwischenlagerzeiten, insbesondere im Hinblick auf die Sicherheit von Abfällen und Behältern.
- Wissenschaftliche Untersuchungen zu alternativen Entsorgungsmethoden anstelle der direkten Endlagerung in einem Bergwerk.
- Die stärkere Einbeziehung von sozio-technischen Fragestellungen.

---

<sup>1</sup> BMWi 2015 „Förderkonzept 2015 – 2018“

Die Forschungsförderung des BMBF zur nuklearen Sicherheitsforschung basiert auf dem 2008 initiierten Programm „Grundlagenforschung Energie 2020+“<sup>2</sup>. Grundlagen- und praxisorientierte Ansätze sollen in diesem Programm zusammengebracht und die Vernetzung von Wissenschaft und Industrie in der Forschung vorangetrieben werden. Die Schwerpunkte in der Sicherheitsforschung zur nuklearen Entsorgung liegen in der Charakterisierung radioaktiver Abfälle, in der Entwicklung und Validierung von Rechenwerkzeugen für den Sicherheitsnachweis der Endlagerung. Auch im Bereich Partitionierung, Transmutation und selbst zum Thema Generation IV Reaktoren wird noch Forschung finanziert.

Die Projektförderung in den o. g. Forschungsbereichen ist speziell auf die Nachwuchsförderung gerichtet. Die Förderung des BMBF im Bereich „Nukleare Sicherheits- und Endlagerforschung“ erfolgt in Ergänzung zu und in enger Abstimmung mit der Projektförderung des BMWi.

Neben der eigentlichen Endlagerforschung werden frühere geowissenschaftliche Forschungsprogramme durch das neue BMBF-Fachprogramm „Geoforschung für Nachhaltigkeit (Geo:N)“<sup>3</sup> fortgeführt. Das Fachprogramm Geo:N ist Teil des BMBF-Rahmenprogramms „Forschung für Nachhaltige Entwicklung (FONA3)“. Das Fachprogramm Geo:N soll die grundlagen- und anwendungsorientierte geowissenschaftliche Forschung stärker verbinden sowie die interdisziplinäre Forschung fördern; dies insbesondere auch im Hinblick auf eine zunehmend intensive und konkurrierende Nutzung des geologischen Raumes im tieferen Untergrund.

Das BMBF fördert zudem die Forschungsplattform ENTRIA, die sich mit Optionen zur Entsorgung hochradioaktiver (wärmeentwickelnder) Reststoffe befasst. ENTRIA analysiert die Entsorgungsproblematik aus gleichberechtigter Sicht aller beteiligter Disziplinen, also Natur-, Ingenieur-, Geistes-, Rechts-, und Sozialwissenschaften.

Die Zielsetzung der Forschungsförderung durch das BMUB ist durch die Umweltpolitik bestimmt. Die Konkretisierung des Forschungsrahmens durch einzelne FuE-Vorhaben wird jährlich durch den Ressortforschungsplan<sup>4</sup> (bisher Umweltforschungsplan/„UFOPLAN“) vorgenommen. In der Ressortforschung stehen neben den standortbezogenen

---

<sup>2</sup> BMBF 2008 „Grundlagenforschung Energie 2020+“

<sup>3</sup> BMBF 2015 „Geo:N - Geoforschung für Nachhaltigkeit“

<sup>4</sup> BMUB 2016 „Ressortforschungsplan 2016“

Aufgabenstellungen Fragen zur Standortauswahl, zur Einrichtung von Endlagern sowie Sicherheitsfragen der Entsorgung im Vordergrund.

Die sich an den Prioritäten und Zielsetzungen des BMUB ausrichtende Ressortforschung erfolgt einerseits durch Eigenforschung in den Einrichtungen im Geschäftsbereich des BMUB, andererseits durch Vergabe und fachliche Begleitung von Forschungs- und Entwicklungsaufträgen<sup>5</sup>.

### 6.8.1.3

#### Künftige Ausrichtung der Ressortforschung und Steuerung Projektförderung

Die zum Teil historisch gewachsenen Rahmenbedingungen der Entsorgungsforschung sind nicht mehr effizient für die heutige Aufgabenstellung. Insbesondere für die Institutionen, die die Standortauswahl maßgeblich durchzuführen haben, ist die bisherige Aufteilung zwischen den genannten drei Ressorts nicht zielführend. Sowohl Regulierer (BfE) als auch Vorhabenträger müssen in die Konzeption der Programme eingebunden sein. Ansonsten besteht das Risiko Forschungsprogramme aufzusetzen, die an den realen Bedürfnissen vorbeigehen und Zeitverzögerungen zur Folge haben. Die derzeitige interministerielle Koordinierung reicht nicht aus und setzt auch zu spät an. Ziel sollte daher die Neustrukturierung der Forschungsprogramme im Bereich der nuklearen Entsorgung sein, um zielgerichtet den Forschungs- und Entwicklungsbedarf identifizieren und umsetzen zu können. Die Verantwortung für die Ressortforschung und Projektförderung sollte daher beim BMUB gebündelt werden, welches wiederum BfE und BGE eng einbindet, und zugleich Reibungsverluste durch langwierige Ressortabstimmungen vermeidet.

