

# ERGEBNISSE DER ÖFFENTLICHKEITSBETEILIGUNG ZU FORSCHUNGSSTRATEGIE UND -AGENDA DES BfE

## EINORDNUNG UND BERÜCKSICHTIGUNG

### 1. DANKSAGUNG

Als Bundeseinrichtung mit Forschungsaufgaben im Bereich der nuklearen Sicherheit hat sich das Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit (BfE) die Erstellung einer Forschungsstrategie und einer Forschungsagenda zur Aufgabe gemacht und diese im Rahmen eines Konsultationsprozesses veröffentlicht. Ziel des BfE war es dabei, die Inhalte mit der Forschungscommunity zu diskutieren und auch die Öffentlichkeit an der Ausgestaltung seiner Forschungsthemen und seines Forschungsrahmens zu beteiligen.

Für die zahlreichen konstruktiven Kritiken und Ergänzungen bedankt sich das BfE bei allen, die ihre Zeit und Kenntnisse zur Verfügung gestellt haben. Durch dieses Engagement hat das BfE Beiträge erhalten, die in einer Überarbeitung seiner Forschungsstrategie und seiner Forschungsagenda resultieren. Diesen begonnenen Dialog wird das BfE in Zukunft weiterführen.

### 2. EINLEITUNG

In seiner Forschungsstrategie und seiner Forschungsagenda hat das BfE die Grundsätze seiner Forschung sowie die geplanten Schwerpunkte formuliert und als Konsultationsfassungen veröffentlicht:

- Die **Forschungsstrategie** legt die langfristigen Ziele und Grundsätze der Forschung des BfE fest und dient als Leitfaden, an dem sich alle Forschungsaktivitäten des BfE messen lassen.
- Die **Forschungsagenda** deckt einen Zeitraum von vier Jahren ab. Sie benennt die aus Sicht des BfE relevanten Themenfelder und Fragestellungen für die Forschung in den Aufgabengebieten des BfE. Sie wird im Zweijahres-Zyklus aktualisiert.

Mit den nachfolgend genannten Schritten (Abbildung 1) hat das BfE sowohl seine Forschungsstrategie als auch seine Forschungsagenda zur Diskussion gestellt.

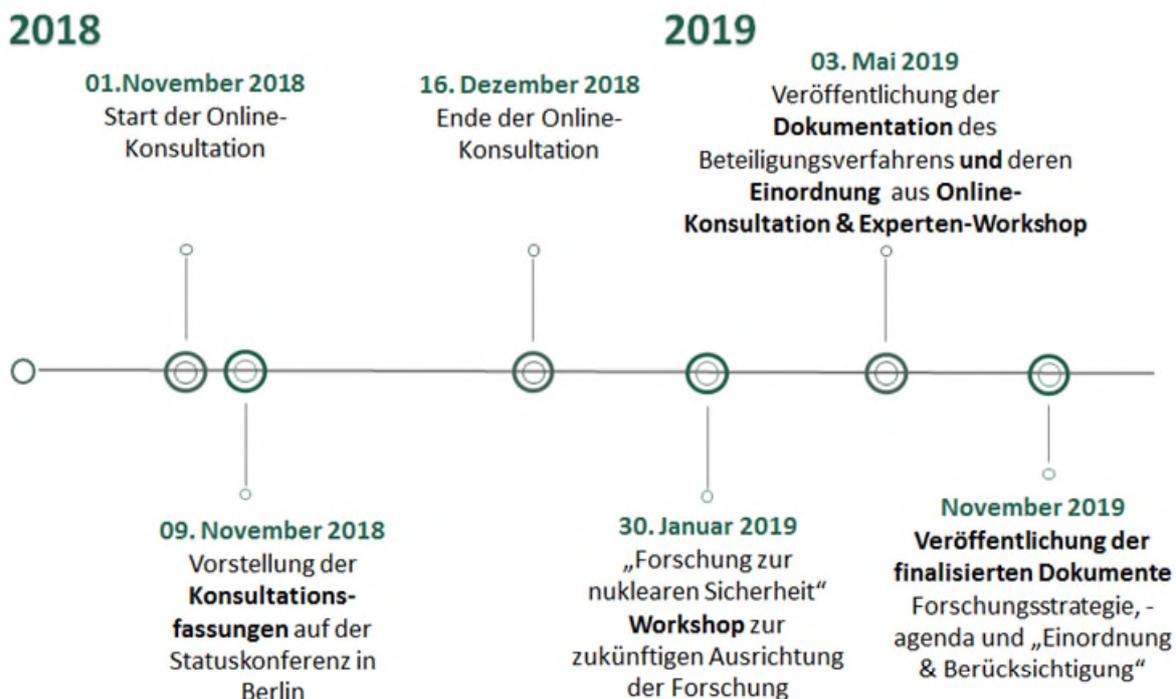


Abbildung 1: Konsultationsverfahren zu BfE-Forschungsstrategie und -agenda 2018/19

### Online-Konsultation

Vom 1. November bis zum 16. Dezember 2018 war die Öffentlichkeit eingeladen, Forschungsstrategie und -agenda per Online-Konsultation aktiv und kritisch zu kommentieren. Insgesamt erreichten das BfE neun umfangreiche Stellungnahmen von verschiedenen Organisationen, Forschungsinstituten, Verbänden und Einzelpersonen sowie elf Online-Kommentare.

Die Einsendungen sind in der [Anlage 1](#) zu diesem Dokument dargestellt.

### Workshop mit Expertinnen und Experten sowie der Öffentlichkeit

Am 30. Januar 2019 fand in Berlin ein öffentlicher Workshop zur zukünftigen Ausrichtung der Forschung statt. Unter dem Motto „Forschung für nukleare Sicherheit“ diskutierten 92 externe Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus verschiedenen Bereichen (u.a. Behörden, Forschungsinstitute, Verbände) die vom BfE veröffentlichten Konsultationsfassungen der Forschungsstrategie und -agenda. Die Diskussion wurde sowohl im Plenum als auch in den nachfolgenden vier Fachforen geführt:

- Forum 1: Standortsuche Endlagerung
- Forum 2: Zwischenlagerung und Transporte
- Forum 3: Kerntechnische Sicherheit, Stilllegung und Rückbau
- Forum 4: Übergreifende und methodische Fragestellungen

Die Ergebnisse der Fachforen wurden anschließend im Plenum nochmals zur Diskussion gestellt. Die gesammelten Anmerkungen, Anregungen und Kritikpunkte der geladenen Expertinnen und Experten sowie die Impulsvorträge des Workshops sind in den [Anlagen 2 und 3](#) zusammengefasst.



Abbildung 2: Impressionen vom Workshop Forschung für nukleare Sicherheit, 30. Januar 2019, VKU-Forum, Berlin.

### Veröffentlichung und Auswertung der Ergebnisse

Die Anmerkungen und Anregungen wurden dokumentiert und im Nachgang ausgewertet. Anschließend wurden die Dokumentation der Ergebnisse sowie deren Einordnung und Berücksichtigung durch das BfE auf der BfE-Webseite veröffentlicht ([https://www.bfe.bund.de/DE/bfe/forschung/beteiligung/online-konsultation\\_node.html](https://www.bfe.bund.de/DE/bfe/forschung/beteiligung/online-konsultation_node.html)).

# 3. ERGEBNISSE DER ÖFFENTLICHKEITSBETEILIGUNG UND ÜBERARBEITUNG VON FORSCHUNGSSTRATEGIE UND -AGENDA

Das BfE hat die im Rahmen der Online-Konsultation eingegangenen Kommentare und Stellungnahmen sowie die während des Experten-Workshops gesammelten Anmerkungen und Anregungen ausgewertet, eingeordnet und in die Überarbeitung seiner Forschungsstrategie und -agenda einfließen lassen.

Sowohl die Forschungsstrategie als auch -agenda wurden auf zwei Ebenen kommentiert (sowohl bei der Online-Konsultation als auch während des Workshops); dies bezog sich einerseits auf übergeordnete Aspekte der BfE-Forschung bzw. den Forschungsrahmen, andererseits zielten weitere – zum Teil sehr detaillierte und fachspezifische – Kommentare auf die Inhalte der Fachkapitel der Forschungsagenda ab. Die nachfolgende Darstellung der Kommentare und Kritiken sowie ihrer Einordnung und Berücksichtigung orientiert sich inhaltlich an dieser Struktur. Sie adressiert zunächst die übergeordneten Themen und geht anschließend auf die einzelnen Fachkapitel und -aspekte ein. Wo es sinnvoll ist, wird ein direkter Bezug zu einem spezifischen Kommentar gezogen. In anderen Fällen werden mehrere Kommentare mit vergleichbarer Aussage zusammengefasst. Basierend auf der Darstellung der Kommentare und Kritiken erfolgt ihre Einordnung sowie die Darstellung, ob und wie das BfE diese bei der Überarbeitung der Forschungsstrategie und -agenda berücksichtigt hat.

## 3.1. BEWERTUNG DER ÜBERGEORDNETEN THEMEN

Der vom BfE beschriebene Forschungsrahmen und die damit zusammenhängenden übergeordneten Ziele und Themen wurden von verschiedenen Institutionen und Organisationen sowie Einzelpersonen im Rahmen der Online-Konsultation kommentiert. Auf dem Workshop wurden diese Themen insbesondere im Plenum – aber auch, mit unterschiedlichem Tiefgang und fachlicher Orientierung, in den Foren 1 bis 4 – diskutiert. Nachfolgend werden die Kerninhalte zu den übergeordneten Themen aus der Online-Konsultation sowie aus den Diskussionspunkten des Workshops zusammengefasst und eingeordnet.

---

### 3.1.1. ROLLENVERSTÄNDNIS / SELBSTVERSTÄNDNIS DES BfE

**Kommentierung und Kritik:** Zur Einordnung der BfE-Forschung in die nationale Forschungslandschaft wird eine Abgrenzung zu anderen Ressorts und Akteuren (Bundesministerium für Bildung und Forschung [BMBF] – klassische Grundlagenforschung und Kompetenzerhalt; Bundesministerium für Wirtschaft und Energie [BMWi] – anwendungsorientierte, standortunabhängige Grundlagenforschung; Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH [BGE] – vorhaben- und anlagenbezogene Forschung) und deren Förderprogrammen gefordert. Die Ressortforschung des BfE solle sich ausschließlich auf die Bedarfe fokussieren, welche sich im Rahmen der Regulierungs-, Aufsichts- und Genehmigungsaufgaben ergeben. Wesentliche Forschungsarbeiten im Bereich des Standortauswahlverfahrens werden bei der Vorhabenträgerin (BGE mbH) gesehen; das BfE solle auf identifizierte Lücken hinweisen oder diese durch eigene Arbeiten füllen. In diesem Kontext wird auch gefordert, das Rollen- und Selbstverständnis und die Aufgabentrennung zwischen der Forschung des BfE und der BGE mbH klarer zu kommunizieren und darzulegen, welche möglichen Abhängigkeiten/Risiken für potentielle Auftragnehmer dadurch entstehen. Diesbezüglich seien auch Maßnahmen zur Vermeidung von Interessenkonflikten zu treffen.

Diese Eingrenzung der BfE-Forschung wird bei dem Forschungsfeld der Öffentlichkeitsbeteiligung nicht gesehen, da das BfE hier der Träger sei. Die besondere Rolle des BfE als Träger der Öffentlichkeitsbeteiligung gehe aus den Dokumenten nicht hervor und solle sich in einem eigenen Kapitel manifestieren. Im Forum 4 wurde zudem kontrovers diskutiert, wie sich die BfE-Forschung im Spannungsfeld zwischen einem breiten, offenen versus einem engen, ergebnisorientierten Ansatz positionieren solle. Aus den Reihen der Teilnehmenden wird der Wunsch

geäußert, eine offene Forschung zu ermöglichen, in der bspw. nicht jedes Arbeitspaket so klar vordefiniert sei, dass ein geweiteter Blick verhindert werde.

**Einordnung und Berücksichtigung:** Neben seinen Regulierungs-, Aufsichts- und Genehmigungsaufgaben und dem sich daraus ergebenden Forschungsbedarf ist das BfE auch die Fachbehörde für Fragen der nuklearen Entsorgungssicherheit sowie der kerntechnischen Sicherheit und berät in diesen Fragen das Bundesumweltministerium. Das BfE hat damit einen umfassenden, im Gesetz verankerten Auftrag zur Forschung für den Bereich der nuklearen Sicherheit, der über die rein aufsichts- und genehmigungsbezogenen Forschungsaufgaben hinausgeht. Die geforderte Fokussierung oder gar Beschränkung auf die rein aufsichts- und genehmigungsbezogenen Forschungsaufgaben wäre deshalb nicht ausreichend für die Erfüllung seines gesetzlichen Auftrages. Dies könnte zu einer nicht gewollten Eingrenzung der BfE-eigenen Kompetenz und Expertise führen und ist mit dem übergeordneten gesetzlichen Ziel der nuklearen Sicherheit, welchem alle staatlich geförderte Forschung im Bereich der Kerntechnik und nuklearen Entsorgung dienen soll, nicht vereinbar. Die BfE-Forschung ist dabei stets aufgabenbezogen und stellt die Grundlage für unabhängige Entscheidungen sicher. Falls vom BfE Forschungsbedarfe – auch anderer Akteure – erkannt werden, die noch nicht explizit ausgewiesen wurden, wird das BfE in der Forschungsagenda darauf hinweisen. Die Rolle des BfE sowie sein Selbstverständnis als Bundeseinrichtung mit Forschungs- und Entwicklungsaufgaben sind im Rahmen des neu erstellten Kapitels 1.2 konkreter beschrieben und dargestellt. Dies beinhaltet auch eine ausführlichere Darstellung des institutionellen Kontextes, in welchem die Forschung des BfE stattfindet. Zu seinem Rollenverständnis gehören auch Maßnahmen zur Vermeidung von Interessenkonflikten, denen das BfE einen hohen Stellenwert zumisst.

Die Aussagen hinsichtlich der Darstellung der Forschung zur Öffentlichkeitsbeteiligung sind zutreffend. Das Kapitel 6.1 „Öffentlichkeitsbeteiligung“ wurde maßgeblich überarbeitet, u.a. wurden weitere Forschungsthemen ergänzt. Die Diskussionen insbesondere auf dem Workshop haben zudem gezeigt, dass die ursprüngliche Überschrift „Übergreifende und methodische Fragestellungen“ zu Kapitel 6 weder dessen Inhalte noch deren Stellenwert im Rahmen der BfE-Forschung angemessen widerspiegelt. Neben einer Überarbeitung der einzelnen Forschungsthemen wurde Kapitel 6 deswegen in „Sozialwissenschaftliche und soziotechnische Fragestellungen“ umbenannt.

---

### 3.1.2. RESSORTÜBERGREIFENDE KOORDINIERUNG DER FORSCHUNG IM BEREICH DER NUKLEAREN ENTSORGUNG

**Kommentierung und Kritik:** Das Ziel des BfE, maßgeblich an der Koordinierung im Bereich der Forschung zur nuklearen Entsorgung mitzuwirken, wird von verschiedenen Akteuren kritisch gesehen, da die bisherige Aufteilung der Forschung unter den Ressorts als sinnvoll angesehen wird. In diesem Zusammenhang wird auch gefordert, dass die BfE-Forschung in einen größeren Kontext eingebunden werden und auch ressortübergreifend (BMWi, BMBF, BMU) harmonisiert, effizient zusammengeführt und synchronisiert werden solle. Die Ausrichtung der Entsorgungsforschung müsse unabhängig bleiben und dürfe nicht aus dem Blickwinkel der Aufsichts- und Genehmigungsbehörde gesteuert werden. Das Ziel einer koordinierenden Rolle des BfE wird auch als Versuch interpretiert, die Forschung zur nuklearen Sicherheit unter dem Dach des BfE zu bündeln. Eine Koordinierung zur Planung von Ressourcen und Vermeidung von Doppelforschung werde hingegen begrüßt.

**Einordnung und Berücksichtigung:** Alle Forschungsaktivitäten im Bereich der Kerntechnik und der nuklearen Entsorgung sollten sich an dem gesetzlich definierten Ziel der nuklearen Sicherheit orientieren. Eine Forschungsförderung im Bereich der Kerntechnik, die nicht ausschließlich diesem Ziel verpflichtet ist, lehnt das BfE ab. Eine Koordinierung der Forschungsaktivitäten ist u.a. notwendig, um diese Sicherheitsorientierung zu gewährleisten, Wissenstransfer herzustellen und Doppelforschung zu vermeiden. Als Fachbehörde für die kerntechnische Sicherheit ist das BfE in der Verantwortung, sich maßgeblich in diese Koordinierung einzubringen. Hierzu gehört auch ein (gegebenenfalls ressort-)übergreifender Austausch. Die Motivation für die Zielsetzung einer ressortübergreifenden Koordinierung ergibt sich des Weiteren aus einem Zuständigkeits- und Perspektivenwechsel als Folge des Beschlusses zum Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie. Einerseits lag der Fokus der nuklearen Sicherheitsforschung früher auf dem Betrieb kerntechnischer Anlagen und hatte damit einen starken wirtschafts-

und energiepolitischen Bezug. Nach dem Ausstieg aus der Nutzung der Kernenergie steht die sichere Entsorgung des radioaktiven Abfalls unter umweltpolitischen Rahmenbedingungen im Mittelpunkt. Der Gesetzgeber hat dem mit der Neuorganisation der Zuständigkeiten im Endlagerbereich Rechnung getragen und die End- und Zwischenlagerzuständigkeiten im Ressortbereich des BMU angesiedelt. Die frühere Ressortaufteilung bzw. die Abgrenzung der Forschungsthemen (BMW: anwendungsorientierte, standortunabhängige Grundlagenforschung; BMU: anlagenbezogene Auftragsforschung, BMBF: Grundlagenforschung und Kompetenzerhalt) lässt sich, unter Wahrung der gesetzlichen Aufgabenerfüllung des BfE bzw. des BMU, nicht mehr aufrechterhalten, da sich im Standortauswahlverfahren zunächst überwiegend standortübergreifende/-unabhängige Fragestellungen ergeben. Darüber hinaus erfordert die Suche eines Endlagerstandorts mit bestmöglicher Sicherheit ein bedarfsorientiertes, koordiniertes Vorgehen, damit die Ergebnisse zeitgerecht vorliegen. Als zentrales Ziel soll und muss dabei die Unabhängigkeit von Forschungsarbeiten und vor allem der gewonnenen Ergebnisse sichergestellt sein. Um mögliche Missverständnisse hinsichtlich des Ansatzes einer ressortübergreifenden Koordinierung zu vermeiden, wurden die Formulierungen an den entsprechenden Stellen in der Forschungsstrategie („Kurzfassung“ sowie „Die Rolle des BfE in der Ressortforschung für nukleare Entsorgungssicherheit“) und -agenda („Vorwort“, Kapitel 1.1 „Forschung als Aufgabe des BfE“) angepasst und präzisiert.

