

## **Referentenentwurf**

### **Verordnung über die sicherheitstechnischen Anforderungen an die Entsorgung hochradioaktiver Abfälle**

**Vom ...**

Auf Grund des § 26 Absatz 3 und § 27 Absatz 6 des Standortauswahlgesetzes vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 16 des Gesetzes vom 20. Juli 2017 (BGBl. I S. 2808) geändert worden ist, verordnet das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit nach Beteiligung des Bundestages:

## **Artikel 1**

### **Verordnung über Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle**

#### **(Endlagersicherheitsanforderungsverordnung – EndLSiAnfV)**

## **Abschnitt 1**

### **Allgemeine Vorschriften**

#### **§ 1**

##### **Anwendungsbereich**

(1) Diese Verordnung gilt für Anlagen des Bundes zur Endlagerung radioaktiver Abfälle nach § 9a Absatz 3 Satz 1 des Atomgesetzes,

1. die zur Endlagerung hochradioaktiver Abfälle bestimmt sind und
2. deren Standort durch Bundesgesetz festgelegt wird.

Sie ist im Genehmigungsverfahren nach § 9b Absatz 1a des Atomgesetzes zu Grunde zu legen. Die Einhaltung der Regelungen dieser Verordnung ist durch den Dritten nach § 9a Absatz 3 Satz 2 zweiter Halbsatz des Atomgesetzes zu gewährleisten.

(2) Erfolgt am selben Standort eine zusätzliche Endlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle nach § 1 Absatz 6 des Standortauswahlgesetzes, so sind für die Endlagerung dieser weiteren radioaktiven Abfälle die Bestimmungen des § 21 zu beachten.

#### **§ 2**

##### **Begriffsbestimmungen**

Im Sinne dieser Verordnung ist oder sind:

1. Nachweiszeitraum  
der Zeitraum, für den die Langzeitsicherheit des Endlagers nachzuweisen ist;
2. Endlagergebinde  
zur Endlagerung vorgesehener Behälter mit radioaktiven Abfällen;
3. Barrieren  
alle geologischen, technischen und geotechnischen Einheiten, die in einem Endlagersystem eine Ausbreitung von Radionukliden be- oder verhindern;

4. wesentliche Barrieren  
die Barrieren, auf denen der sichere Einschluss der radioaktiven Abfälle im Wesentlichen beruht;
5. weitere Barrieren  
die Barrieren, die zusätzlich zu den wesentlichen Barrieren und im Zusammenwirken mit ihnen eine Ausbreitung von Radionukliden be- oder verhindern;
6. Langzeitsicherheit  
der dauerhafte Schutz von Mensch und Umwelt vor Schäden durch ionisierende Strahlung radioaktiver Abfälle;
7. Robustheit  
die Unempfindlichkeit der Sicherheitsfunktionen des Endlagersystems und seiner Barrieren gegenüber inneren und äußeren Einflüssen und Störungen;
8. Integrität  
der Erhalt der für den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle relevanten Eigenschaften der Barrieren des Endlagersystems;
9. Sicherheitsfunktion  
eine Eigenschaft einer Komponente des Endlagersystems oder ein im Endlagersystem ablaufender Prozess, die oder der sicherheitsrelevante Anforderungen an ein sicherheitsbezogenes System oder Teilsystem oder an eine Einzelkomponente erfüllt;

Im Übrigen sind die Begriffsbestimmungen nach § 2 des Standortauswahlgesetzes anzuwenden.

## **A b s c h n i t t   2**

### **L a n g z e i t s i c h e r h e i t**

#### **§ 3**

##### **Mögliche und hypothetische Entwicklungen des Endlagersystems**

(1) Die für die Auslegung des Endlagers und die Bewertung der Langzeitsicherheit relevanten möglichen Entwicklungen des Endlagersystems einschließlich der Entwicklung der geologischen Situation am Endlagerstandort innerhalb des Nachweiszeitraumes sind systematisch zu ermitteln, zu beschreiben und einzuordnen als

1. zu erwartende Entwicklungen oder
2. abweichende Entwicklungen.

Die Einordnung ist zu begründen.

(2) Der Nachweiszeitraum beträgt eine Million Jahre ab dem vorgesehenen Verschluss des Endlagers.

(3) Als zu erwartende Entwicklungen einzuordnen sind diejenigen Entwicklungen, die sicher oder in der Regel eintreten werden, insbesondere hinsichtlich der geologischen und klimatischen Situation, der geologischen, technischen und geotechnischen Barrieren sowie der einzulagernden Abfälle.