Dem BfE kommt für die Gesamtaufgabe eine Schlüsselposition zu. Als zentrale Stelle für die Regulierung im Bereich der nuklearen Entsorgung sollte es auch Impulsgeber im Bereich Forschung sein und durch Aufbau eigener Kompetenzen sicherstellen, dass sich der Staat nicht zunehmend in Abhängigkeit privater Gutachterorganisationen begibt.

## 6.8.2 Internationale Zusammenarbeit und Vernetzung

Die Bundesregierung führt im 6. Energieforschungsprogramm zur Bedeutung internationaler Kooperationen in der Forschung aus<sup>6</sup>:

„Technologieentwicklungen müssen heute immer stärker aus einer globalen Perspektive bewertet werden. Die Bundesregierung trägt diesem Gedanken durch eine Verbesserung der

---

<sup>5</sup> BMUB 2016 „Ressortforschungsplan 2016“

<sup>6</sup> BMWi 2011 „6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung“

internationalen Kooperation auf dem Gebiet der Energieforschung Rechnung. Von besonderer Bedeutung sind dabei eine stärkere Vernetzung der Forschungsarbeiten innerhalb der Europäischen Union sowie die gezielte Beteiligung an internationalen Arbeiten anderer mit Entsorgungsfragen befasster Länder.“

Die Absicherung eigener Forschungs- und Entwicklungsergebnisse durch die Mitarbeit in internationalen Gremien, wie z. B. der OECD-NEA oder der IAEA ist erforderlich, allerdings muss hier in Zukunft stärker deutlich werden, wo es um den Erfahrungsaustausch von Aufsichtsbehörden, Betreibern und Verbänden geht und wo es um wissenschaftlichen Austausch von unabhängigen Forschungseinrichtungen geht.

In diesem Zusammenhang sind vernetzte Forschungs- und Technologieplattformen wie die IGD-TP („Implementing Geological Disposal Technology Platform“ unter der Schirmherrschaft der Europäischen Kommission) wichtige Werkzeuge der internationalen Kooperation, die es weiter zu unterstützen und auszubauen gilt. Sie dienen vor allem dem Austausch von Wissen und Erfahrungen, dem Erwerb weiterer Expertise, der Qualitätssicherung und auch der Information einer interessierten Öffentlichkeit.

#### 6.8.3.x Ein neuer interdisziplinärer Forschungsansatz am Beispiel von ENTRIA

Die unbefriedigende Ausgangslage erfordert einen neuen Ansatz, der auf den Arbeiten und Strukturen des Projektes ENTRIA aufbauen kann. Notwendig ist ein wissenschaftlicher transdisziplinärer Forschungsverbund, der auf der Grundlage international anerkannter Kompetenz und eigener Forschungsleistungen unabhängig, neutral und ganzheitlich agiert, um einen konstruktiven gesellschaftlichen Beitrag zu leisten. Dabei müssen alle ernsthaften Optionen zur sicheren Lagerung radioaktiver Stoffe und zur Rückholung kontinuierlich wissenschaftlich durchdrungen werden bis hin zur möglichen Strahlenexposition von Mensch und Umwelt. Notwendig ist eine Plattform, die Unabhängigkeit, Neutralität und Wissenschaftlichkeit als ihre höchsten Güter pflegt, da nur so Glaubwürdigkeit in der Gesellschaft zu erreichen und langfristig zu halten ist.

Die Forschungsförderung der drei Ressorts, die Aufteilung auf drei Ressorts und die Rolle des Projektträgers ist vor dem Hintergrund der o.g. Herausforderungen und Ziele (insb. 6.8.1.1 ff) neu auszurichten.

#### 6.8.3.x Soziologische und Sozioökonomische Fragestellungen

Ethische Grundfragen müssen hier genauso betrachtet werden, wie Fragen der Risikoforschung, Risikokommunikation, Akzeptanz, des gesellschaftlichen Umgangs mit Fehlentwicklungen, Möglichkeiten der Fehlerkorrektur und der Partizipation in einem demokratischen Rechtsstaat.