---

### 3.1.3. DARSTELLUNG DER ARBEITEN VON AKTEUREN AUS DER FORSCHUNG ZUR NUKLEAREN SICHERHEIT

**Kommentierung und Kritik:** Es wird bemängelt, dass in der Forschungsagenda nicht auf die Arbeiten anderer Akteure im Bereich der nuklearen Sicherheit (sowohl Sicherheit in der Kerntechnik als auch in der nuklearen Entsorgung) eingegangen und der Stand von Wissenschaft und Technik nicht ausreichend dargestellt werde.

**Einordnung und Berücksichtigung:** Ziel der Forschungsagenda ist es, den Forschungsbedarf des BfE als Bundeseinrichtung mit Forschungs- und Entwicklungsaufgaben in den relevanten Themenfeldern zu dokumentieren und durch die Veröffentlichung auch für Externe (Öffentlichkeit und Expert/-innen) sichtbar zu machen. Die Forschungsagenda hat damit nicht den Anspruch auf eine vollständige Darstellung der Forschungslandschaft.

Der spezifische Stand von Wissenschaft und Technik sowie die hierfür geleisteten Forschungsarbeiten werden bei der Initiierung von Forschungsvorhaben (sowohl bei der Vergabe von Aufträgen als auch für die interne Projektierung) aufgearbeitet und vorhabenspezifisch dargestellt. Um eine generelle Darstellung der aktuellen Forschungslandschaft und ihrer Akteure in die Forschungsagenda zu integrieren, wird der Bezug zu den Forschungsergebnissen anderer Akteure und Ressorts in Kapitel 1.1 der Forschungsagenda beschrieben. Kapitel 2 „Priorisierung von Forschungsvorhaben“ ist zudem um einen Abschnitt zum Umgang mit den Forschungsergebnissen anderer Akteure ergänzt.

---

### 3.1.4. PARTIZIPATION AN DER FORSCHUNG FÜR NUKLEARE SICHERHEIT

**Kommentierung und Kritik:** Zur Partizipation im Standortauswahlverfahren wird es als notwendig angesehen, die Öffentlichkeit auch stärker in die Forschung einzubinden („Citizen Science“). Hierzu sollen der Öffentlichkeit Ressourcen und finanzielle Mittel zur Verfügung gestellt werden, damit diese eigene Expert/-innen für Gutachten beauftragen und eigene Forschungsprojekte initiieren könne. Darüber hinaus wird für den Workshop selbst und auch für kommende Veranstaltungen vorgeschlagen, dass die Kosten zur Teilnahme einzelner Personen übernommen werden sollen.

**Einordnung und Berücksichtigung:** Die Beteiligung an der Vorbereitung von Forschungsaktivitäten hat das BfE mit dem Konsultationsprozess begonnen.

„Citizen Science“ kann sowohl als adressatengerechte Information und Einbindung von Bürger/-innen als auch als Finanzierung von Forschungsprojekten, die von Bürger/-innen initiiert werden, aufgefasst werden. Die Einbindung von Bürger/-innen in die Themen des Standortauswahlverfahrens ergibt sich aus der Rolle des BfE als

Träger der Öffentlichkeitsbeteiligung. Die Kompetenz zur Finanzierung von Forschungsprojekten, welche von Bürger/-innen vorgeschlagen werden, hat das BfE nicht; es kann ausschließlich Forschung zur eigenen Aufgabenerfüllung initiieren. Im Rahmen der formellen Beteiligungsformate in der Standortauswahl sind aber gesetzlich geregelte unabhängige Mechanismen vorgesehen, die auch die Durchführung und Finanzierung solcher Forschung ermöglichen. Die in der Forschungsagenda dargestellten Forschungsfragen können aber natürlich als Grundlage für „Citizen Science“-Forschungsvorhaben herangezogen werden.

Die Übernahme von Kosten für die Teilnahme von Privatpersonen am Workshop ist dem BfE aus haushälterischen Gründen verwehrt.

---

### 3.1.5. PRIORISIERUNG VON FORSCHUNGSTHEMEN

**Kommentierung und Kritik:** Begrüßt wird der Ansatz der zunehmenden Konkretisierung der BfE-Forschung durch die Strategie, die Agenda und den Forschungsplan (letzterer beinhaltet die konkreten Projekte). Zur Ressourcenplanung bei potentiellen Auftragnehmer/-innen wird für die Forschungsagenda jedoch eine Priorisierung gefordert; es solle aufgezeigt werden, in welchen Themen das BfE Forschung mit eigenem Personal aufbauen möchte. Hierzu gehöre eine Meilensteinplanung. Im Rahmen einer Priorisierung wurde auch gefordert, dass die BfE-Forschungsagenda mehr Ehrlichkeit zeigen solle, d.h. realistische Forschungsvorhaben aufzeigen und deren Umsetzung im Blick haben (Personal, Budget) müsse.

**Einordnung und Berücksichtigung:** Eine konkrete Priorisierung der einzelnen Forschungsvorhaben und damit auch der Forschungsthemen wird bei der jährlichen Aufstellung des Forschungsplans vorgenommen. Bei dieser Planung wird sowohl das Budget als auch das Personal berücksichtigt. Hiermit soll im Sinne des lernenden Systems die notwendige Flexibilität bei der Aufgabenerfüllung erhalten bleiben. Eine detaillierte Priorisierung der einzelnen Forschungsthemen im Rahmen der Forschungsagenda hält das BfE für nicht sinnvoll. Im Rahmen der zweijährigen Überprüfung der Forschungsagenda wird jedoch auch geprüft, ob neue, gegebenenfalls prioritär zu bearbeitende Forschungsthemen ergänzt werden müssen.

---

### 3.1.6. KOMPETENZERHALT UND QUALITÄTSSICHERUNG

**Kommentierung und Kritik:** Die BfE-Forschung solle keine reine Auftragsforschung sein, sondern sich einem internen sowie externen Review-Verfahren stellen. Dadurch werde eine Qualitätssicherung der Ergebnisse von Forschungsvorhaben möglich. Die Prozesse hierfür seien zu erarbeiten. Im Sinne einer Qualitätssicherung wurde zudem die Einrichtung eines wissenschaftlichen Beirats und/oder einer Begleitforschung empfohlen. Gerade in seiner Rolle als Regulierungsbehörde bedeute Kompetenzerhalt für das BfE auch, auf Augenhöhe mit der BGE mbH Bewertungen durchführen zu können. Das BfE solle den Anspruch haben, Forschungsvorhaben selbst zu entwickeln und zu begleiten. Hierzu gehören auch eigene Tätigkeiten untertage. Wenn dies nicht in Deutschland möglich sei, dann gemeinsam mit Nachbarländern in internationaler Kooperation und möglichst in allen Wirtsgesteinen.

**Einordnung und Berücksichtigung:** Neben der Auftragsforschung werden bereits weitere Formate zur Forschungsförderung geprüft.

Die Forschungsvorhaben dienen der Aufgabenerfüllung des BfE. Sie durchlaufen bereits jetzt ein umfassendes internes Review-Verfahren. Auftragsforschung und Qualitätssicherung sind deswegen kein Widerspruch. Die Aspekte der Qualitätssicherung sind in der Forschungsstrategie Kapitel 4 „Forschungsmanagement“ umfassend aufgezeigt. Inwieweit ein externes Review-Verfahren möglich und sinnvoll ist, wird das BfE prüfen. Dies gilt zugleich auch für die Implementierung eines wissenschaftlichen Beirats.

Der Relevanz einer eigenen Forschung wird zugestimmt. Die eigene Forschung im BfE befindet sich derzeit im Aufbau. Allerdings sind momentan keine Labore oder ähnliche Einrichtungen in Planung. Der Bedeutung von

Forschung in Untertagelaboren stimmt das BfE zu. Um eine solche umsetzen zu können, ist das BfE seit 1. Juli 2019 Mitglied im Mont Terri-Projekt in der Schweiz (<https://www.mont-terri.ch>).

## 3.2. FACHLICHE BEWERTUNG DER FORSCHUNGSTHEMEN

Die nachfolgende Einordnung der fachlichen Kommentierung basiert, wie auch die Bewertung der übergeordneten Themen, sowohl auf den Ergebnissen der Online-Konsultation als auch auf den zusammengefassten Ergebnissen aus den Foren 1 bis 4. Die Kommentierungen werden unter der jeweiligen Kapitelüberschrift der Forschungsagenda zusammengeführt. Wie bereits erwähnt, wurden in den verschiedenen Kommentierungen (Online-Konsultation) und Forendiskussionen häufig ähnliche Aspekte adressiert. Im Folgenden werden die Fachinhalte für die Kapitel „Reaktorsicherheit“, „Zwischenlager und Transporte“ sowie „Endlagerstandort mit der bestmöglichen Sicherheit“ anhand repräsentativer Kommentare wiedergegeben und eingeordnet. Die Kommentare wurden aus Effizienzgründen teilweise umformuliert, gekürzt oder zusammengeführt. Die Einordnung des Fachkapitels „Übergreifende und methodische Fragestellungen“ basiert hingegen maßgeblich auf den zusammengefassten Inhalten des Workshops, da in der Diskussion des Forums 4 signifikant mehr Inhalte eingebracht wurden als in der Online-Komentierung eingegangen sind.

---

### 3.2.1. REAKTORSICHERHEIT

#### 3.2.1.1. Nationale und internationale Zusammenarbeit und Kompetenzerhalt

**Komentierung und Kritik:** In den forschenden und forschungsnahen Ministerien und in der Politik müsse ein Umdenken einsetzen – Sicherheitsforschung, egal welcher Art, mache nur international Sinn; Betriebserfahrungen zum „How and Why“ können nur durch Verständnis und Zugang zu Anlagen im Betrieb generiert werden. Ein Konzept, um den verringerten Zuwachs an Betriebserfahrung aus der Kerntechnik in Deutschland zu kompensieren, sei mit der kerntechnischen Industrie gemeinsam zu entwickeln, um einen Bruch in der Kompetenzvermittlung zu vermeiden. Ein „neuer Austausch“ zwischen der kerntechnischen Industrie mit ihren vernetzten Praxisansätzen müsse künftig entwickelt werden, sei es in Form von „Runden Tischen“ zum Austausch, durch aktive Forschungsbeiträge zur Erhöhung der Sicherheit im Rückbau oder dem Etablieren eines ggf. ressortübergreifenden Regelwerkes zwischen Behörden und der kerntechnischen Industrie ([Stellungnahme 4](#)).

**Einordnung und Berücksichtigung:** Die Zusammenarbeit mit nationalen und internationalen Institutionen und Organisationen bzw. die Vernetzung ist ein wesentliches in der Strategie und Agenda ausgewiesenes Ziel des BfE. Die Auswertung von Betriebserfahrungen, auch aus ausländischen Anlagen, ist integraler Bestandteil von Forschungsvorhaben. Ergebnisse werden in der internationalen Gremienarbeit (bspw. OECD NEA/IAEEO) ausgetauscht und teilweise auch in internationale Datenbanken eingebracht.

Kompetenzerhalt und -erweiterung werden in der Forschungsstrategie ebenso explizit als Ziele benannt. Zum Erhalt der eigenen Bewertungskompetenzen sowie der Kompetenzen bei externen Forschungs- und Gutachterorganisationen trägt die gesamte BfE-Forschung kontinuierlich bei. Die explizite Förderung der Industrie im Bereich der Kerntechnik sowie des Exports von Sicherheitssystemen ist keine Aufgabe des BfE. Unternehmen können sich jedoch auf die vom BfE (offen ausgeschriebenen) Forschungsprojekte bewerben, solange die klare Trennung von Betreiber und Aufsichts-/Genehmigungsbehörde nicht tangiert wird.

#### 3.2.1.2. Priorisierung der Forschungsthemen

**Komentierung und Kritik:** Die typische Projektlaufzeit der genannten Forschungsarbeiten in der Agenda betrage ca. drei Jahre. Über diesen Zeithorizont hinaus werde in dem Dokument kein Forschungsbedarf benannt, d.h. in der Forschungsagenda des BfE fehlten wichtige, zukünftige Arbeiten und deren Priorisierung. Eine strategische Planung für den in der Forschungsagenda genannten Zeitraum der nächsten vier Jahre sei somit nicht erkennbar. Es solle eine gemeinsame Strategie unter den an der Reaktorsicherheit beteiligten Organisationen erarbeitet werden, um zukünftig international eine Rolle zu spielen. In den Dokumenten solle die Kompetenzverteilung thematisiert werden ([Stellungnahme 5](#)).

**Einordnung und Berücksichtigung:** Die Forschungsagenda definiert den thematischen Rahmen für mögliche Forschungsbedarfe im Bereich der nuklearen Sicherheit für das Aufgabenspektrum des BfE. Die konkrete Zeitplanung mit den Rahmendaten der Forschungsprojekte enthält der Forschungsplan. Die Forschungsprojekte des BfE werden grundsätzlich im wettbewerblichen Verfahren offen ausgeschrieben. Eine Absprache mit potentiellen Bieter/-innen bzw. Auftragnehmer/-innen ist, zur Wahrung der durch das Vergaberecht definierten Rahmenbedingungen, nicht möglich. Eine Koordinierung von Forschungstätigkeiten ist – wie oben beschreiben – vom BfE vorgeschlagen worden.

Die Forschung des BfE dient zur Erfüllung der eigenen gesetzlichen Aufgaben sowie zur Unterstützung bzw. der Beratung des BMU. Ergänzende Betrachtungen/Aspekte zu den Bedarfen des BfE zur Erhöhung der nuklearen Sicherheit sind hierbei ausdrücklich willkommen. Die übergeordnete Kompetenzverteilung im Bereich der nuklearen Sicherheit ist in Kapitel 1.2. „Das BfE als Bundeseinrichtung mit Forschungs- und Entwicklungsaufgaben“ dargestellt. Inwieweit sich das BfE am Kompetenzverbund Kerntechnik beteiligt, wird im BfE beraten.

### **3.2.1.3. Rollenverständnis des BfE – Gesamtbild der Forschungslandschaft**

**Kommentierung und Kritik:** Im Kapitel „Reaktorsicherheit“ werde lediglich der Ist-Stand der laufenden Forschungsarbeiten im Überblick dargelegt. Eine klare Abgrenzung der Aktivitäten des BMU, des BfE und der Auftragnehmer werde aus diesem Dokument nicht klar ersichtlich. Auf die Förderprogramme des BMWi zur nuklearen Entsorgung bzw. zur Reaktorsicherheit und die Förderprogramme des BMBF werde nicht Bezug genommen. Gleiches gelte für das EURATOM-Programm. Abbildung 1 der Forschungsagenda mache diese Fehlorientierung deutlich; neben der Ressortforschung, für die das BfE stehe, würden lediglich nationale Gremien und die internationale Zusammenarbeit genannt, wobei Letzteres im weiteren Text nicht wirklich aufgelöst werde. Nationale Forschungseinrichtungen seien nicht erwähnt. Es solle ein Gesamtbild der Forschungslandschaft dargestellt werden ([Stellungnahmen 4 und 8](#)).

**Einordnung und Berücksichtigung:** Die Zusammenarbeit mit nationalen und internationalen Institutionen und Organisationen bzw. die Vernetzung ist ein wesentliches in der Strategie und Agenda ausgewiesenes Ziel des BfE. Die Darstellung und Einordnung der Forschungsaktivitäten des BfE in die Forschungslandschaft im Bereich der nuklearen Sicherheit wurde in Kapitel 1.2 neu eingefügt. Das BfE ist national sowie international in verschiedenen Gremien vertreten und arbeitet mit verschiedenen Organisationen zusammen. Damit dies verdeutlicht wird, wurde die Abbildung 3 (zuvor Abbildung 1) angepasst.

Die Aufgabe des BfE ist in seinem Errichtungsgesetz definiert. Im Bereich der kerntechnischen Sicherheit ist dies insbesondere die fachliche Unterstützung/Beratung des BMU. Die angesprochenen Themen können daher sehr vielfältig sein. Mit der Beendigung des Leistungsbetriebs rücken die Phasen Stilllegung und Rückbau in den Fokus. Ebenso werden auch Fragen des Betriebs zum Kompetenzerhalt sowie mit Blick auf ausländische Kernkraftwerke (KKW) adressiert. Ziel der BfE-Forschung ist es unter anderem, die unabhängige Bewertungskompetenz des Bundes zu sichern.

### **3.2.1.4. Sicherheitsanalysen**

**Kommentierung und Kritik:** Zum Kapitel Sicherheitsanalysen sind im Wesentlichen folgende explizite Fragestellungen benannt bzw. wurden folgende Themen hinterfragt:

- a) In Kapitel 3.2 werde der Anpassung der Referenz-Probabilistische Sicherheitsanalyse (PSA) für deutsche Druckwasserreaktoren an den Stand von W&T hohe Relevanz zugemessen. Die [REDACTED] habe mindestens seit dem Jahre 2010 immer wieder versucht, ein Vorhaben zur Aktualisierung der Referenz-PSA für Druckwasserreaktoren (DWR) einzuwerben. Zu diesem Zeitpunkt habe auch noch die Bereitschaft eines Betreibers bestanden, in einem solchen Vorhaben mitzuwirken. Die Notwendigkeit dafür sei allerdings weder vom BMU noch vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) gesehen worden. Insofern solle in der Agenda klar begründet werden, welcher konkrete Sachverhalt, außer möglicherweise dem notwendigen Kompetenzerhalt, dazu geführt habe, dass diesem Thema drei Jahre vor Beendigung des Leistungsbetriebes der letzten

DWR in Deutschland hohe Relevanz zukomme. Ähnliches ließe sich zum Thema „Auswertung der Betriebserfahrung hinsichtlich Gemeinsam verursachter Ausfälle (GVA)“ feststellen. Die ■■■ habe über die Jahre hinweg kontinuierlich an diesem Thema gearbeitet und sei in die einschlägigen Vorhaben der OECD/NEA eingebunden. Insofern solle klar begründet werden, welche speziellen Aspekte durch die Arbeit der ■■■ im Auftrag des BMU oder in Projekten des BMWi nicht abgedeckt seien und die deshalb ergänzend vom BfE wahrgenommen werden müssen ([Stellungnahme 8](#)).

- b) Im Unterkapitel „Grundlagen der technischen Zuverlässigkeit“ werde mit Recht auf die Bedeutung der Zuverlässigkeitsbewertung von Software und auf Maßnahmen verwiesen, um die Zuverlässigkeit von Software abzusichern. Allerdings werde nicht dargestellt, wie der Stand von W&T auf diesem Gebiet (z. B. nach einschlägigen Arbeiten der früheren ISTEC, finanziert durch BMWi) einzuschätzen sei und welche konkreten Aufgaben daraus erwachsen. Es werde für zwingend erforderlich gehalten, den Fokus einzugrenzen und klar zu umreißen und geeignete Partner, möglicherweise außerhalb der Kerntechnik, für eine solche Aufgabe zu gewinnen, zumal es sich hierbei um eine Thematik handele, der auch außerhalb des Nuklearbereiches große Bedeutung zukäme ([Stellungnahme 8](#)).
- c) In Reaktorsimulationsmodellen werden Modelle zur Abbildung des Kernverhaltens mit Anlagensystemmodellen gekoppelt, die ihrerseits thermohydraulische und leittechnische Modelle beinhalteten. In jüngster Zeit kommen für Sicherheitsanalysen mit gekoppelten Methoden zunehmend Unsicherheitsanalysen mit Hilfe statistischer Methoden zum Einsatz. Ein Problem bestehe darin, dass diese neuen statistischen Verfahren für gekoppelte Systeme schwierig zu vergleichen seien. Bisher existiere für deren Bewertung kein geeigneter Satz grundsätzlicher Bewertungsmaßstäbe, der es erlaube, Analysen, durchgeführt mit unterschiedlichen Modellen und statistischen Verfahren, zu vergleichen und zu bewerten. Dieser Themenbereich solle auch im vom BfE geleiteten „FAK 15: Facharbeitskreis Probabilistische Sicherheitsanalysen für Kernkraftwerke“ diskutiert werden ([Kommentar 8](#)).

#### **Einordnung und Berücksichtigung:**

- a) Die Referenz-PSA wurde im Rahmen einer Weiterentwicklung der Methodik zur Fortschreibung eines Leitfadens für PSA erstellt. Weiterführende Arbeiten hierzu werden im Rahmen von Forschungsvorhaben zum Kompetenzerhalt durchgeführt. Die Übertragung der Methoden zur Anwendung von PSA auf KKW und die dabei gewonnenen Erfahrung werden zur Bewertung der Sicherheit von Endlagern herangezogen. Die Arbeiten zum Thema GVA werden entweder zum Kompetenzerhalt oder als Auftrag des BMU/BfE bearbeitet. Aus der Förderung des Kompetenzerhalts können sich wiederum Forschungsbedarfe für regulatorische Fragestellungen ergeben. Nach erneuter Überprüfung des Bedarfs wurde das Kapitel zunächst zurückgestellt und aus der Forschungsagenda gestrichen.
- b) Das BfE betreut in dem Bereich der IT-Sicherheit verschiedene Forschungsvorhaben. Zu Beginn jedes Vorhabens wird der Stand von Wissenschaft und Technik geprüft und entsprechende Lücken/Bedarfe werden identifiziert. Der Bedarf ergibt sich im Rahmen der Erfüllung der gesetzlichen Aufgaben. Daher ist eine übergeordnete Analyse nicht notwendig. Insbesondere Anlagekonzepte im Ausland stehen im Fokus und wurden ergänzt. Eine projektspezifische Darstellung des Standes von W&T sollte in der Agenda zum Zeitpunkt der Erstellung nicht erfolgen, dies geschieht in der Regel auf der Projektierungsebene (es ist ein Arbeitspaket innerhalb der Vorhaben). Zudem wird der Stand von W&T vor Beginn eines Vorhabens in den fachlichen Vergabeunterlagen dokumentiert.
- c) Die Fragestellung ist zu detailliert für die Beschreibungen in der Forschungsagenda. Sie wird bei der Aufstellung der jährlichen Forschungsplanung (Projektierung) ggf. berücksichtigt.

#### **3.2.1.5. Übergreifende Einwirkungen**

**Kommentierung und Kritik:** Zum Kapitel „Übergreifende Einwirkungen“ sind im Wesentlichen folgende explizite Fragestellungen benannt bzw. wurden folgende Themen hinterfragt:

- a) Die vom BfE benannte Fragestellung „Welche Schlüsse lassen sich aus der Auswertung der aktuellen Betriebserfahrung hinsichtlich gemeinsam verursachter Ausfälle ableiten?“ sei besonders wichtig. Sie solle ergänzt werden mit der Frage: Welche Schlüsse lassen sich insbesondere aus der Auswertung der aktuellen Betriebserfahrung hinsichtlich Komponentengruppenübergreifender Gemeinsam Verursachter Ausfälle (ÜGVA) ableiten ([Stellungnahme 2](#))?
- b) Es sei wichtig zu klären, wie Unsicherheiten in der Bewertung der Standortgefährdung systematisch erfasst werden können, um das gesamte Spektrum standortspezifischer Einwirkungen von Außen (EVA) zu berücksichtigen und zu bewerten. Daraus resultierende Neubewertungen der Standortgefährdung seien auch für Anlagen im Nichtleistungsbetrieb und in Stilllegung vorzunehmen.  
Zudem solle auch unter Berücksichtigung der Stellungnahmen der Reaktorsicherheitskommission (RSK) zur Robustheit im Zusammenhang mit natürlichen EVA herausgearbeitet werden, wo tatsächlich noch Analysebedarf bestehe, der nicht durch ingenieurtechnische Robustheitsansätze abgedeckt werden könne. Zur Bewertung der Unsicherheiten bei natürlichen EVA sei es nötig, dass das BfE mit Institutionen kooperiere, die auf diesem Gebiet einschlägig erfahren seien ([Stellungnahme 8](#)).

**Einordnung und Berücksichtigung:**

- a) Die Anmerkung ist hinsichtlich des Abstraktionsgrads der Agenda zu konkret. Falls sich ein Bedarf ergibt, wird dieser im Rahmen der Ausführung des BfE-Forschungsplans aufgegriffen. Betriebserfahrungen werden kontinuierlich zur Weiterentwicklung der Methoden zur Sicherheitsbewertung von kerntechnischen Anlagen herangezogen. Die Erkenntnisse werden in internationale Arbeitsgruppen eingebracht.
- b) Die Modelle werden mit Blick auf die Phasen nach dem Leistungsbetrieb der KKW weiterentwickelt. Die Risiken sind im Nachbetrieb teils tatsächlich reduziert, teils aber auch erhöht im Vergleich zum Leistungsbetrieb. Die RSK-Stellungnahme ist bereits berücksichtigt worden. Die Analysen in diesem Bereich werden von externen Auftragnehmern durchgeführt; eine Kooperation bzw. die zielgerichtete Verwendung der Kompetenz in diesem Bereich ist somit gewährleistet.

**3.2.1.6. Elektro- und Leittechnik**

**Kommentierung und Kritik:** Die Leittechnik sei das „Gehirn“ eines Kernkraftwerks. Leittechnik übernehme in einem Kernkraftwerk umfassende Aufgaben, die für die Anlagensicherheit und den sicheren Betrieb essentiell seien. Dieses umfasse insbesondere Reaktorregelungs- und Begrenzungssysteme, das Reaktorschutzsystem und Überwachungseinrichtungen des Sicherheitssystems, Leittechnik zur Gewährung des sicheren Anlagenbetriebs und Vermeidung von Störungen und Störfällen. Ein Ausfall könne nicht nur einen Stillstand des Betriebs der Anlage, sondern auch das Versagen sicherheitsrelevanter Schutzeinrichtungen bedeuten. Dieser gedankliche Ansatz gehe aber weit über die IT-spezifischen Fragestellungen des BfE Kapitels hinaus. Das vorliegende Kapitel suggeriere mehr als alle anderen, dass es hier um eine grundlegende notwendige Neuausrichtung der Forschung und Entwicklung von Sicherheitssystemen und besonders der Leittechnik gehe. Das sei nicht richtig und beruhe auf dem unvollständigen Bild zur Leittechnik im BfE. Weitere Betrachtungen seien zum Thema Anlagensicherung notwendig ([Stellungnahme 4](#)).

**Einordnung und Berücksichtigung:** Die in dem Kapitel adressierten Fragestellungen gehen über den Bereich der IT-Systeme hinaus. Bei der Überarbeitung der Agenda wurde ergänzt, dass die Forschung auf die Beendigung des Leistungsbetriebes der KKW's fokussiert wird. Zur IT-Sicherheit mit Bezug auf Störmaßnahmen und sonstige Einwirkungen Dritter werden Forschungsprojekte vom BfE fachlich begleitet.

**3.2.1.7. Sicherheit von Forschungsreaktoren**

**Kommentierung und Kritik:** Zum Kapitel „Sicherheit von Forschungsreaktoren“ sind im Wesentlichen folgende explizite Fragestellungen benannt bzw. wurden folgende Themen hinterfragt:

- a) Unter Sicherheitsanalysen (probabilistisch und deterministisch) für Forschungsreaktoren werde dargestellt, dass es notwendig sei, die Berechnungsmethoden bspw. in der Thermohydraulik und Neutronenkinetik an die Belange der Forschungsreaktoren anzupassen und ggf. durch probabilistische Methoden zu ergänzen. Dabei bliebe unberücksichtigt, dass einige der Betreiber von Forschungsreaktoren bereits über geeignete Berechnungsmethoden verfügten und dass die ████ der wesentliche Erfahrungsträger bei der Modellierung von Kernreaktoren sei. Die RSK habe die Forschungsreaktoren (Forschungs-Neutronenquelle Heinz Maier-Leibnitz [FRM II], Berliner Experimentier-Reaktor [BER II], Mainz) mit Schwerpunkt „Robustheit“ (z. B. Flugzeugabsturz, Kernschmelze) bereits betrachtet und 11 Empfehlungen ausgesprochen. Was wolle das BfE mit (Forschungs-) Arbeiten hier erreichen? Eventuell Potenzial von Sicherheitsverbesserung? Die in diesem Kapitel benannte Erstellung einer strukturierten Wissensbasis für Forschungsreaktoren sei keine Forschungsaufgabe, sondern eine Aufgabe des Wissensmanagements und solle auch als solche deklariert sein ([Stellungnahme 4](#)).
- b) Im [Forum 3](#) des Workshops „Forschung für nukleare Sicherheit“ wurde gefolgert, dass eine konkretere Zieldefinition bei Forschungsreaktoren und übergreifenden Einwirkungen (Witterungseinflüsse nicht vergessen) notwendig sei und dass die entsprechende RSK-Stellungnahme berücksichtigt werden solle.

**Einordnung und Berücksichtigung:**

- a) Die Vorhaben zum Thema Forschungsreaktoren werden durch externe Auftragnehmer/-innen bearbeitet. Die angewendeten Methoden und Tools für Sicherheitsanalysen wurden größtenteils für Leistungsreaktoren verwendet und schrittweise (aufgrund der Komplexität des individuellen Aufbaus) an die Eigenschaften von Forschungsreaktoren angepasst. Die Durchführung der Vorhaben dient zum Erhalt einer von den Anlagenbetreibern unabhängigen Kompetenz, um unabhängige Analysen durchführen zu können. Das Thema „Strukturierte Wissensbasis“ wurde aus der Forschungsagenda gestrichen, da es sich hierbei nicht um ein Forschungsthema handelt.
- b) Das BfE ist auf dem Gebiet der Reaktorsicherheit Teil des aufsichtlichen Systems. Es ist in die Bearbeitung von bundeseinheitlichen Regeln, bundesaufsichtlichen Stellungnahmen und die Weiterentwicklung des untergesetzlichen kerntechnischen Regelwerks in vielfältiger Weise eingebunden. Dies betrifft neben Kernkraftwerken und Anlagen der nuklearen Versorgung in besonderem Maße auch Forschungsreaktoren. Hier werden zwei getrennte Themen, nämlich aus Kapitel 3.6 „Sicherheit von Forschungsreaktoren“ und Kapitel 3.3 „Übergreifende Einwirkungen“ miteinander vermischt. Für Forschungsreaktoren ist eine genauere Beschreibung der Ziele nicht notwendig/erforderlich. RSK-Stellungnahmen werden grundsätzlich berücksichtigt.

**3.2.1.8. Sicherheit weiterer Anlagen zur nuklearen Ver- und Entsorgung**

**Kommentierung und Kritik:** Das BfE gehe davon aus, dass die in Deutschland betriebenen Anlagen zur nuklearen Versorgung, das heißt die Brennelementefabrik in Lingen sowie die Urananreicherungsanlage in Gronau, die Entwicklung neuartiger Brennstoffkonzepte für den internationalen Markt voranbringen würden. Sicherheitskonzepte dafür weiterzuentwickeln stehe im Widerspruch zum deutschen Atomausstieg, deshalb werde dies abgelehnt. Im Sinne einer Komplettierung des Atomausstiegs in Deutschland müssten diese Anlagen zeitnah geschlossen und rückgebaut werden ([Stellungnahme 2 und 7](#)).

**Einordnung und Berücksichtigung:** Die Entscheidung über den Weiterbetrieb der Anlagen zur Brennstoffversorgung in Lingen und Gronau obliegt dem Gesetzgeber. Das BfE als Behörde mit gesetzlichem Auftrag hat die Sicherheit dieser Anlagen, soweit und solange sie weiterbetrieben werden, zu beurteilen, die entsprechende Fachkompetenz zu erhalten und weiterzuentwickeln und den zugehörigen Stand von Wissenschaft und Technik zu verfolgen. Die Arbeiten des BfE werden nicht durchgeführt, um Sicherheitskonzepte aktiv weiterzuentwickeln, sondern um diese, wenn sie vom Betreiber vorgelegt werden, kritisch zu hinterfragen und auf dem aktuellen Stand der internationalen Diskussion beurteilen zu können. Kapitel 3.7 „Sicherheit weiterer Anlagen zur nuklearen Ver- und Entsorgung“ wurde entsprechend angepasst.

### 3.2.1.9. Stilllegung kerntechnischer Anlagen

**Kommentierung und Kritik:** Der Forschungsbedarf zum Thema Stilllegung und Rückbau werde vom BfE überschätzt. Deutschland könne auf Stilllegungsverfahren verweisen, die technisch und organisatorisch ohne wesentliche Probleme abgelaufen seien. Insofern müsse der Forschungsbedarf auf diesem Gebiet spezifischer begründet werden. Die angesprochene Entwicklung von automatisierten Trenn- und Zerlegetechniken und von Dekontaminationsverfahren sei keine Forschungsaufgabe, die im BfE zu erarbeiten sei. Bspw. habe das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) auf diesem Gebiet dezidierte Forschungskapazität aufgebaut und die Technische Universität Dresden (TU Dresden) verfüge über Erfahrungen bei der Dekontamination mit Hilfe von Laser-Techniken. Diese Arbeiten seien aber in der Agenda des BfE nicht genannt. Es werde aber gerade auf diesem Gebiet für essentiell angesehen, das Umfeld des BfE detailliert zu beleuchten und erst danach den konkreten und BfE-spezifischen Forschungsbedarf festzulegen, inkl. der dabei einzubeziehenden Partner ([Stellungnahme 2 und 8](#)).

**Einordnung und Berücksichtigung:** Die technische Weiterentwicklung von Trenn- und Zerlegetechniken ist im eigentlichen Sinne keine Forschungsaufgabe des BfE, sondern gehört in den Aufgabenbereich der jeweiligen Betreiber. Wenn es jedoch um die Bewertung der Maßnahmen zum Rückbau von Kernkraftwerken geht, sind die Methoden mit einzubeziehen. Das Kapitel 3.8. wurde maßgeblich überarbeitet. Hierbei wurde die Rolle der BfE-Forschung im regulatorischen Zusammenhang geschärft. Es wird verdeutlicht, dass das BfE keine eigenen Entwicklungen in dem Bereich durchführt, sondern vielmehr die Kompetenzen zur sicherheitstechnischen Bewertung der Maßnahmen benötigt.