Bislang wurde die sichere Lagerung von radioaktiven Abfällen insbesondere als technische Herausforderung wahrgenommen. In einer demokratischen Gesellschaft stellen sich aber viel grundlegendere Fragen von gesellschaftlicher Verantwortung für künftige Generationen, rechtliche und verfassungsrechtliche Fragen. Ohne eine umfassende Berücksichtigung dieser Aspekte droht ein solcher Prozess immer wieder scheitern. Am Ende stünde dann eine ungeplante unerwünschte nicht sichere Langzeitlagerung an der Oberfläche.

*Zum Thema Wissensmanagement: hier ist noch ein Textbaustein einzufügen*

*Zum Thema Fehlerkorrekturen: hier ist noch ein Textbaustein einzufügen*

*selbsthinterfragende Systeme, Forschung siehe Anhörung Prof. Sträter 20. Sitzung der AG3*

#### 6.8.3.x Wirkungsforschung zu Struktur und Eigenschaften radioaktiver Abfälle

Zum Verständnis der Eigenschaften radioaktiver Stoffe und insbesondere zu deren Verhalten in dynamischen Systemen fehlt Grundlagenwissen.

#### 6.8.3.x Strahlenbiologie und gesundheitliche Wirkungen

Strahlenbiologische Wirkungen und unabhängige fachliche Expertise wird für die Akzeptanz eine grosse Rolle spielen. Die wissenschaftlichen Kapazitäten in diesem Bereich sind langfristig aufrecht zu erhalten und in spezifischen Forschungsgebieten bei Bedarf auszubauen.

#### 6.8.3.x Vermeidung von Proliferation und Risikomanagement

Mit der Verbreitung von Nukleartechnik und nuklearen Abfällen ist die Gefahr der Proliferation und des Missbrauchs von radioaktiven Stoffen gewachsen. Systemische Ansätze zur Verhinderung von Proliferation und verwandten Risiken sollten verstärkt Gegenstand interdisziplinärer und international angelegter Forschungsvorhaben sein.

#### **6.8.3.x Wirtsgesteinsspezifische Fragen**

In Deutschland lag in der Vergangenheit der Schwerpunkt der projektbezogenen Forschung und Entwicklung auf dem Wirtsgestein Salz. Hier sind die existierenden Konzepte und Schwerpunkte zu überprüfen. Offene Forschungsthemen und kritische Zweifelsfragen aus bisherigen Projekten sind grundlegend aufzuarbeiten. In Bezug auf die Eignung flacher Salzlagerstätten für die Endlagerung ist zu prüfen, ob bereits bestehende Verfahren und Konzepte anwendbar oder ggfs. neu zu entwickeln sind.

Zum Wirtsgestein Ton ist der Kenntnisstand in Deutschland demgegenüber nicht so intensiv ausgeprägt. Im Rahmen der Beteiligung deutscher Forschungseinrichtungen an FuE-Aktivitäten insbesondere in der Schweiz, Frankreich und Belgien und durch die Mitarbeit in internationalen Untertagelaboren konnte ein fundierter, wissenschaftlich-technischer Kenntnisstand erarbeitet werden<sup>7</sup>. Zu vielen Fragestellungen besteht allerdings weiterer FuE-Bedarf, z. B. zur Frage nach der bautechnischen Umsetzung eines Endlagers in größeren Teufen, zum Einfluss eines ggf. erforderlichen (Beton)Ausbaus auf die Langzeitentwicklung des Endlagers, zum Einfluss von mikrobieller Aktivität auf die Korrosion von Behältern, zum Einfluss chemischer Gradienten im Endlagernahfeld. (hier sind evtl. Ergänzungen nötig)

Im Vergleich zu Steinsalz (Salzstock) und Tonstein ist der national verfügbare Wissensstand zur Endlagerung in kristallinen Wirtsgesteinen bisher am geringsten ausgeprägt. Gleichwohl wurden seit langem FuE-Aktivitäten zu spezifischen Fragestellungen der Endlagerung in kristallinen Gesteinen betrieben (grundlegende Kenntnisse zum Wirtsgestein, zu mikrobiellen Prozessen, zur Hydrologie, etc.), die in den ausländischen Untertagelaboratorien in Schweden und in der Schweiz durchgeführt wurden. In den letzten Jahren wurden die FuE-Aktivitäten vor allem auf Arbeiten zu technischen und geotechnischen Barrieren fokussiert, d.h. auf Themenfelder, deren Ergebnisse potenziell auch auf Endlagerkonzepte in anderen Wirtsgesteinen übertragbar sind. Im Rahmen der Standortsuche wird zunächst<sup>8</sup> die Erkundung der Kristallinformationen in Deutschland und ihre Beurteilung anstehen. Die Übertragbarkeit skandinavischer Endlagerkonzepte auf deutsche Verhältnisse ist dabei zu überprüfen und Nachweiskonzepte eines „einschlusswirksamen Gebirgsbereichs“ zu entwickeln (*Letzteres ist in Bezug auf Kristallin noch in der Diskussion in der AG3*).