### 3.2.1.10. Internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet der kerntechnischen Sicherheit / Werkstoffkonzepte, Komponentenintegrität und Alterungsmanagement

**Kommentierung und Kritik:** Die nachfolgenden Fragestellungen zielen auf die Verfolgung ausländischer Anlagen ab und lassen sich teilweise in Kapitel 3.4 „Werkstoffkonzepte, Komponentenintegrität und Alterungsmanagement“ und Kapitel 3.9 „Internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet der kerntechnischen Sicherheit“ einordnen:

- a) Der Reaktorunfall in Fukushima habe gezeigt, wie stark der Verlust der Brennelement-Kühlung zu exothermer Hochtemperaturkorrosion der Brennelementkomponenten aus Zirkonium-Legierungen und damit einhergehender Wasserstoffproduktion geführt habe. Als eine Konsequenz sei in den folgenden Jahren weltweit die Forschung an sogenanntem Enhanced Accident Tolerant Fuel (EATF) vorangetrieben worden, mit dem Ziel, die Reaktionszeiten nach einem schweren Unfall zu vergrößern, um die Kühlbarkeit des Kerns wieder herzustellen. Da das Thema bereits großen Raum in einschlägigen internationalen Tagungen (bspw. TopFuel) einnehme, solle es auch im Hinblick auf die internationale Zusammenarbeit zur kerntechnischen Sicherheit im Kapitel 3.9 als wichtiges Themengebiet auf internationaler Ebene berücksichtigt werden, damit Deutschland weiterhin in der Lage sei, international Einfluss auf möglichst hohe Sicherheitsgewährung in ausländischen Anlagen nehmen zu können ([Kommentar 2](#)).
- b) Laut BfE sei es weiterhin Ziel, die Entwicklung des Standes von W&T in erforderlichem Umfang weiter zu verfolgen, um international Einfluss auf eine möglichst hohe Sicherheitsgewährleistung in ausländischen Anlagen nehmen zu können. Dabei solle sich die Forschung aber unbedingt auf die Gewährleistung der Sicherheit in Zusammenhang mit den durch die in einigen Ländern angestrebten Laufzeitverlängerungen verbundenen Risiken beschränken. Forschungsaktivitäten in Zusammenhang mit neuen Reaktortypen (Generation IV) haben zu unterbleiben ([Stellungnahme 2](#)). Im [Forum 3](#) des Workshops „Forschung für nukleare Sicherheit“ wurde in diesem Kontext darauf hingewiesen, dass die Kompetenz zur Bewertung der Sicherheit ausländischer Kernkraftwerke in Deutschland erhalten werden solle. So wurde beispielsweise gefordert, dass die Kompetenz zur Mitwirkung an potentiellen Sicherheitsanforderungen zu Small Modular Reactors (SMR) erhalten bleibe.

#### **Einordnung und Berücksichtigung:**

- a) Das Thema der ATF bzw. EATF wird auch im Rahmen von Forschungsvorhaben behandelt, welche vom BfE fachlich begleitet werden. Diese sind in das Kapitel 3.4 „Werkstoffkonzepte, Komponentenintegrität und Alterungsmanagement“ einzuordnen.
- b) Ausländische Anlagen werden im Kontext des Kompetenzerhalts und der allgemeinen nuklearen Sicherheit betrachtet. Bezüglich des Themas SMR bleibt die weitere konkrete Entwicklung abzuwarten. Dann muss entschieden werden, ob sich das BfE bspw. an der Erstellung von Sicherheitsanforderungen bzw. an der Forschung zu Sicherheitsfragen SMR beteiligt. Diese Optionen sind allerdings nur insoweit gangbar, dass damit keine Förderung der Anlagen einhergeht, sondern lediglich die Bewertungskompetenz für Sicherheitsfragen gestärkt wird.

#### **3.2.1.11. Schnittstelle im Bereich Strahlenschutz definieren/Berücksichtigung von Umweltaspekten**

##### **Kommentierung und Kritik:**

- a) In der ganzen Forschungsagenda werde nur an einer Stelle (S. 36) ein vager Bezug auf Umweltaspekte gelegt. Mögliche Auswirkungen der gesamten Entsorgungsmaßnahmen auf die Umwelt sollen aber neben Auswirkungen auf die Menschen ein wichtiger Teil der Forschung sein und als Querschnittsmaterie und auch als konkrete Forschungsvorhaben mehr Berücksichtigung in der Forschungsagenda finden. Spätestens wenn es zu einer neuerlichen SUP oder einer UVP kommt, müssen mögliche Auswirkungen auf die Umwelt auch analysiert und bewertet werden ([Kommentar 10](#)).
- b) Im [Forum 3](#) des Workshops „Forschung für nukleare Sicherheit“ wurde gefordert, dass die Schnittstelle zum Strahlenschutz definiert werden müsse. Darüber hinaus wurde die Forderung nach Forschung zu den strahlenbiologischen Grundlagen des Strahlenschutzes an das BfE adressiert ([Stellungnahme 2](#)).

##### **Einordnung und Berücksichtigung:**

- a) Ein eigenes Kapitel zu Umweltaspekten wurde nicht erstellt, da diese immer im Zusammenhang mit der zu betrachtenden Anlage bzw. Einrichtung zu sehen sind. Somit können diese auch in die verschiedenen Kapitel eingeordnet werden.
- b) Im behördlichen Bereich ist übergeordnet das BfS für Themen des Strahlenschutzes und so auch für die Forschung zu strahlenbiologischen Grundlagen zuständig. Einige Themen werden aber auch vom BfE und anderen Akteuren bearbeitet. Eine Darstellung von speziellen Schnittstellen zum Strahlenschutz wurde bei dieser Überarbeitung der Forschungsagenda als nicht sinnvoll angesehen, da diese zu spezifisch wäre. Die übergeordnete Kompetenzverteilung im Bereich der nuklearen Sicherheit wurde ressortübergreifend in Kapitel 1.2 dargestellt.

#### **3.2.1.12. Forschung zu Wissenschaftsvermittlung stärken**

**Kommentierung und Kritik:** In [Forum 3](#) wurde der Bedarf zur Vermittlung wissenschaftlicher Ergebnisse an das BfE adressiert. Das BfE könne eine entsprechende vermittelnde Rolle in diesem Kontext einnehmen.

**Einordnung und Berücksichtigung:** Die Vermittlung wissenschaftlicher Ergebnisse ist, auch vor dem Hintergrund der Öffentlichkeitsbeteiligung, ein Ziel des BfE, welches in der Forschungsstrategie nun stärker behandelt wird. Diese Thematik wird im Kapitel 2 unter „Partizipation unterstützen“ der Forschungsstrategie und im Kapitel 6.1 der Forschungsagenda neu adressiert.

---

### 3.2.2. ZWISCHENLAGER UND TRANSPORTE

#### 3.2.2.1. Aspekte der verlängerten Zwischenlagerung

**Kommentierung und Kritik:** Verlängerte Zwischenlagerung (Zwischenlagerkonzept) und die tiefengeologische Endlagerung seien miteinander verzahnt. In Zukunft sollen Konzepte für beides unter gegenseitiger Berücksichtigung entwickelt werden. Nichtbetrachtung der Wechselwirkungen oder zu langes Warten können darauf hinauslaufen, dass die Optionen für die Konditionierung und damit die Endlagerung eingeschränkt werden und Zwischenlagerbehälter direkt endgelagert werden müssen. Dies sei eine zu vermeidende Entwicklungsmöglichkeit. Darüber hinaus sollen mehrere konkretere Themen verfolgt / berücksichtigt werden ([Forum 2](#)):

- a) Wie lange wäre die längerfristige, übertägige Lagerung in den aktuell verwendeten Transport- und Zwischenlagerbehältern überhaupt möglich?
- b) Aspekte der Umladung von Zwischenlagerbehältern in Endlagerbehälter und der Konditionierung.
- c) Sollen neue Behälter für die Zwischenlagerung notwendig werden, herrsche eine hohe zeitliche Dringlichkeit mit Blick auf die Entwicklungsdauer.
- d) Probabilistische Methoden für die Beurteilung der Sicherheit (insbesondere) verlängerter Zwischenlagerungskonzepte sollen angewendet werden. Verfahren aus der Bewertung von Kernkraftwerken können für die Zwischenlagerung entwickelt / angepasst werden. Ziel sei eine Erhöhung der Aussagesicherheit bei sicherheitsrelevanten Aussagen.

**Einordnung und Berücksichtigung:** Die Entwicklung von Konzepten für Zwischenlager, wie die praktische Überführung der hochradioaktiven Abfälle von Zwischenlagern in das Endlager oder Maßnahmen der Konditionierung, ist keine Aufgabe der Aufsichts- und Genehmigungsbehörde BfE. Die Verantwortlichkeit für die Planung und Abwicklung liegt bei den Betreibern, der BGZ mbH und der BGE mbH. Das BfE ist sich jedoch der Verzahnung beider Phasen, Zwischen- und Endlagerung, bewusst und der Ansicht, dass die verschiedenen Phasen zukünftig zunehmend integriert betrachtet werden müssen. Hierzu sind Forschungs- und Entwicklungsvorhaben notwendig, welche zumindest teilweise vom BfE initiiert oder begleitet werden können. Die konkreteren Forderungen werden wie folgt eingeordnet:

- a) Das BfE bereitet sich unter anderem durch seine Forschungsvorhaben darauf vor, die sicherheitstechnischen Anforderungen als Maßstab zur Bewertung in neuen Genehmigungsverfahren heranziehen zu können. Hierzu sind Erkenntnisse erforderlich, die über die Analyse der bisherigen Verfahrensabläufe hinausgehen. Die Erbringung des Nachweises, dass die Zwischenlagerung auch weiterhin den sicherheitstechnischen Anforderungen gerecht wird, und damit verbundene mögliche Lagerzeiträume sind Aufgaben der BGZ mbH.
- b) Die angesprochenen Aspekte sind grundsätzlich relevant und werden in Kapitel 4.1 „Behältersicherheit bei Transporten und Zwischenlagerung“ der Forschungsagenda thematisiert. Hierbei geht es zum aktuellen Zeitpunkt im Wesentlichen um grundsätzliche Erkenntnisse in Bezug auf Materialverhalten und Handhabbarkeit. Spezifischere Fragestellungen können vom BfE erst danach und gegebenenfalls bei Vorliegen konkreter, durch die Vorhabenträgerin zu entwickelnder Konzepte angegangen werden. Diese Konzepte sicherheitstechnisch zu bewerten wird dann Aufgabe des BfE sein. Sich aus dieser Aufgabe ergebende Forschungsbedarfe werden bei künftigen Überarbeitungen der Forschungsagenda berücksichtigt.
- c) Die Feststellung und Einschätzung werden geteilt. Die Begrenzung der Zwischenlager-Genehmigungen auf 40 Jahre basiert allerdings auf dem damals geplanten Zeitraum, bis wann ein betriebsbereites Endlager zur Verfügung steht. Eine darauf begrenzte „Haltbarkeit“ der Lagerbehälter ist nicht festgestellt worden und war somit auch nicht Sachgrund für die Genehmigungsbefristung auf 40 Jahre. Das BfE sieht vor diesem Hintergrund aktuell keine Sachgründe, die eine Befassung des BfE mit der Entwicklung neuer Zwischenlagerbehälter erfordern.

- d) Den Vorschlag, im Detail noch zu entwickelnde probabilistische Methoden zur Beurteilung der Sicherheit verlängerter Zwischenlagerungskonzepte anzuwenden, nimmt das BfE auf und wird diese Forschungsfrage bei künftigen Überarbeitungen der Forschungsagenda berücksichtigen. Zum jetzigen Zeitpunkt sieht das BfE diese Forschungsfrage nicht als prioritär an.

#### 3.2.2.2. Transport- und Lagerbehälter

**Kommentierung und Kritik:** Im Auftrag des BfE wird von der BAM (Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung) das Langzeitverhalten von Metaldichtungen untersucht. In Forum 2 wurde die Forderung aufgestellt, dass diese Forschung unbedingt weitergeführt werden müsse und auch auf alle sicherheitsrelevanten Komponenten der Transport- und Lagerbehälter im Inneren des Behälters ausgeweitet werden müsse.

Die BAM und der Behälterhersteller, die Gesellschaft für Nuklear-Service mbH (GNS), hätten vor einigen Jahren festgestellt, dass bundesweit 315 beladene und in den Zwischenlagern aufbewahrte Behälter von dem Qualitätsfall „Tragzapfenfertigung“ betroffen seien. Dieser Vorfall zeige, dass umfangreiche Mängel in der Qualitätssicherung der Behälter bestehen können. Bei Qualitätsmängeln an den Behältern könne ein späteres Abtransportieren zum Endlagerstandort erheblich verzögert werden. Qualitätsmängel an Behälterkomponenten wirken sich bei einem deutlichen längeren Lagerzeitraum stärker aus und müssen daher neu bewertet werden ([Stellungnahme 2, Forum 2](#)).

- a) Wie wirken sich die vorliegenden Qualitätsmängel auf die langfristige Zwischenlagerung aus?  
b) Was ist die maximale Lagerdauer der Behälter, nach der ein sicherer Abtransport noch möglich ist?

Die Annahme der Überschreitung der Belastungsgrenzen der Behälter führe bei einem Flugzeugabsturz zu geringer Dosis. Die Bestimmung der Belastungsgrenzen der Behälter sei daher nicht unbedingt notwendig, außer um Konservativitäten abzubauen. Nicht nur Abbau von Konservativitäten, sondern auch Teilaspekte wie „Cliff-Edge-Effekte“ seien es wert, erforscht zu werden, z.B. die Quantifizierung des Anstiegs der Leckagerate bei unterschiedlichen Stadien des Versagens des Doppeldeckel-Dichtsystems (BAM-Thema) ([Stellungnahme 5](#)).

**Einordnung und Berücksichtigung:** Eine Beendigung der laufenden Langzeitexperimente zum Verhalten der Metaldichtungen von Transport- und Lagerbehältern ist derzeit nicht geplant. Die Frage nach der Ausweitung von Untersuchungen zu Eigenschaften nach längerer Zeit ist in der überarbeiteten Forschungsagenda im Zusammenhang mit Alterung sowie Veränderungen an Strukturteilen, Hüllrohren und Behälterinventaren enthalten. Die Forschungsagenda weist jetzt ebenfalls darauf hin, dass die experimentellen Untersuchungen frühzeitig beginnen müssen. Der Themenkomplex Tragzapfen wird in der Forschungsagenda im Kapitel 4.1 berücksichtigt, welches die beiden unter a) und b) benannten Punkte grundsätzlich umfasst. Die Ausführungen zu den Auswirkungen eines Flugzeugabsturzes werden als Zustimmung zum in der Forschungsagenda unter Kapitel 4.2 „Sicherung“ beschriebenen Bedarf interpretiert.

#### 3.2.2.3. Schnittstelle zwischen Sicherung und Sicherheit betrachten

**Kommentierung und Kritik:** In [Forum 3](#) wurde als ein mögliches weiteres Forschungsthema die Schnittstelle zwischen Sicherheit und Sicherung diskutiert. Dieses Thema sei sowohl für Kernkraftwerke als auch insbesondere für Zwischenlager relevant.

**Einordnung und Berücksichtigung:** Für Zwischenlager haben sich in den Genehmigungsverfahren dazu bisher keine Forschungsbedarfe ergeben; mögliche Zielkonflikte werden erkannt und bearbeitet. Beispiele dafür sind mögliche, sicherheitstechnisch relevante Rückwirkungen von zusätzlichen Barrieren auf das bestehende Gebäude oder potentiell konkurrierende Anforderungen zur Barrierewirkung gegen Täter/-innen einerseits und dem Sicherstellen der erforderlichen Wärmeabfuhr andererseits. Die Aufnahme des Themas in die Forschungsagenda ist in diesem Zusammenhang derzeit nicht erforderlich. Das BfE wird dieses mögliche Forschungsthema bei künftigen Überarbeitungen der Forschungsagenda erneut betrachten.

#### 3.2.2.4. Inventur der Datengrundlage zu Brennstoffmatrix und Hüllrohralteration

**Kommentierung und Kritik:** Ein systematischer Überblick zur Datengrundlage fehle und die derzeit öffentlich verfügbare Datengrundlage über den Zustand verschiedener Brennstoffe und Strukturteile aus kommerziellen Reaktoren und Forschungsreaktoren sei nicht ausreichend. Daher müsse zuerst eine „Inventur“ der Kenntnisse zu Brennstoffmatrix und Hüllrohreigenschaften erfolgen. Die Datengrundlage zu sichern sei ein wichtiges Anliegen. Es wird gefordert, dass die dafür erforderliche Datenerhebung besonderes Augenmerk auf die Belastbarkeit der Daten legen solle. So seien unter anderem auch die Umstände der Datengewinnung detailliert zu beschreiben, wie z.B. experimentelle Details. Dies würde insbesondere zur Ermöglichung von Simulationen der Inventarentwicklung benötigt werden. Das BfE solle eine Positionierung zur Forschung über Inventare und deren Entwicklung treffen ([Forum 2](#)).

In Bezug auf eine mangelnde Quantität der Daten wird in [Forum 2](#) jedoch auch die Meinung vertreten, dass die Industrie durchaus Daten und Kenntnisse zu bestrahlten Brennstoffen und Strukturteilen habe. Dies umfasse auch Brennstäbe mit hohem Abbrand und MOX.

Brennstoffe, bei denen die Menge derzeit öffentlich verfügbarer Daten besonders klein sei, sind Uranoxid-Brennstäbe mit hohem Abbrand, MOX, Brennstäbe aus Reaktoren russischen Typs in der Ex-DDR und Brennstäbe aus dem Brutreaktor (Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage) in Karlsruhe. Diese seien in der Forschungsagenda explizit zu benennen ([Forum 2](#)).

**Einordnung und Berücksichtigung:** Die Frage zum Überblick über die vorhandenen Daten zu Brennstabverhalten ist eigentlich eine Frage der Zuständigkeiten und keine Forschungsfrage, auch wenn diese für Forschungsvorhaben eine wichtige Grundlage darstellen können. Die Inventur der Datengrundlage ist daher nicht Bestandteil der Forschungsagenda.

Auf eine Positionierung bezüglich der Notwendigkeit, Betrachtungen über den Inventarzustand zu treffen, wird in der Sektion „Veränderungen an Strukturteilen, Hüllrohren und Behälterinventaren über die Aufbewahrungsdauer“ im Kapitel 4.1 der Forschungsagenda eingegangen.

Das Thema „Spezielle Inventare“ wird in der Forschungsagenda unter Kapitel 4.1 im Abschnitt „Spezielle Inventare: Verglaste Abfälle, Defektbrennstäbe und Brennstoffe aus der Forschung“ bereits ausdrücklich benannt. Die Aufnahme einer ausführlichen Aufzählung der speziellen Inventare in die Forschungsagenda ist nicht notwendig, da die Frage einer Erweiterung der Datengrundlage und dessen Verfügbarkeit für alle Inventare gilt.