#### **6.8.3.x Wirtsgesteinsübergreifende Fragen**

Es sind weitere FuE-Arbeiten durchzuführen, die zu einem besseren Verständnis der Endlagersysteme incl. ihres Umfeldes führen, z. B. zu den in den Endlagersystem-Bestandteilen (Abfallform, technische Barrieren, geotechnische Barrieren, Wirtsgestein) ablaufenden THMCB (Thermisch, Hydraulisch, Mechanisch, Chemisch, Biologisch) – Prozessen und ihrer Kopplung untereinander sowie in Verbindung mit ihrem geologischen Umfeld und radiolytischen Wirkungen. Große Kenntnisdefizite bestehen im Bereich dynamischer Wechselwirkungen. Die numerischen Modelle und zugrunde gelegten Rechencodes müssen systematisch weiterentwickelt werden.

---

<sup>7</sup> BMWi 2015 „Förderkonzept 2015 – 2018“

<sup>8</sup> BMWi 2015 „Förderkonzept 2015 – 2018“



Weitere FuE Arbeiten sind zudem notwendig zum Abbau von Ungewissheiten sowie zur Überprüfung des existierenden Wissens und zur Weiterentwicklung von Methoden zur Standortbewertung, zum Standortvergleich und zu den Sicherheitsanalysen und Sicherheitsuntersuchungen. Es ist dabei auch zu klären, wie aus den Sicherheitsuntersuchungen eine vergleichende Aussage abgeleitet werden kann. In diesem Zusammenhang sind Fragen zum Umgang mit den zur Verfügung stehenden Informationen (Daten) zu beantworten. In welchem Stadium der Standortauswahl stehen welche Daten zur Verfügung und welche Sicherheitsaussage kann daraus gewonnen werden.

Die Datenbasen zu den FEP-Katalogen (Features, Events and Processes) müssen für alle Wirtsgesteine entwickelt, bzw. soweit vorhanden weiter entwickelt werden. Hier ist zu untersuchen, welche Szenarienentwicklungen mit welcher Methodik in welchen Phasen der Standortauswahl vorgenommen werden müssen.

#### **6.8.3.x Endlagerkonzepte und Endlagertechnik, Bergwerkstechnologien zur Rückholbarkeit**

Für die Wirtsgesteine müssen insbesondere Konzepte, die Rückholbarkeit, Pilotlager und Monitoring beinhalten, ggf. entwickelt und geprüft werden. Zu Fragen der Rückholbarkeit, Bergbarkeit und Wiederauffindbarkeit von Abfällen bestehen noch erhebliche Wissenslücken.

*Erweiterung nötig, siehe auch Anhörung 16. Sitzung der Kommission.*

*Ggfs. auch Thema Untertagelabore.*

*Dazu Verschlusssysteme, Schächte und Demonstrationsvorhaben.*

*Weiterhin sind evtl. offen die Fragen der Endlagerung von LAW/MAW gemeinsam mit HAW.*

#### **6.8.3.x Behältersysteme**

Der im Endlagerkonzept angelegte Zeitrahmen für den Erhalt der Barrierefunktion des Behälters bestimmt maßgeblich die Anforderungen, die an das Langzeitverhalten des Behälters zu stellen sind. Erfahrungen mit Behälterentwicklungen sind in Deutschland vorhanden. Die Behälterkonzepte orientierten sich an den zum Entwicklungszeitpunkt vorgegebenen Referenzkonzepten. Zusätzlich zu bislang diskutierten Konzepten (für Steinsalz) sind für andere Wirtsgesteine Anpassungen oder neue Bauarten für Behälter zu entwickeln. Die vorhandenen Referenzkonzepte entsprechen nicht mehr dem Stand von Wissenschaft und Technik und müssten intensiv überarbeitet werden, insbesondere vor dem Hintergrund aktueller oder zusätzlicher Sicherheitsanforderungen. (s. Kap. 6.7)

### **6.8.3.x Betrachtung der notwendigen längeren Zwischenlagerzeiten (Überbrückungslagerung)**

Die Kommission empfiehlt den von der ESK (2015)<sup>9</sup> formulierten Forschungs- und Entwicklungsbedarf zu den folgenden Aspekten fortlaufend zu prüfen und entsprechende Arbeiten zu initiieren (s. Kap. 5.6.3):