#### 3.2.2.5. Notwendigkeiten von Maßnahmen prüfen (Versuche Behälter, Rechenmodelle)

**Kommentierung und Kritik:** Über die vom BfE in Kapitel 4.1 genannten Anforderungen hinaus sei es wichtig, für die Sicherheitsbewertungen für lange Aufenthaltsdauer Prognosen aufzustellen. Dazu müssten an einer geeigneten repräsentativen Auswahl von Behältern Untersuchungen im Behälterinnerem erfolgen. Folgende Fragestellungen seien über die vom BfE genannten Fragen relevant:

- a) Ist ein Kritikalitätsstörfall bei Versagen vieler Hüllrohre möglich? Wenn ja, ab welcher Fehlerrate? Bei welcher Fehlerrate ist ein Kritikalitätsstörfall praktisch auszuschließen?
- b) Für welchen Zeitraum sind Prognosen über Veränderungen an Strukturteilen, Hüllrohren und Behälterinventaren sicher aufzustellen?

Eine Öffnung der Behälter bei Gewährung des Strahlenschutzes für die Arbeiter müsse in Betracht gezogen und ein entsprechendes Verfahren entwickelt werden ([Stellungnahme 2](#)).

### **Einordnung und Berücksichtigung:**

- a) Das Thema „Kritikalitätssicherheit bei verlängerter Zwischenlagerung“ (a) wird nicht explizit angesprochen. Die Ausführungen in der Agenda beziehen sich auf die Kritikalitätssicherheit bei Transporten (Kapitel 4.1). Die Sicherstellung der Unterkritikalität während der Aufbewahrung ergibt sich jedoch aus der Gewährleistung der Funktionstüchtigkeit verschiedener Komponenten des Behälters sowie der Brennelemente. Die Untersuchung der Eigenschaften und des Verhaltens dieser Komponenten ist in der Forschungsagenda benannt.
- b) Die Frage zum Prognosezeitraum wurde nicht explizit in die Forschungsagenda aufgenommen, diese Frage wird in unterschiedlichen Forschungsvorhaben mit berücksichtigt. Die Verlässlichkeit oder Prognostizierbarkeit von Untersuchungsergebnissen gerade auch in Hinblick auf Sicherheitsaspekte sind stets integraler Bestandteil der Untersuchungen.

Die Position, dass die Öffnung eines Transport- und Lagerbehälters in Betracht zu ziehen sei, ist nachvollziehbar. Allerdings ist eine Behälteröffnung nur zu rechtfertigen, wenn im Rahmen einer umfassenden Gap-Analyse offene und zu klärende Fragen identifiziert werden, die ohne eine Untersuchung des Inventars und des Behälterinnenraums nicht ausreichend belastbar zu beantworten sind. Eine entsprechende Analyse der notwendigen Erkenntnisgewinne über den Zustand der hochradioaktiven Inventare wurde als weitere Forschungsfrage aufgenommen.

#### **3.2.2.6. Gap-Analyse**

**Kommentierung und Kritik:** Im [Forum 2](#) wurde gefordert, dass eine umfassende Gap-Analyse durchgeführt werden solle, um die tatsächlich offenen und sinnvollerweise zu klärenden Fragestellungen sowie den Informationsbedarf im Bereich der Zwischenlagerung identifizieren zu können. Es sei davon auszugehen, dass eine einzelne Institution oder Organisation das möglicherweise nicht alleine leisten könne. Es wird angeregt, diese Aufgabe in einem Netzwerk der fachkundigen Institutionen anzugehen.

- a) Bestandteil dieser Gap-Analyse wäre ebenfalls die Erhebung der Datengrundlage zum Themenbereich Alterung von Behälterkomponenten und Inventar.
- b) In diesem Zusammenhang werden insbesondere die Bereiche/Themen „Öffnung eines Transport- und Lagerbehälters“, „Verbesserung von Rechenmodellen“ und „Erstellung neuer Regelwerke“ benannt.

Unter Punkt a) wird zudem gefordert, Verfahren zur Erstellung valider Prognosen zum Verhalten der Inventare in der verlängerten Zwischenlagerung weiter zu entwickeln. Dies sei wichtig und solle verwendet werden, um Forschungsbedarf zu priorisieren.

Angesichts der umfangreichen Aufgabe und den mit der praktischen Handhabung von Brennelementen verbundenen Risiken müsse zunächst identifiziert werden, welche Maßnahmen/Untersuchungen zur Deckung des prioritären Forschungsbedarfs tatsächlich notwendig seien.

### **Einordnung und Berücksichtigung:**

- a) Eine Gap-Analyse zu den Themen Alterung von Behälterkomponenten und Inventar in einem "Netzwerk" durchzuführen kann im Sinne der Nutzung des Wissens der verschiedenen beteiligten Akteure sinnvoll sein. Die Entscheidung, welche Forschungsaktivitäten finanziert werden, sollte jedoch unabhängig getroffen werden. Für das BfE bedeutet dies, dass die gesetzliche Aufgabenerfüllung sicherzustellen ist. Mit der Fragestellung zur Analyse der notwendigen Erkenntnisgewinne über den Zustand der hochradioaktiven Inventare und der Rechtfertigung einer Behälteröffnung ist eine konkrete Fragestellung zu einer Gap-Analyse in die Forschungsagenda aufgenommen worden. Der für die Erstellung der Forschungsagenda durchgeführte Konsultationsprozess und insbesondere der Workshop dienten u.a. auch

der Identifizierung und Diskussion von Forschungslücken. Diese Art der Gap-Analyse unter Beteiligung der Expert/-innen wird das BfE auch bei den künftigen Überarbeitungen der Forschungsagenda berücksichtigen. Die Einrichtung von Netzwerken an sich ist jedoch keine Forschungsfrage. Grundsätzlich wird das Thema Inventarberechnung (a) im Kapitel 4.1 der Forschungsagenda unter dem Abschnitt „Bewertung von Methoden für Sicherheitsnachweise auf den Gebieten Inventarberechnung, Dosisleistungsbeurteilung und Kritikalitätssicherheitsnachweis“ angesprochen und die Relevanz für das BfE hervorgehoben.

- b) Die Verbesserung von Rechenmodellen oder Simulationsmodellen überschneidet sich inhaltlich mit der Forderung nach der Verbesserung der Datengrundlage zur Ermöglichung von Simulationen. Simulationsmodelle müssen auf Grundlage von qualitätsgesicherten Daten erstellt werden. Die Datenerhebung und -verarbeitung ist jedoch kein Thema, welches explizit in der Forschungsagenda adressiert wird. Ein wichtiger Input für die Datenerhebung und -verarbeitung ist aber die Analyse und Priorisierung, welche Daten tatsächlich für Simulationsmodelle erforderlich sind. Dieser Aspekt wird in der Forschungsagenda berücksichtigt.

Die Erstellung neuer Regelwerke erfolgt grundsätzlich unter Berücksichtigung des Standes von Wissenschaft und Technik.

### 3.2.2.7. Priorisierung der Forschung bezüglich Transport- und Lagerbehältern

**Kommentierung und Kritik:** Das BfE betone, dass das Wissen über den bei Ablauf der Genehmigungen der Zwischenlager vorliegenden Ist-Zustand der Behälter so umfangreich wie möglich sein müsse, da dann wieder eine Entscheidung über eine lange Aufbewahrungsdauer zu treffen sei. Die folgenden Fragenstellungen, die vom BfE in diesem Themenfeld [Bezug zu Kapitel 4.1 der Konsultationsfassung der Forschungsagenda] genannt werden, seien besonders wichtig ([Stellungnahme 2](#)):

- Welche Mechanismen führen zu einer Verschlechterung der Materialeigenschaften?
- Ist das Doppeldeckeldichtsystem auch nach einer Verlängerung noch in der Lage, einen sicheren Abtransport zu gewährleisten?
- Ist die Handhabung der Behälter auch nach einer verlängerten Aufbewahrungsdauer noch sicher möglich?

Und mit Bezug auf Kapitel 4.2 seien folgende vom BfE benannten Fragestellungen von besonderer Relevanz:

- Existieren Nichtkonservativitäten in angewendeten Analyseverfahren?
- Sind Sicherheitsmargen bei der Anwendung einer Methode notwendig?
- Wie kann die Validierungspraxis für Rechenprogramme verbessert werden?
- Mit welchen Unsicherheiten sind die Ergebnisse der Rechenmethoden behaftet?
- Gibt es nicht berücksichtigte Effekte, die die Sicherheit einschränken können?
- Wie können mathematisch komplexe Sachverhalte wie Korrelationen mit vertretbarem Aufwand berücksichtigt werden?
- Was ist die Quelle von Abweichungen zwischen Rechen- und Messergebnissen?

**Einordnung und Berücksichtigung:** Die Kommentierung ist eine Zustimmung zu den bereits getroffenen Aussagen in der Forschungsagenda. Eine Anpassung der Forschungsagenda ist deswegen nicht erforderlich.

### 3.2.2.8. Schutz vor Terroranschlägen und Proliferation

**Kommentierung und Kritik:** In den Workshops der Endlagerkommission zur Öffentlichkeitsbeteiligung habe niemand beantworten können, was passiere, wenn in den Jahrzehnten des offenen Betriebs bunkerbrechende Waffen auf das mögliche Endlager abgefeuert würden. Der Hinweis, das Militär müsse das verhindern, sei nicht ausreichend. Der Umweltaspekt der möglichen Auswirkungen auf die betroffenen Menschen in der weiteren Region,

aber auch auf die ganze Menschheit müsse Eingang in die Forschungsagenda finden und in der zu erwartenden Strategischen Umweltprüfung und Umweltverträglichkeitsprüfung der Öffentlichkeit in einfacher Sprache als mögliche Auswirkungen auf die Umwelt zur Bewertung vorgelegt werden ([Kommentar 2](#)).

Insbesondere könnten Weiterentwicklungen in der Waffentechnik neue Bedrohungsszenarien erzeugen und somit die Durchführung von Forschungsvorhaben zum Schutz der radioaktiven Abfälle notwendig machen. Neue experimentelle Untersuchungen sollten die veralteten Beschussversuche aus 1992 ersetzen ([Stellungnahme 2](#)).

Zu Kapitel 4.2 der Konsultationsfassung der Forschungsagenda im Abschnitt „Entwicklung von generischen Rechenmodellen zur Bestimmung der radiologischen Auswirkungen von Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter (SEWD) unabhängig von der konkreten Transportkonfiguration“: Dies sei ein langfristiges Ziel XXXXXXXXXX, d.h. ein einfaches Rechenmodell zu entwickeln, welches recht unabhängig vom speziellen Transport die Dosis aber nur wenig überschätzt. Abhängig von dem Tatmittel und der konkreten Transportkonfiguration komme man aber an komplexen numerischen Berechnungen nicht vorbei, da generische Berechnungen entweder zu wenig die tatsächlichen physikalischen Vorgänge abbilden oder aufgrund ihres einfachen Ansatzes zu viele Konservativitäten beinhalten ([Stellungnahme 5](#)).

Im [Forum 2](#) wurde der Schutz vor Terroranschlägen und Proliferation (letzteres im Hinblick auf Transport und Aufbewahrung der bestrahlten Brennelemente des Forschungsreaktors München II) gefordert. Zudem möchte das BfE die Genauigkeit bei der Bewertung von Auswirkungen durch SEWD durch Forschungsarbeiten erhöhen, insbesondere durch eine genauere Bestimmung der relevanten Parameter und Prozesse (Impulsvortrag). Diese Verbesserung der Bewertungsmethoden dürfe nicht zu einem Abbau von Konservativitäten führen.

Im [Forum 2](#) wurde gefordert, dass in der Öffentlichkeit ein Bewusstsein dafür geschaffen werden solle, dass es im Bereich Sicherung ein Abwägen zwischen öffentlichem Interesse und der Notwendigkeit zur Geheimhaltung von für die Sicherung relevanten Informationen gebe. Aus der Online-Konsultation stammt der Hinweis, dass die Problematik von Transparenz vs. Geheimschutz eine juristische Frage sei und nicht in einer naturwissenschaftlich-technischen Forschungsagenda thematisiert werden solle.

**Einordnung und Berücksichtigung:** Die Forschungsagenda ist auf mittelfristige Ziele von vier Jahren ausgerichtet. Aktuell wird kein Forschungsbedarf für das Szenario des Beschusses eines offenen Endlagers gesehen. Der Hinweis auf dieses Forschungsthema wird jedoch bei der Fortschreibung der Forschungsagenda berücksichtigt werden. Welche Umweltauswirkungen eintreten können wird im Rahmen einer strategischen Umweltprüfung oder einer Umweltverträglichkeitsprüfung ermittelt.

Die Notwendigkeit der Verfolgung und Beurteilung veränderter Bedrohungsszenarien durch Weiterentwicklungen in der Waffentechnik wird in der Forschungsagenda thematisiert. Sich daraus möglicherweise ergebende konkrete Forschungsfragen werden bei der regelmäßigen Aktualisierung der Forschungsagenda berücksichtigt.

Der Kommentar zum identifizierten Forschungsbedarf zur Entwicklung von generischen Rechenmodellen wird als grundsätzliche Zustimmung zum Bedarf gewertet. In der Forschungsagenda wird jetzt klargestellt, dass ein zu entwickelndes generisches Rechenmodell, welches dennoch auf konkrete Transportkonfigurationen übertragbar sein soll, selbst nicht einfach sein muss, sondern weiterhin auf fundierten, komplexen numerischen Berechnungen beruhen kann.

Der Schutz vor Terroranschlägen und Proliferation (mit Bezug auf bestrahlte Brennelemente des Forschungsreaktors München II) sind wichtige Themen. Das Thema Sicherung ist in der Forschungsagenda bereits ausgeführt. Die vom BfE angestrebte Verbesserung der Genauigkeit von Rechenmodellen, die zur Bewertung von Auswirkungen durch SEWD verwendet werden, soll die Aussagesicherheit dieser Modelle erhöhen. Dies ist nicht gleichzusetzen mit einem Abbau von Konservativitäten in Bezug auf die Sicherheit der Bevölkerung oder der Umwelt.

Aus dem Hinweis zur Schaffung eines Bewusstseins für Abwägungen zwischen Sicherung (teilweise verbunden mit Geheimhaltung) und Informationsrecht resultiert kein Forschungsbedarf. Die Formulierung bzw. der Kontext zur Benennung des Geheimschutzes im Zusammenhang mit dem Anspruch an Transparenz wurde in der Forschungsagenda im Kapitel 4.2 angepasst.

#### 3.2.2.9. Flugzeugabsturz auf Zwischenlager/Behälter

**Kommentierung und Kritik:** Laut BfE ist im Hinblick auf einzelne Teilaspekte dieses Szenarios die Durchführung von experimentellen Versuchen angezeigt. In diesem Feld seien folgende Fragestellungen relevant ([Stellungnahme 2](#)):

- a) Können die Berechnungen zur Bewertung der radiologischen Auswirkungen eines gezielt herbeigeführten Flugzeugabsturzes – zumindest in Bezug auf Teilaspekte – experimentell bestätigt werden?
- b) Gelten diese Ergebnisse auch beim Absturz eines Airbus A 380?

Die Berechnungen aus der Vergangenheit zum Thema Flugzeugabsturz seien negativ dargestellt („Die Begründetheit, Belastbarkeit und Willkürfreiheit dieser ingenieurtechnischen Einschätzungen sind sowohl für die Öffentlichkeit als auch die Gerichte in der Regel nur schwer nachvollziehbar“). Es seien bei den Ursprungsgenehmigungen der Standort-Zwischenlager sehr komplexe Modelle verwendet worden. Erst in der späteren Begutachtung sei aus Aufwandsgesichtspunkten überwiegend auf „ingenieurtechnische Übertragungen und Abschätzungen“ umgeschwenkt worden, da die radiologischen Konsequenzen vernachlässigbar gering gewesen seien. Es seien von der ■■■, der ■■■ und ■■■ komplexe numerische Modelle (CFD, FEM) verwendet worden, die auch anhand diverser Experimente validiert worden seien. Insofern mache der Validierungsaspekt als „neue Idee“ nur dann richtig Sinn, wenn man einen gezielten Flugzeugabsturz als gut instrumentiertes Experiment umsetze. Es gebe sicher (Potenzial für) Modellverbesserungen, ein vollständiges (geschlossenes) numerisches Modell sei aber nicht sinnvoll und dessen Entwicklung solle nicht suggeriert werden, da diese aufgrund fehlender Randbedingungen und der Unmöglichkeit eines vollständigen numerischen Modells (Wechselwirkung aller physikalischen Felder und der notwendigen geometrischen Auflösung) und des daraus resultierenden erheblichen Rechenaufwandes in absehbarer Zeit nicht möglich sein werde ([Stellungnahme 5](#)).

**Einordnung und Berücksichtigung:** Experimentelle Untersuchungen zumindest von Teilaspekten zur Bewertung der radiologischen Auswirkungen eines gezielt herbeigeführten Flugzeugabsturzes sind als explizites Forschungsthema in der Forschungsagenda benannt. Welche Arten von Flugzeugen und Typen von Flugzeugabstürzen untersucht werden, geht vom Detaillierungsgrad über die Forschungsagenda hinaus und wird bei der konkreten Planung von Vorhaben berücksichtigt. Sich ändernde Randbedingungen und Bedrohungsszenarien werden kontinuierlich verfolgt und bei der Forschungsplanung und auch bei der regelmäßigen Überarbeitung der Forschungsagenda berücksichtigt.

Die Formulierung zur Nachvollziehbarkeit von Einschätzungen und Berechnungen zum Thema Flugzeugabsturz für Gerichte und die Öffentlichkeit wurde angepasst. Die Notwendigkeit einer Validierung der bisherigen Rechenmodelle wird in der Forschungsagenda begründet. Ein vollständiges (geschlossenes) Modell wird dabei jedoch nicht als Ziel benannt und die Begründung des Bedarfs wird weiterhin als schlüssig bewertet. Die Benennung des Geheimschutzes im Kapitel 4.2 der Forschungsagenda wurde dahingehend neu in Bezug genommen, dass die Nachvollziehbarkeit ingenieurtechnischer Einschätzungen im Bereich der Sicherung gegenüber Öffentlichkeit und Gerichten als Anforderung verdeutlicht wurde. Forschung dient hierbei der Gewinnung technisch-wissenschaftlicher Erfahrungen.

#### 3.2.2.10. Spezielle Inventare

**Kommentierung und Kritik:** Die Formulierung des BfE, dass die speziellen Inventare für die Auslegung des Endlagers relevant sein könnten, verliere an Bedeutung, wenn der Pfad der Abreicherung des einzulagernden Materials verfolgt werde, so wie es von verschiedenen Gutachtern vorgeschlagen worden sei. Hochangereicherte

Brennstäbe aus dem Forschungsreaktor München II sollen vom Besitzer so konditioniert (abgereichert) werden, dass sie weder Kritikalitäts- noch Proliferations-Risiken darstellten. Dem BfE wird empfohlen, für diese Brennstäbe keine Transportgenehmigungen zu erteilen.

Die besonders wichtigen Fragestellungen in diesem Themenfeld seien:

- a) Wie müssen die grundlegenden Radionuklidwerte der gefahrgutrechtlichen Vorschriften angepasst werden, um aktuelle Erkenntnisse des Strahlenschutzes zu berücksichtigen?
- b) Wie lassen sich die Freisetzung radioaktiver Stoffe aus Versandstücken und die Ausbreitung dieser Stoffe unter Unfallbedingungen der Beförderung modellieren?

Es sei besonders wichtig, die sehr speziellen Brennstoffe aus der Forschung wie beispielsweise die Brennelemente des AVR (Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor Jülich), des Thorium-Hochtemperatur-Reaktors (THTR) und des Forschungsreaktors München (FRM) zu untersuchen, um die Risiken für Zwischenlagerung und Transport zu minimieren. Für den abgebrannten, aber immer noch mit 87% Urananreicherung hochangereicherten und damit waffenfähigen Brennstoff des Garchingers Forschungsreaktors FRM-II seien gesonderte Betrachtungen notwendig. Dies sei richtig erkannt worden. Die einzige dazu formulierte Fragestellung lautete: „Sind Strukturteile der Brennelemente aus Forschungsreaktoren noch handhabbar?“ Das sei aber nicht das vorrangige Problem. Vielmehr sei zu fragen ([Stellungnahme 2](#)):

- c) Wie geht man mit dem atomwaffenfähigen Material um?
- d) Wie löst man die Probleme der Weiterverbreitung von atomwaffenfähigem Material?
- e) Wie schließt man Kritikalität im Endlager aus?

**Einordnung und Berücksichtigung:** Auch eine Verdünnung der speziellen Inventare macht eine eigene Betrachtung aus Sicht des BfE nicht überflüssig. Unterschiedliche Inventare müssen grundsätzlich für sich betrachtet werden oder es muss, zum Beispiel unter Berücksichtigung von Forschungserkenntnissen, gezeigt werden, dass eine eigene Betrachtung nicht mehr notwendig ist.

Das BfE sieht für seinen eigenen Aufgabenbereich derzeit keinen Forschungsbedarf zur Konditionierung der Abfälle des Forschungsreaktors München II. Ein Forschungsbedarf ergibt sich aus dem Vorschlag zur Verweigerung von Transportgenehmigungen nicht.

Die Erteilung von Transportgenehmigungen richtet sich ausschließlich nach den gesetzlichen Vorgaben und dem Antrag des Antragstellers. Sofern die Genehmigungsvoraussetzungen erfüllt sind (insbesondere die Sicherheit), dürfen vom BfE keine anderen Abwägungsgründe berücksichtigt werden.

Aus den Fragestellungen unter c) und d) ergibt sich derzeit kein Forschungsbedarf für das BfE. Für das Thema Kritikalität im Endlager sieht das BfE aktuell ebenfalls keinen Forschungsbedarf. Als Grundlage für solche Betrachtungen ist die Fertigstellung der Verordnung über Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle (gemäß § 26 StandAG) abzuwarten. Der benannte Forschungsbedarf bezieht sich auf einen Zeitraum von etwa vier Jahren und für diesen wurden thematische Schwerpunkte identifiziert.

#### **3.2.2.11. Schwach- und mittelradioaktive Abfälle**

**Kommentierung und Kritik:** Es bestehe Klärungsbedarf in der Frage, was mit den schon vorhandenen radioaktiven und chemisch toxischen Abfällen (z.B. abgereichertes Uran) geschehen solle, um die Sicherheit der Bevölkerung zu gewährleisten ([Stellungnahme 7](#)).

**Einordnung und Berücksichtigung:** Die bereits vorhandenen hochradioaktiven Abfälle, die sich in den Zwischenlagern befinden, sind Bestandteil der in Kapitel 4 der Forschungsagenda behandelten Themen. Bei einer gemeinsamen Endlagerung von hoch- mit schwach- und mittelradioaktiven Abfällen können chemisch-toxische Abfälle eine Rolle spielen und sind somit in diesem Forschungsthema mit erfasst.

### 3.2.2.12. Regelwerk für Zwischenlager

**Kommentierung und Kritik:** Im [Forum 2](#) wurde gefordert, dass ein Regelwerk für die unvermeidbare, längerfristige Zwischenlagerung entwickelt werden solle, beispielsweise vergleichbar zu den KTA-Regeln [nachträgliche Anmerkung BfE: Gemeint sind die Regeln des Kerntechnischen Ausschusses KTA, abrufbar unter [www.kta-gs.de](http://www.kta-gs.de)]. Dieses Regelwerk solle Anforderungen an Behälter und Inventare beinhalten, welche die Entwicklung neuer Behälter ermöglichen würden. Die gültige Zwischenlager-Leitlinie der Entsorgungskommission [nachträgliche Anmerkung BfE: Gemeint ist die Empfehlung der Entsorgungskommission: Leitlinien für die trockene Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente und Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle in Behältern; Revidierte Fassung vom 10.06.2013] sei nicht ausreichend. Aktuell werde in den Genehmigungen auf die laufend fortgeschriebenen KTA-Regeln verwiesen. Aufgrund des Ausstiegs aus der Kernenergie sei die Fortschreibung der KTA-Regeln unklar, was eigene Regeln notwendig machen könne. Neues Regelwerk für die Zwischenlagerung solle auch Anforderungen im Hinblick auf die anschließende Konditionierung für die Endlagerung berücksichtigen. In der Diskussion wurden zwei Positionen bezüglich eines neuen, eigenen Regelwerkes für die verlängerte Zwischenlagerung vertreten.

- a) Auf der einen Seite wird kritisiert, dass so ein Regelwerk die Antragsteller zu stark einenge, was effektiv auf ein starres, durch Regelwerk vorgegebenes Konzept hinauslaufen könne.
- b) Auf der anderen Seite besteht die Auffassung, dass ein neues Regelwerk so formuliert werden könne, dass ausreichend Planungsfreiheit mit Blick auf Anforderungen für die Sicherheit verlängerter Zwischenlagerung und anschließende Endlagerkonzepte gegeben sei.

Als Reaktion auf die Berichterstattung zum [Forum 2](#) im Plenum wurde angemahnt, dass die Kraftwerksbetreiber aktuell ihre „Lager brennstofffrei“ machen würden, indem die Brennstäbe in Transport- und Lagerbehälter gepackt würden. Sollen aus Sicht der längerfristigen Zwischenlagerung besondere Anforderungen bestehen, so sei jetzt die letzte Gelegenheit, Anforderungen an die Kraftwerksbetreiber für die noch zu verpackenden Abfälle zu stellen.

**Einordnung und Berücksichtigung:** Es ist wichtig für eine transparente und sicherheitsorientierte Vorgehensweise, ein den Stand von Wissenschaft und Technik widerspiegelndes Regelwerk zu schaffen und regelmäßig zu aktualisieren. Dies ist keine originäre Forschungsaufgabe, allerdings liefern die in der Forschungsagenda gelisteten Forschungsthemen wichtige Grundlagen für eine solche Regelwerkserstellung/-aktualisierung. Ein konkreter Bezug der Kritikpunkte zur Forschungsagenda ist daher nicht gegeben. Das BfE ist sich aber des zeitlichen Rahmens auch in Hinblick auf die Priorisierung von Forschungsvorhaben bewusst.

### 3.2.2.13. Zeitfenster berücksichtigen (Verfügbarkeit experimenteller Einrichtungen und Know-How-Verlust)

**Kommentierung und Kritik:** Zeitfenster schließen sich und sollen noch genutzt werden. Im Hinblick auf die Untersuchung von bestrahltem Kernbrennstoff werden insbesondere das Wegfallen experimenteller Einrichtungen, die Abwanderung und Umorientierung des fachkundigen Personals sowie fehlender Nachwuchs als kritisch betrachtet ([Forum 2](#)).

**Einordnung und Berücksichtigung:** Die aktuellen und zukünftigen labortechnischen Möglichkeiten und Verfügbarkeiten von geeigneten Fachkräften/Expert/-innen müssen bei der Priorisierung mit berücksichtigt werden. Die Forderung bezieht sich somit auf den Rahmen für Strategie und Agenda, ist an sich aber kein Forschungsthema. Wie in der Forschungsstrategie dargestellt, stellt der nachhaltige und langfristige Kompetenzaufbau und -erhalt ein übergeordnetes Ziel der BfE-Forschung dar.

---

### 3.2.3. ENDLAGERSTANDORT MIT DER BESTMÖGLICHEN SICHERHEIT

**Kommentierung und Kritik:** Neben den unten folgenden eher technischen, methodischen und naturwissenschaftlichen Kommentaren und Stellungnahmen zu spezifischen Aspekten des Standortauswahlverfahrens wurden in [Forum 1](#) auch übergeordnete, prinzipielle Aspekte zum Standortauswahlverfahren angemerkt und diskutiert. Das BfE sei Verfahrensleiter im Standortauswahlverfahren und seine Forschung müsse deshalb auch die Umsetzung des Verfahrens selbst im Blick haben. Hierzu gehörten Fragestellungen wie: Was passiert, wenn Kriterien des StandAG durch Forschung hinterfragt werden? Auf welchen Meilenstein muss man zurückgehen? Welche Rücksprünge sind hier zu realisieren? In diesem Zusammenhang wurde auch gefordert, dass das BfE einen Plan B für die Durchführung des Standortauswahlverfahrens entwickeln sowie die Rückholbarkeit als Thema aufnehmen müsse.

**Einordnung und Berücksichtigung:** Die prozesshafte Umsetzung des Standortauswahlverfahrens als Forschungsgegenstand ist bereits in der Forschungsagenda enthalten. Dies betrifft sowohl die verfahrenstechnische Umsetzung und Anwendung der Kriterien als auch übergeordnete Prozessfragen. In Bezug auf eine mögliche Hinterfragung der Kriterien des StandAG ist insbesondere der weiter unten ebenfalls adressierte Umgang mit Expertendissens wichtig. Ein vollkommen einheitlicher Blick aller Beteiligten auf das Standortauswahlverfahren und die Kriterien wird voraussichtlich nicht zu erzielen sein. Aus Sicht des BfE ist es wichtig, auf Basis anerkannter Forschung und mit Blick auf die bestmögliche Sicherheit einen Grundkonsens zu erreichen. Letztlich trägt jedoch das BfE die Verantwortung für die Umsetzung des Standortauswahlverfahrens unter dem Primat der bestmöglichen Sicherheit. Das Thema Rückholbarkeit wurde in der Einleitung zu Kapitel 5 „Endlagerstandort mit der bestmöglichen Sicherheit“ noch einmal deutlich herausgestellt. Die Konsequenzen der Rückholbarkeit sowie Bergbarkeit für Sicherheitskonzepte ist in Kapitel 5.5 als Forschungsthema berücksichtigt.

#### 3.2.3.1. Alternativen zur tiefengeologischen Endlagerung

**Kommentierung und Kritik:** In §1 Abs. 4 StandAG wird festgelegt, dass die Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen in tiefengeologischen Formationen erfolgen soll.

- Es könne auch die Möglichkeit bestehen, dass kein sicheres geologisches Endlager gefunden wird. Im Sinne eines lernenden Verfahrens müssten also die sinnvollsten Alternativen zum geologischen Endlager frühzeitig erforscht werden ([Stellungnahme 7, Forum 1](#)).
- Laut StandAG ist die Rückholbarkeit der Abfälle aus einem tiefengeologischen Endlager über 500 Jahre nach Verschluss zu gewährleisten. Hierbei sei noch unklar, ob zukünftige Generationen diese Aufgabe logistisch umsetzen können. Deshalb sei es notwendig, dass Endlager-Alternativen für alle Arten von radioaktiven Abfällen erforscht werden, auch für die, die bisher nicht im Entsorgungsprogramm einbezogen sind ([Kommentar 2](#)).

**Einordnung und Berücksichtigung:** Bereits im Rahmen der Endlagerkommission wurden Alternativen zur tiefengeologischen Endlagerung systematisch geprüft und entsprechende Gutachten beauftragt. Das BfE wird die Weiterentwicklung des Standes von Wissenschaft und Technik hinsichtlich dieser Fragen verfolgen. Die Einleitung zu Kapitel 5 „Endlagerstandort mit der bestmöglichen Sicherheit“ wurde entsprechend ergänzt. Eigene Forschungsarbeiten zur (Weiter-) Entwicklung alternativer Entsorgungsoptionen sind nicht vorgesehen. Sich möglicherweise aus der Verfolgung des Standes von Wissenschaft und Technik ergebende Forschungsfragen mit Bezug auf alternative Entsorgungsoptionen werden bei künftigen Überarbeitungen der Forschungsagenda berücksichtigt.

#### 3.2.3.2. Wirtsgesteinsspezifische Forschung

**Kommentierung und Kritik:** In der Vergangenheit habe sich die Endlagerforschung in Deutschland stark auf die geologische Endlagerung im Wirtsgestein Steinsalz konzentriert. Da in Deutschland laut §1 Abs. 3 StandAG grundsätzlich für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle die Wirtsgesteine Steinsalz, Tongestein und Kristallingestein

betrachtet werden, solle nun die Forschung auf Tongestein und Kristallingestein ausgeweitet werden ([Stellungnahme 7](#)).

**Einordnung und Berücksichtigung:** Die Forderung ist korrekt und wird bereits jetzt erfüllt. In vielen nationalen und internationalen Projekten wird in Deutschland Forschung auf den Gebieten der Wirtsgesteine Ton- und Kristallingestein betrieben. In der aktuell laufenden Phase 1 des Standortauswahlverfahrens konzentriert das BfE seine Forschung auf wirtsgesteinsunabhängige Themenfelder bzw. wirtsgesteinsübergreifende Fragestellungen, so dass die geforderte und notwendige Betrachtung aller drei Wirtsgesteine in den Forschungsvorhaben sichergestellt ist. Wirtsgesteinsspezifische Forschungsfragen, die sich im Laufe des Standortauswahlverfahrens oder aus den durchgeführten BfE-Forschungsvorhaben selbst ergeben, werden bei künftigen Überarbeitungen der Forschungsagenda berücksichtigt. Der im Laufe des Verfahrens stärker werdende Fokus auf wirtsgesteinsspezifische Forschung ist in der Einleitung zu Kapitel 5 „Endlagerstandort mit der bestmöglichen Sicherheit“ benannt.

### 3.2.3.3. Datenunsicherheit und Datenlücken (§22 bis 25 StandAG)

**Kommentierung und Kritik:** Im Kapitel 5.2 der Forschungsagenda („Anforderungen und Kriterien des StandAG“) würde auf die Herausforderung des Umgangs mit Datenunsicherheiten und Datenlücken hingewiesen. Dies könne insbesondere beim Vergleich von Standortregionen oder Standorten problematisch werden. Gerade in der ersten Phase des Standortauswahlverfahrens (§§ 13 und 14 StandAG) können unterschiedliche Kenntnisstände zu den verschiedenen Teilgebieten bzw. Standortregionen nicht ausgeglichen werden, da die Grundlage hierfür die bereits existierenden Informationen und Daten bilden. In ähnlicher Weise stelle sich auch die Frage des methodologischen Umgangs mit dem bereits teilerkundeten Standort Gorleben. Die Forderung des StandAG, dass die Erkenntnisse aus der bisherigen Erkundung nicht in die vergleichende Bewertung einfließen dürfen, sei zwar im Sinne der Chancengleichheit von Standortkandidaten nachvollziehbar, jedoch sei es derzeit völlig unklar, wie diese Forderung angesichts der existierenden Informationslage zum Standort Gorleben in der Praxis in den ersten beiden Phasen des Standortauswahlverfahrens gehandhabt werden könne ([Stellungnahme 5](#)).

**Einordnung und Berücksichtigung:** Das BfE sieht die Herausforderung des Umgangs mit Datenunsicherheiten und Datenlücken. Generell hat F&E die Aufgabe, im Laufe des Standortauswahlverfahrens bestehende Ungewissheiten zu reduzieren. Aus diesem Grund wurde bereits das Forschungsvorhaben „Methoden für sicherheitsgerichtete Abwägungen und vergleichende Bewertungen im Standortauswahlverfahren (MABeSt)“ (FKZ 4718F13001) initiiert, das diese Aspekte berücksichtigt. Zusätzliche spezifische Forschungsfragen für das BfE werden zum jetzigen Zeitpunkt deswegen nicht gesehen. Forschungsfragen, die sich im Laufe des Standortauswahlverfahrens oder aus den Berichten der Vorhabenträgerin ergeben, werden bei künftigen Überarbeitungen der Forschungsagenda berücksichtigt.

### 3.2.3.4. Prozessbetrachtungen/Safety Case

**Kommentierung und Kritik:** Das Kapitel 5.4. „Prozessverständnis und naturwissenschaftliche Zusammenhänge“ benenne einige vordringlich zu bearbeitende Forschungs- und Entwicklungsfelder. Im Rahmen der Forschungsagenda solle der Blick auf den erweiterten Rahmen der notwendigen Prozessbetrachtungen gerichtet werden. Hierbei ergeben sich automatisch Fragen, die jeweils für die in Frage kommenden Wirtsgesteine wichtig und/oder dringlich seien. Weiterhin fehle der Blick auf die Methodik des Safety Case. Dieser sei selbst Gegenstand der Forschung ([Stellungnahme 5](#)).