- notwendige sicherheitstechnische Nachweise für Behälter und Inventare für eine verlängerte Zwischenlagerung erfordern hinreichend belastbare Daten und Erkenntnisse aus der Auswertung der Betriebserfahrungen und aus zusätzlichen Untersuchungsprogrammen.
- Untersuchungsprogramme zum Nachweis des Langzeitverhaltens von Behälterkomponenten (z. B. Metalldichtungen) und Inventaren (z. B. Brennstabintegrität) für eine verlängerte Zwischenlagerung sollten frühzeitig initiiert werden.
- Die Verfügbarkeit aller austauschbaren Behälterkomponenten (z. B. Druckschalter, Metaldichtungen, Tragzapfen, Schrauben) muss für den gesamten Zwischenlagerzeitraum gewährleistet sein
- Das Brennelementverhalten ist von wesentlicher Bedeutung für erforderliche und geeignete Konditionierungskonzepte zur nachfolgenden Endlagerung. Einschränkungen hinsichtlich der Konditionierungsmöglichkeiten der Brennelemente sind ebenfalls ein Forschungsthema.

### **6.8.3.x Erforschung/Beobachtung alternativer Optionen**

#### Langfristige Zwischenlagerung (s. Kap. 4.5.1)

Die Kommission betrachtet die heute verfügbare Technologie der Zwischenlagerung hoch radioaktiver Abfälle für den derzeitigen, mit der notwendigen Zwischenlagerung über die kommenden Jahrzehnte verbundenen, Zweck als technisch ausgereift und hinreichend robust. Die Planung einer Langzeitzwischenlagerung und die Aufrechterhaltung der Fähigkeit hierzu über Jahrhunderte hinweg wirft hingegen eine ganze Reihe von Fragen auf und beinhaltet Unsicherheiten und damit Risiken, die aus heutiger Sicht gegen eine aktive Verfolgung einer solchen Strategie sprechen. Nichts desto trotz mag der Gesellschaft eine Langzeitzwischenlagerung auf genötigt werden, wenn es nicht gelingt die angestrebte Endlagerung zu realisieren. Die Kommission betrachtet es daher als sinnvoll und notwendig, insbesondere die mit der Alterung von Behältern und Inventaren verbundenen Effekte im

---

<sup>9</sup> ESK (2015)

Blick zu behalten und hier auch in Zukunft Anstrengungen für weitere Erkenntnisgewinne zu unternehmen.

#### Transmutation (s. Kap. 4.5.2)

Die Kommission ist unter Würdigung der in Kapitel 4.5.2 beschriebenen Aspekte der Auffassung, dass sich aus der von der Kommission bearbeiteten Endlagerthematik keine Argumente für eine Entwicklung einer Transmutationstechnologie ableiten lassen. Die Kommission sieht in dieser Technologie unter den in Deutschland geltenden Randbedingungen keine Vorteile für die Endlagerung radioaktiver Abfälle. Daher wird eine Verfolgung einer P&T-Strategie nicht empfohlen.

#### Tiefe Bohrlöcher (s. Kap. 4.5.3)

Die Kommission empfiehlt, die Entwicklung des Standes von Wissenschaft und Technik, die derzeit vor allen Dingen in den USA erfolgt, weiter zu beobachten und den erreichten Stand regelmäßig festzustellen, z.B. im Rahmen einer Berichterstattung durch den Vorhabenträger an die Regulierungsbehörde und den deutschen Bundestag. Außerdem erachtet es die Kommission als sinnvoll, auch auf deutscher Seite Forschungsvorhaben zu offenen Fragen wie der spezifischen Behältertechnologie und der an die Bohrlochlagerung zu stellenden Sicherheitsanforderungen angemessen zu fördern. Aufgrund der grundsätzlichen Unsicherheit, ob durch intensive Forschung und Entwicklung der Pfad der tiefen Bohrlöcher überhaupt als eine Option für die sichere Endlagerung erwiesen werden kann, darf die Standortsuche für ein Endlager in einem Bergwerk hierdurch aber nicht eingeschränkt werden.

#### 6.8.4 Begleitforschung zu Partizipation

Das Partizipationsverfahren für die Standortauswahl wird in seinen zeitlichen und räumlichen Dimensionen einzigartig sein. Eine wissenschaftliche Begleitforschung ist daher sinnvoll und erforderlich und kann sowohl für das als "lernend" angelegte Verfahren als auch darüber hinaus für die Wirkung von Beteiligungsverfahren in einer repräsentativen Demokratie wichtige Erkenntnisse liefern.