**Einordnung und Berücksichtigung:** Der Einwand bzw. die Anregung zur Prozessbetrachtung ist nachvollziehbar. Generell ist die Forschungsagenda auf vier Jahre ausgelegt. Somit ist die bisherige Darstellung in der Forschungsagenda nur beispielhaft. Diese Themen sind auch mit „beispielsweise“ ausdrücklich gekennzeichnet. Weitere Einzelthemen werden in der jährlichen Forschungsplanung berücksichtigt. Das gesamte Kapitel 5 „Endlagerstandort mit der bestmöglichen Sicherheit“ orientiert sich an der international anerkannten Methodik des Safety Case. Damit ist dieser implizit selbst Gegenstand der Forschung.

### 3.2.3.5. Ungewissheiten bei Bewertungsmethoden; Entwicklungen von Sicherheitskonzepten

**Kommentierung und Kritik:** Im Kapitel 5.5 „Sicherheitskonzepte und Bewertungsmethoden“ werde der erforderliche Forschungsbedarf zu Sicherheitskonzepten und Bewertungsmethoden allgemein plausibel dargelegt. Es solle zusätzlich aufgegriffen werden, inwieweit Ungewissheiten und ihre gegenseitigen Abhängigkeiten Eingang in die Bewertungsmethoden finden können. Hier werde in groben Zügen zwar dargelegt, welche Sicherheitsgedanken den drei zur Verfügung stehenden Wirtsgesteinen zugrunde liegen. Nicht erwähnt werde, dass auch Sicherheitskonzepte selbst einer Entwicklung unterliegen, deren Stand durch das BfE zumindest verfolgt, wenn nicht sogar weiterentwickelt werden müsse ([Stellungnahme 5](#)).

**Einordnung und Berücksichtigung:** Die Berücksichtigung neuer Erkenntnisse wird fortlaufend bei der Erstellung der Forschungsagenda und im Rahmen der Aufgabenwahrnehmung des BfE geprüft. Hierzu gehört auch die Verfolgung von Entwicklungen im Komplex der Sicherheitskonzepte. Es wird innerhalb des BfE sichergestellt, dass Ergebnisse aus Forschungsvorhaben sowie aktuelle Entwicklungen bei der Planung und Konkretisierung zukünftiger Vorhaben des BfE berücksichtigt werden. Das Thema Ungewissheiten in Zusammenhang mit Bewertungen und auch mit Abwägungen wird im Forschungsvorhaben MaBest berücksichtigt und kann in einem möglichen weiteren Vorhaben konkretisiert werden. Die Rolle von Unsicherheiten und deren gegenseitigen Abhängigkeiten mit Bezug auf die Bewertungsmethoden ist als Thema aufgenommen.

### 3.2.3.6. Szenarientwicklung

**Kommentierung und Kritik:** Zu Kapitel 5.6 „Szenarientwicklung“ wurde folgendes angemerkt:

- Es existieren national und international verschiedene Methoden der Szenarientwicklung, die sich zum Teil bereits in Genehmigungsverfahren bewährt haben. Die zu klärende Frage sei allerdings, welchen Umfang und Tiefgang die Szenarientwicklung in den verschiedenen Phasen des Standortauswahlverfahrens haben könne bzw. müsse. Dieser Aspekt werde allerdings auch in der Forschungsagenda des BfE thematisiert („Phasenabhängige Anwendbarkeit...“) ([Stellungnahme 5](#)).
- Es sei zu erwarten, dass durch die derzeit seitens des BMU in Bearbeitung befindlichen Verordnungen gemäß § 26 (Sicherheitsanforderungen) und § 27 (Sicherheitsuntersuchungen) die Anforderungen des StandAG bezüglich der Szenarientwicklung weiter konkretisiert werden ([Stellungnahme 5](#)).
- Die Methodik der Szenarientwicklung und dessen Einbettung in den Safety Case sei selbst ebenfalls Gegenstand der Forschung. Auch dieser Aspekt solle nicht außer Acht gelassen werden ([Stellungnahme 5](#)).
- Die am Ende des Kapitels 5.6 aufgelisteten Forschungsthemen seien tatsächlich als wichtig zu erachten. Sie sollen jedoch um einen weiteren Aspekt erweitert werden. Dieser betreffe den Umgang mit Szenarien des unbeabsichtigten menschlichen Eindringens in ein Endlagersystem nach Verlust der Information über dessen Existenz in ferner Zukunft. Die Behandlung dieser Vorgänge werde heutzutage international als sinnvoll betrachtet, weniger um einen vermeintlichen Schutz gegenüber derartigen Eingriffen nachzuweisen, sondern vor allem, um die Robustheit des Endlagersystems diesbezüglich generell zu demonstrieren. Da die technischen Fähigkeiten von Generationen in ferner Zukunft, ebenso wie deren radiologischer Exposition (z.B. aufgrund des Umgangs mit radioaktiv kontaminierten Material, Ernährungsgewohnheiten, Möglichkeiten der Detektion von Radioaktivität) völlig unbekannt seien, müsse verhindert werden, dass derartige Szenarien in die Beliebigkeit abglitten. Daher werde es als sinnvoll erachtet, derartige Szenarien und deren Randbedingungen stilisiert regulatorisch vorzugeben. Dies bedeute, dass einige wenige aus heutiger Sicht vorstellbare Intrusionsszenarien (z.B. Abteufen einer Erkundungsbohrung durch den Einlagerungsbereich, Auffahren eines Gewinnungsbergwerks in der Nachbarschaft des Endlagers oder Kavernensohlung bei Salzstandorten) einschließlich der Randbedingungen des Eindringens (z.B. Festlegung, dass dies mit Hilfe heutiger Technik geschieht) vom BfE festgeschrieben und den Sicherheitsuntersuchungen zu allen Standorten gleichermaßen definiert vorgegeben werden ([Stellungnahme 5](#)).

**Einordnung und Berücksichtigung:** Die Hinweise zur Szenarientwicklung entsprechen weitestgehend der Sicht des BfE und wurden auch so bereits in der Forschungsagenda dargestellt. Die genannten Verordnungen befinden sich derzeit in der Erarbeitung, sodass diesbezüglich keine abschließende Aussage möglich ist, auch nicht zu möglicherweise notwendigen Ergänzungen in untersetzenden Regelwerken. Die überarbeitete Forschungsagenda stellt klar, dass auch Vorgaben, die sich aus den genannten Verordnungen ergeben (können), bei der Identifizierung und Formulierung der Forschungsbedarfe des BfE berücksichtigt werden, sei es bei der künftigen Überarbeitung der Forschungsagenda oder bei der Aufstellung der jährlichen Forschungsplanung des BfE.

#### 3.2.3.7. Sicherheitsbetrachtungen

**Kommentierung und Kritik:** Zu Kapitel 5.7 „Sicherheitsbetrachtungen“ wurde folgendes angemerkt:

- Die allgemeinen Aussagen seien zielführend und richtig getroffen worden. Es wird angemerkt, dass es zu den thematisierten Aspekten Möglichkeiten und Grenzen von Modellierungen und der Validierung/Verifizierung etc. in den vergangenen Jahrzehnten eine Vielzahl von z. T. umfangreichen Forschungsvorhaben gegeben habe, deren Ergebnisse zunächst systematisch auszuwerten seien. Die Grenzen der Modellierung und Simulation führten hin zum Konzept des „multiple lines of reasoning“, somit der Sammlung weiterer Argumentationsketten, welche die Sicherheit eines Endlagers belegen können. Dieser Aspekt fehle in den Ausführungen zu Sicherheitsbetrachtungen ([Stellungnahme 5](#)).
- Es wird angemerkt, dass die Entwicklung und Weiterentwicklung von Codesystemen als zentrales Werkzeug der Sicherheitsbetrachtungen eine langfristige und hoch spezialisierte, an die spezifischen Aufgaben des Langzeitsicherheitsnachweises angepasste Aufgabe sei. Diese Aufgabe könne sicherlich auf höherem wissenschaftlichem Niveau durchgeführt werden, wenn sie nicht zu stark einem kurzfristigen wettbewerblichen Druck ausgesetzt sei. Vielmehr sei auf diesem Gebiet eine rahmenvertragliche oder grundfinanzierte Forschungsförderung das angemessene Instrument ([Stellungnahme 5](#)).

**Einordnung und Berücksichtigung:** Eine systematische Auswertung vorhandener Literatur/Daten ist integraler Bestandteil jeder Projektierung von Forschungsvorhaben und der Forschungsplanung. Die Erstellung einer systematischen Gesamtschau des Standes von W&T zu Möglichkeiten und Grenzen von Modellierungen bzw. Validierung/Verifizierung als separates Thema wurde in die Forschungsagenda aufgenommen. Das angesprochene Konzept des „multiple lines of reasoning“ ist implizit in den Ausführungen zu den Sicherheitsbetrachtungen enthalten. Sowohl „Möglichkeiten und Grenzen von verbal-argumentativen Vorgehensweisen und numerischen Modellierungen“ als auch „Kombination der anzuwendenden Methoden zur Erhöhung der Aussagekraft“ sind als Forschungsthemen enthalten. Das BfE hat die Entwicklung und Weiterentwicklung von Code-Systemen im Blick und sieht das Verfolgen dieser Entwicklungen als Teil seiner Aufgaben an. Hierbei sind insbesondere die Zeitplanungen bzw. die Zeitvorgaben des Standortauswahlverfahrens zu berücksichtigen. Eine grundfinanzierte Forschungsförderung liegt jedoch nicht in den Möglichkeiten des BfE.

#### 3.2.3.8. Weiterentwicklung von Endlager- und Behälterkonzepten

**Kommentierung und Kritik:** Im Kapitel 5.8 „Nachweisführung für die technische Machbarkeit von Endlagerkomponenten“ sei in Übereinstimmung mit den eher allgemein gehaltenen Ausführungen in der Forschungsagenda zu unterstreichen, dass die Weiterentwicklung von Endlagerkonzepten für alle drei verfolgten Wirtsgesteine unter Berücksichtigung von Rückholbarkeit und Bergbarkeit vordringlich sei, da diese zumindest in generischer Form bereits den repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen in der Phase 1 des Standortauswahlverfahrens zu Grunde gelegt werden müssen. Auch hierzu solle das BfE Forschung im Sinne ggf. alternativer Entwicklungen betreiben. Entsprechendes gelte für die in Kapitel 5.8. kurz angesprochene Entwicklung von wirtsgesteinsspezifischen Behälterkonzepten. Weiterer Forschungsbedarf werde zu betrieblichen und physikalisch-chemischen Konsequenzen einer etwaigen gemeinsamen Endlagerung von wärmeentwickelnden Abfällen und solchen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung gesehen ([Stellungnahme 5](#)).

**Einordnung und Berücksichtigung:** Die Hinweise zur Weiterentwicklung von Endlagerkonzepten und Behälterkonzepten sind berechtigt. Diese Aktivitäten fallen jedoch in erster Linie in die Zuständigkeit des Vorhabenträgers und Betreibers. Ob und wenn ja, mit welchen Fragestellungen das BfE im Bereich der Endlager- und Behälterkonzepte Forschungsvorhaben initiieren sollte, wird kontinuierlich bewertet und geprüft und findet Eingang in künftige Überarbeitungen der Forschungsagenda. Forschungsaktivitäten bzgl. der gemeinsamen Endlagerung von schwach-, mittel- und hochradioaktiven Abfällen sind bereits geplant.

#### **3.2.3.9. Abwägungsmethoden im Standortauswahlverfahren**

**Kommentierung und Kritik:** Im Kapitel 5.9 „Bewertungsmaßstäbe und Vergleichsmöglichkeiten“ würden Forschungsarbeiten zur Weiterentwicklung von Abwägungsmethoden zum systematischen sicherheitsgerichteten Vergleich von Endlagersystemen in unterschiedlichen Wirtsgesteinen als prioritär angesehen. Im internationalen Raum gebe es hierzu kaum Erfahrungswerte, da in der Regel jeweils nur Standorte mit ähnlicher geologischer Gesamtsituation miteinander verglichen wurden bzw. werden. Hierbei solle auf die Ergebnisse von abgeschlossenen Forschungsvorhaben (z.B. VerSi) zurückgegriffen werden ([Stellungnahme 5](#)).

**Einordnung und Berücksichtigung:** Da die Forschungsvorhaben „Weiterentwicklung einer Methode zum Vergleich von Endlagerstandorten in unterschiedlichen Wirtsgesteinsformationen (VerSi II)“ und „Erweiterung einer Methodik zum Vergleich von Endlagerstandorten in allen zulässigen Wirtsgesteinsformationen (VerSi III)“ vom BfE vergeben wurden, fließen die Ergebnisse mit in die weitere Forschungsplanung ein. Auch in dem derzeit laufenden Forschungsvorhaben „Methoden für sicherheitsgerichtete Abwägungen und vergleichende Bewertungen im Standortauswahlverfahren (MABeSt)“ werden die Ergebnisse berücksichtigt.

---

### 3.2.4. ÜBERGREIFENDE UND METHODISCHE FRAGESTELLUNG

**Kommentierung und Kritik:** In Hinblick auf generelle Aspekte innerhalb der übergreifenden und methodischen Fragestellungen wurde im [Forum 4](#) u.a. diskutiert, dass die Merkmale problemorientierter transdisziplinärer Forschung stärker berücksichtigt werden müssen. Ein ähnlicher Aspekt wurde auch in [Forum 1](#) diskutiert. Hier wurde gefordert, dass das BfE seine sozialwissenschaftliche Forschung stärker etablieren und mit soziotechnischen Fragestellungen erweitern solle. Das BfE wurde ermuntert, offen zu kommunizieren, dass es ggf. Widerstände in Kauf nehmen müsse, um ein Ergebnis zu erzielen bzw. einen Standort für das Endlager zu finden. Derzeit lese sich die Forschungsagenda so, als ob allgemeiner Konsens erwartet würde. Vielmehr sei Mut zu dem Bekenntnis nötig, dass das Thema gesellschaftlich kontrovers sei. In diesem Kontext wurde in [Forum 1](#) bemängelt, dass es an Forschungsansätzen zum Umgang mit Konflikten fehle. Es wurde zudem gefordert, die Hypothesen, die zur Strategie geführt hätten, regelmäßig zu überprüfen. Die Überprüfung der Forschungsstrategie in einem Rhythmus von ungefähr zehn Jahren – wie derzeit vorgesehen – erfolge in zu großen Abständen, um auf gesellschaftliche Veränderungen und/oder auf Entwicklungen im Stand von W&T reagieren zu können.

**Einordnung und Berücksichtigung:** Der Aspekt der Transdisziplinarität wurde als weiteres Kriterium zur Beurteilung und Priorisierung von Forschungsvorhaben ergänzt. Allerdings ist es wichtig, zunächst die Definition und Bedeutung transdisziplinärer Forschung in den verschiedenen Disziplinen zu untersuchen und zu bestimmen. Für das BfE als Träger der Öffentlichkeitsbeteiligung im Standortauswahlverfahren hat die sozialwissenschaftliche Forschung eine zentrale Bedeutung. Die Verknüpfung mit technisch-naturwissenschaftlichen Fragestellungen resultiert u.a. aus der Anforderung zur Beteiligung verschiedener Akteure. Sozial- und geisteswissenschaftliche Forschung werden nicht ausgeschlossen und vor allem interdisziplinär vollzogen. Die Diskussionen auf dem Workshop haben gezeigt, dass die ursprüngliche Überschrift „Übergreifende und methodische Fragestellungen“ zu Kapitel 6 weder dessen Inhalte noch deren Stellenwert im Rahmen der BfE-Forschung angemessen widerspiegelt. Neben der Überarbeitung einzelner Forschungsthemen wurde Kapitel 6 deswegen in „Sozialwissenschaftliche und soziotechnische Fragestellungen“ umbenannt und auch die Einleitung angepasst. Der Hinweis auf notwendige Forschung zum Umgang mit Konflikten wird aufgegriffen. Entsprechende Forschungsthemen und -aspekte wurden in den Kapiteln 6.1 „Öffentlichkeitsbeteiligung“ und 6.2 „Historisch- sozialwissenschaftliche Forschung“ ergänzt. Die Überprüfung und Aktualisierung der Forschungsagenda und -strategie sollen im angegebenen Rhythmus verbleiben. Die kontinuierliche Beobachtung der zugrundeliegenden Hypothesen und des Standes von W&T ist allerdings vorgesehen. Darauf aufbauend sind gegebenenfalls notwendige Anpassungen, auch vorgezogen, nicht ausgeschlossen.

#### 3.2.4.1. Öffentlichkeitsbeteiligung

**Kommentierung und Kritik:** Im [Forum 4](#) wurden insbesondere Aspekte einer systemischen Wirkung und Betrachtung von komplexen Beteiligungsverfahren sowie die generationenübergreifende Beteiligung diskutiert:

Die Forschung in Bezug auf die systemische Wirkung von komplexen Beteiligungsverfahren solle ausgebaut werden. Ein solch komplexes Beteiligungsverfahren wie bei der Standortsuche für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle sei national und international einzigartig. Mögliche Forschungsaspekte seien die Interaktionen der beteiligten Akteure (bspw. des NBG mit der parlamentarischen Demokratie) oder ein Wirkungsvergleich zwischen online- und face to face-Partizipationsformen. In diesem Kontext wird auch angeregt, dass die Forschung des BfE zur Meta- und regionalen Ebene gestärkt werden solle. Darüber hinaus könne der Beteiligungsprozess an sich auch Wirkungen im Sinne einer weiteren Demokratisierung haben, eine Motivation zu mehr Engagement bei der Gestaltung des gesellschaftlichen Zusammenlebens – solche Fragen können ebenfalls in der Agenda adressiert und untersucht werden. Es wird darauf hingewiesen, dass z.B. Narrative nicht intendiert geschaffen werden können. Vielmehr gelte es, bestehende Narrative – hier in der Regel regional vorkommende, auf nationaler Ebene gebe es nicht viele – zu untersuchen und entsprechende Erkenntnisse in die Arbeit des BfE einzubeziehen.

Die Forschung in Bezug auf die generationenübergreifende Beteiligung solle zukunftsorientierter sein. Insbesondere fehlten Konzepte, wie vor allem die junge Generation an der Standortauswahl beteiligt werden sollte/ könne. Dieser Aspekt müsse in der Forschungsagenda ausgebaut werden.

Im Rahmen der Online-Konsultation wurde angemerkt, dass in der gesamten Forschungsstrategie die Öffentlichkeitsbeteiligung fehle. Diese solle entsprechend beforscht werden, insbesondere im Hinblick auf die Endlagersuche und die Festlegung der Kriterien unter Berücksichtigung der Öffentlichkeit. Die Bevölkerung und Öffentlichkeit werde nicht vom ersten Schritt an mitgenommen ([Kommentar 6](#)). Zudem wurde die besondere Rolle des BfE als Träger der Öffentlichkeitsbeteiligung im Standortauswahlverfahren und die hieraus abzuleitenden Konsequenzen für die Ausrichtung der Forschung und Entwicklung thematisiert. Im Bereich der Öffentlichkeitsbeteiligung gehe es für das BfE nicht um die Beurteilung der Arbeiten, Anträge und Vorschläge anderer, sondern um die Schaffung wissenschaftlicher Grundlagen für eigenes Arbeiten. Der für das BfE zentralen Herausforderung der Öffentlichkeitsbeteiligung müsse deswegen auch in der Forschungsstrategie und -agenda ein höheres Gewicht zugewiesen werden als dies derzeit mit Abschnitt 6.1 der Forschungsagenda geschehe ([Stellungnahme 3](#)). Um die Beteiligung der Öffentlichkeit sicherzustellen, wurde zum einen empfohlen, auch unabhängige Expertinnen und Experten, die das Vertrauen von Umwelt-NGOs und der interessierten Öffentlichkeit besitzen, mit Forschungsprojekten zu beauftragen bzw. in Hearings, Gremien etc. beizuziehen. Zum anderen solle Forschung stattfinden, wie komplexe wissenschaftliche Inhalte so aufbereitet werden können, dass die Öffentlichkeit diese verstehen und fundierte Entscheidungen treffen könne ([Kommentar 5](#)).

**Einordnung und Berücksichtigung:** Das BfE teilt die Sicht auf seine besondere Rolle in der Öffentlichkeitsbeteiligung. In der Forschungsagenda wurde der Bereich "Öffentlichkeitsbeteiligung" geschärft und seine Bedeutung klarer herausgehoben. Den Hinweis auf die Bedeutung systemischer Ansätze nimmt das BfE auf. Diese werden bei der Entwicklung und Priorisierung der Forschungsvorhaben stärker berücksichtigt.

Bei der Forschung zu Narrativen geht es darum, bestehende Narrative zu erheben und hinsichtlich ihrer Wandelbarkeit zu untersuchen. „Social Engineering“ ist nicht das Anliegen oder gar Ziel des BfE. Der Aspekt der generationenübergreifenden Öffentlichkeitsbeteiligung und insbesondere die Einbindung der jungen Generation sind in der Forschungsagenda explizit formuliert und betrachtet. Als weitere Forschungsthemen wurden die Risikomündigkeit, die Robustheit der Öffentlichkeitsbeteiligung und die Rolle von Konflikten, Widerständen und sich ändernden Rahmenbedingungen sowie die Herausforderung grenzüberschreitender Öffentlichkeitsbeteiligung ergänzt. Die Forderung nach Forschung zur adressatengerechten Aufbereitung und Vermittlung von komplexen wissenschaftlichen Inhalten greift das BfE gerne auf. Ein entsprechendes Forschungsthema wurde ergänzt. „Unabhängigkeit“ in der Forschung ist ein zentrales Anliegen von Forschungsstrategie und Forschungsagenda. Weiterhin sind BfE-Veranstaltungen wie Hearings und Workshops offen für die Teilnahme der interessierten Öffentlichkeit. Das Vertrauen der NGOs und der interessierten Öffentlichkeit in Expert/-innen sichert nach der Meinung des BfE jedoch nicht zwangsläufig eine Unabhängigkeit.

#### **3.2.4.2. Historisch-sozialwissenschaftliche Forschung**

**Kommentierung und Kritik:** Der Wille zur Vernetzung mit bestehenden Forschungsprojekten und den daraus gewonnenen Ergebnissen (z.B. das HoNESt-Netzwerk) solle klarer zum Ausdruck gebracht werden. In diesem Kontext wird gefordert, dass die Unabhängigkeit der Forschung berücksichtigt werden müsse, bzw. dass darauf geachtet werden müsse, wer diese Forschung finanziere. So seien z.B. die HoNESt-Forschungen EURATOM-finanziert. Es entwickelte sich eine Diskussion um die Unabhängigkeit der Forschung [Wer beobachtet den Beobachter?], in der einige Teilnehmende einen Widerspruch zwischen der „aufgabenbezogenen Forschung“ des BfE und „unabhängiger Forschung“ postulierten. Das BfE könne keine „unabhängige“ Forschung betreiben oder beauftragen.

Die Rolle des BfE in der historisch-sozialwissenschaftlichen Forschung solle geklärt werden. So könne bspw. der Anspruch, eine Aufarbeitung der Geschichte der Endlagersuche in Deutschland zu erstellen, durch das BfE nicht

erfüllt werden – der Verdacht einer auf die Interessen des BfE zugeschnittenen Aufarbeitung komme unweigerlich auf. Gleichwohl benötige das BfE solcherlei Forschungsergebnisse für seine Arbeit. Ein Weg sei, sich dafür einzusetzen, dass andere Institutionen – unabhängig vom BfE – die historische Aufarbeitung übernehmen und das BfE lediglich die Ergebnisse nutze („funktioneller, instrumenteller Forschungsansatz“). In diesem Rahmen wurde auch diskutiert, wie durch historische Aufarbeitung mehr Akzeptanz bei der Bevölkerung erreicht werden könne; die Zahl der Engagierten betrage nur einen Bruchteil der Gesamtbevölkerung, die junge Generation wisse von den Ereignissen der Vergangenheit wenig bzw. betrachte das Thema mit dem Ausstiegsbeschluss als erledigt. Erkenntnisse aus der Vergangenheit seien auch wichtig, um den Suchprozess so auszugestalten, dass er als legitim anerkannt werden könne. Diese legitimen Prozeduren können auch eine Antwort darauf sein, dass der Akzeptanz-Begriff an sich zu sehr mit Bedeutung beladen sei. Es gehe nicht darum, eine Akzeptanz der Entscheidung für den Standort zu erzielen, sondern um die Etablierung legitimer Prozesse, wie es zu dieser Entscheidung komme. Es müsse jedoch darauf geachtet werden, dass das Verfahren nicht allein dem Zweck der Akzeptanzbeschaffung dienlich erscheine, sondern offen und transparent bleibe. Dazu wird ergänzt, dass der Akzeptanz-Begriff bspw. aus dem ENTRIA-Netzwerk beinahe verschwunden sei; dort spreche man vielmehr von „Akzeptabilität des Verfahrens“. Es wird darauf aufmerksam gemacht, dass heute historische Forschung in Bezug auf die Standortsuche für ein Endlager noch in einer Weise möglich sei, die bspw. Zeitzeug/-innen einbeziehe. Auch könne solcherlei historische Aufarbeitung als Grundlage dafür dienen, weitere Fragestellungen zu entwickeln.

**Einordnung und Berücksichtigung:** Die bestehende Forschungslandschaft wird in den übergeordneten Kapiteln behandelt. Eine detaillierte Beschreibung einzelner Projekte erscheint jedoch im Rahmen der Forschungsagenda nicht sinnvoll. Die Unabhängigkeit nicht nur der eigenen Forschung ist ein zentrales Ziel des BfE. Eine „Vernetzung“ mit bestehenden Projekten ist schwierig; eine gegenseitige Information ist möglich, eine gegenseitige (steuernde) Beeinflussung muss jedoch aus Gründen der Unabhängigkeit ausgeschlossen werden. Hinsichtlich des Wissens um die historische Dimension der Endlagersuche geht es dem BfE nicht um eine „Deutungshoheit“ in Bezug auf die Geschichte, sondern um das Lernen für das aktuelle Verfahren. Dieses Wissen und damit die entsprechende Forschung können helfen, bestehende und/oder aufkeimende Konflikte zu verstehen. Dieser Aspekt historisch-sozialwissenschaftlicher Forschung wurde in der Forschungsagenda ergänzt. Das Wissen um die historische Dimension ist zudem notwendig, um zu verdeutlichen, warum ein Endlager gesucht wird und warum der Suchprozess auf diese Weise abläuft – als Antwort auf eine theoretisch vorstellbare Infragestellung der Endlagersuche und -errichtung in einigen Jahrzehnten. Die Hinweise auf die Diskussion der Begriffe „Akzeptanz“, „Akzeptabilität“, „Toleranz“ wie auch „Tolerierbarkeit“ in der Fachöffentlichkeit nimmt das BfE auf und wird diese bei der regelmäßigen Überarbeitung der Forschungsagenda berücksichtigen.

#### **3.2.4.3. Informationsmanagement & Langzeitdokumentation**

**Kommentierung und Kritik:** Im [Forum 4](#) wurde gefordert, dass der Fokus im Bereich der Langzeitdokumentation auf der digitalen Langzeitarchivierung liegen solle. Als Vorschlag für ein Datenmanagement im Rahmen einer Langzeitdokumentation wurde empfohlen, sich mit dem Konzept der Blockchain zu beschäftigen.

Im Rahmen der Online-Konsultation wurde zum einen angemerkt, dass im Zusammenspiel zwischen der heutigen Standortfindung und der Langzeitdokumentation die mittelfristige Perspektive fehle. Diese betrage im Standortauswahlverfahren für Endlager 1-2 Generationen. Gerade in dieser mittelfristigen Perspektive liegen das Wissensmanagement und der Wissenstransfer, der sowohl die behördliche Seite als auch die Gutachter/ Wissenschaftsseite und die Vorhabenträgerin betreffe. Es müssen nicht nur die Datenunsicherheiten und die Daten selbst als Entscheidungsgrundlage dokumentiert werden, sondern die Entscheidungen (im Detail) selbst müssen klar und verständlich dokumentiert werden. Dabei gehe es nicht nur um die Standortentscheidung, sondern beispielsweise um Details in Konzepten, z.B. weshalb ein bestimmter Behälter, weshalb ein bestimmtes Versatzmaterial oder weshalb eine bestimmte Grubenstruktur schließlich gegenüber anderen Varianten vorgezogen wurden ([Stellungnahme 5](#)). Zum anderen sei aber auch der Langzeitwissenserhalt zentral. Laut StandAG 2017 soll eine Bergung aus dem Endlager über 500 Jahre nach Verschluss des Lagers möglich sein. Es stelle sich die Frage,

ob über einen so langen Zeitraum überhaupt die entsprechenden staatlichen Stellen zur Verfügung stehen würden. Daher müssten hier auch Alternativen beforscht werden – wie sie zum Beispiel im Rolling Stewardship-Modell angedacht seien ([Kommentar 10](#)).

**Einordnung und Berücksichtigung:** Die Forschung zur Langzeitarchivierung muss aus Sicht des BfE sowohl digitale als auch analoge Medien betrachten, ihre Fokussierung auf eine der beiden Medien ist aus Sicht des BfE nicht ausreichend. Mit Bezug auf die unterschiedlichen Zeiträume und den damit verbundenen Aufgaben sieht das BfE die Bedeutung eines einheitlichen Informationsmanagements als zentral. Die Entwicklungen weiterer, innovativer Ansätze und Konzepte wie z.B. Blockchains verfolgt das BfE. Sich aus diesen Entwicklungen möglicherweise ergebender Forschungsbedarf hinsichtlich des Informationsmanagements und der Langzeitdokumentation wird bei den regelmäßigen Überarbeitungen der Forschungsagenda berücksichtigt. Mit § 38 StandAG wird lediglich die dauerhafte Speicherung von Daten und Dokumenten aus dem Bereich der Zwischen- und Endlagerung geregelt. Im Rahmen der Langzeitdokumentation soll aus Sicht des BfE nachfolgenden Generationen ein Key Information File (KIF), das primär dem Wissenserhalt über den Endlagerstandort diene, und ein Set of Essential Records (SER) zur Verfügung gestellt werden. Das SER soll dazu dienen, das Verständnis des Endlagersystems und eine Einschätzung des Gefährdungspotentials vorzunehmen. Aktuell wird die Dokumentation von den verschiedenen Organisationen noch nach unterschiedlichen Standards durchgeführt. Der Aspekt, wie die Entscheidungen (im Detail) selbst klar und verständlich dokumentiert werden müssen, ist aus Sicht des BfE wichtig, liegt jedoch außerhalb des Themas „Forschung“. Im Rahmen der Überarbeitung wird das BfE aber prüfen, ob sich aus dieser Fragestellung/Anforderung spezifische Forschungsbedarfe ergeben.

#### 3.2.4.4. Umgang mit Ungewissheiten, Unsicherheiten & fehlendem Wissen

Es solle eine klare Definition der zentralen Begriffe Ungewissheiten, Unsicherheiten und fehlendem Wissen vorgenommen werden. In der Soziologie spreche man nicht von „fehlendem Wissen“, sondern von „Nicht-Wissen“. Die Verwendung des Begriffs „Nicht-Wissen“ gehe mit mehreren Implikationen einher: Erstens führe dies zu einer stärkeren Bedeutung von Aspekten wie Monitoring, Bergbarkeit, Reversibilität. Zweitens könne die Bevölkerung im Rahmen der Beteiligung häufig schneller erkennen, wo Wissenslücken bestehen. Drittens solle das BfE offen „Nicht-Wissen“ kommunizieren. Es wird vorgeschlagen, ein Szenario zu entwickeln, welches die Folgen untersuche, wenn sich Berechnungen als falsch erweisen und ein Endlager undicht werden solle. Solcherlei transparente Kommunikation in Bezug auf mögliche Irrtümer und Nicht-Wissen könne insgesamt zu mehr Vertrauen führen ([Forum 4](#)).

Das [Forum 4](#) schlägt vor, dass die Forschung in diesem Themenfeld stärker auf die Robustheit des Systems – bezogen auf gesellschaftliche und Verfahrens-Aspekte – ausgerichtet werden solle. Es blieb strittig, ob „technische Robustheit“ in diesen Kontext einbezogen werden solle. Es wird die Entwicklung von Szenarien angeregt, die unsichere Entwicklungen in der Zukunft abdecken und mögliche Handlungsstrategien aufzeigen sollen (politische Kohärenz sei in den kommenden 30 Jahren nicht garantiert). Derzeit sei nicht erkennbar, dass ein in Hinblick auf mögliche gesellschaftliche Veränderungen robustes System entwickelt werde.

Im Rahmen der Online-Konsultation sowie in [Forum 1](#) wurde angeregt, dass das BfE neben Strategien zum Umgang mit Ungewissheiten, Unsicherheiten und fehlendem Wissen auch an Strategien zum Umgang mit Expertendissens forschen solle ([Stellungnahme 3](#)).

**Einordnung und Berücksichtigung:** Eine explizite und vor allem konsistente Definition und Verwendung von Begriffen ist aus Sicht des BfE wesentlich. Die Diskussion um Verwendung und Bedeutung der Begriffe „fehlendes Wissen“ und „Nicht-Wissen“ auch in den unterschiedlichen Wissenschaftsdisziplinen ist dem BfE bekannt und wird zu einem späteren Zeitpunkt in die Forschungsagenda aufgenommen. Die Bedeutung der Robustheit wird vom BfE mitgetragen. Mit Bezug auf die Öffentlichkeitsbeteiligung ist die Entwicklung/Untersuchung eines robusten Systems bereits Teil des vom BfE initiierten Forschungsvorhabens „Öffentlichkeitsbeteiligung bei der Endlagersuche – Herausforderungen eines generationenübergreifenden, selbsthinterfragenden und lernenden Ver-

fahrens“. Zudem ist die Frage der Robustheit des Systems – bezogen auf gesellschaftliche und Verfahrens-Aspekte – als explizites Forschungsthema in Kapitel 6.1 aufgenommen worden. Die Forderung zur Forschung und Entwicklung von Strategien zum Umgang mit Expertendissens hat das BfE im Kapitel 6.4 „Umgang mit Ungewissheiten“ berücksichtigt.

#### **3.2.4.5. Sicherheitsmanagement, Sicherheitskultur, Mensch-Technik-Organisation (MTO)**

**Kommentierung und Kritik:** Zu diesem Themenkomplex wurde in [Forum 4](#) darauf hingewiesen, dass die Forschung auf die Übertragung von Praxiskompetenz über 2022 hinaus abzielen solle. In diesem Zusammenhang sei sehr relevant, wie noch vorhandenes Praxiswissen in Zukunft erhalten bleiben könne.

Die Forschung zur Sicherheitskultur solle generell unter Wahrung der Rollen im Austausch mit den Betreibern stattfinden. Ziel sei u.a. die Entwicklung einer gemeinsamen Sicherheitskultur. Insgesamt seien die Forschungsthemen dieses Komplexes nachvollziehbar und umfassend dargestellt.

**Einordnung und Berücksichtigung:** Der Erhalt von Praxiswissen wurde in Kapitel 6.5 der Forschungsagenda „Sicherheitsmanagement, Sicherheitskultur, menschliche und organisatorische Faktoren“ aufgenommen. Das BfE stimmt der Forderung, dass Forschung zur Sicherheitskultur im Austausch mit den Betreibern stattfinden solle zu, unter der Voraussetzung, dass die funktionale Trennung zwischen Betreiber und Regulierer unter allen Umständen unangetastet bleibt.