(4) Als abweichende Entwicklungen einzuordnen sind diejenigen Entwicklungen, die nicht zu erwarten sind, aber hinsichtlich der geologischen und klimatischen Situation, der technischen und geotechnischen Barrieren sowie der einzulagernden Abfälle eintreten können.

(5) Zusätzlich zu den möglichen Entwicklungen nach Absatz 1 sind hypothetische Entwicklungen des Endlagersystems und der geologischen Situation am Endlagerstandort zu beschreiben, soweit deren Berücksichtigung der weiteren Optimierung oder der Überprüfung der Robustheit des Endlagersystems dienen kann.

(6) Hypothetische Entwicklungen sind Entwicklungen, die selbst unter ungünstigen Annahmen nach menschlichem Ermessen auszuschließen sind.

(7) Als hypothetische Entwicklungen gelten darüber hinaus auch Entwicklungen, die durch zukünftige menschliche Aktivitäten, insbesondere durch unbeabsichtigtes menschliches Eindringen in das Endlager, ausgelöst werden können und die für die Sicherheit des Endlagersystems relevant werden können. Als Referenzentwicklungen hierfür dienen solche Entwicklungen, die durch derzeit übliche menschliche Aktivitäten ausgelöst werden können.

## § 4

### **Sicherer Einschluss der radioaktiven Abfälle**

(1) Die einzulagernden radioaktiven Abfälle sind im Endlagersystem mit dem Ziel zu konzentrieren und sicher einzuschließen, die darin enthaltenen Radionuklide mindestens im Nachweiszeitraum von der Biosphäre fernzuhalten.

(2) Das vorgesehene Endlagersystem hat den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle passiv und wartungsfrei durch ein robustes, gestaffeltes System verschiedener Barrieren mit unterschiedlichen Sicherheitsfunktionen zu gewährleisten.

(3) Die wesentlichen Barrieren beim sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle sind

1. ein oder mehrere einschlusswirksame Gebirgsbereiche im Zusammenwirken mit den zur Abdichtung erforderlichen technischen und geotechnischen Verschlüssen oder
2. im Falle des Wirtsgesteins Kristallgestein, sofern kein einschlusswirksamer Gebirgsbereich ausgewiesen werden kann, technische und geotechnische Barrieren in einer für deren Funktion geeigneten geologischen Umgebung.

(4) Der sichere Einschluss muss innerhalb der wesentlichen Barrieren nach Absatz 3 so erfolgen, dass die Radionuklide aus den radioaktiven Abfällen weitestgehend am Ort ihrer ursprünglichen Einlagerung verbleiben. Für zu erwartende Entwicklungen ist nachzuweisen, dass im Nachweiszeitraum

1. insgesamt höchstens ein Anteil von  $10^{-4}$  und
2. jährlich höchstens ein Anteil von  $10^{-9}$

der Masse der eingelagerten Radionuklide einschließlich ihrer Zerfallsprodukte aus dem Bereich der wesentlichen Barrieren ausgetragen wird.

(5) Für die abweichenden Entwicklungen ist nachzuweisen, dass das Endlagersystem im Nachweiszeitraum seine Funktionstüchtigkeit in ausreichendem Maße beibehält.

## § 5

### **Integrität und Robustheit des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs als wesentlicher Barriere**

(1) Im Fall des § 4 Absatz 3 Nummer 1 ist für die zu erwartenden Entwicklungen im Nachweiszeitraum die Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches nachzuweisen und seine Robustheit zu begründen. Der einschlusswirksame Gebirgsbereich ist unter Berücksichtigung der zu erwartenden Entwicklungen räumlich eindeutig zu definieren. Es ist nachzuweisen, dass die für den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle relevanten Eigenschaften der technischen und geotechnischen Barrieren mindestens über den Zeitraum erhalten bleiben, während dessen diese Barrieren nach dem Sicherheitskonzept erforderlich sind.

(2) Zum Nachweis der Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches ist zu prüfen und darzustellen, dass

1. die Ausbildung von sekundären Fluidwegsamkeiten, die zum Eindringen oder Austreten von erheblichen Fluidmengen führen können innerhalb des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs ausgeschlossen ist,
2. die Dilatanzfestigkeiten der Gesteinsformationen des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs außerhalb der auffahrungsbedingten Auflockerungszonen auf Grund von zu erwartenden Beanspruchungen nicht überschritten werden,
3. die zu erwartenden Fluiddrücke die Fluiddruckbelastbarkeiten der Gesteinsformationen des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs nicht in einer Weise überschreiten, die zu einer erheblichen Zunahme von Fluidwegsamkeiten im einschlusswirksamen Gebirgsbereich führt,
4. durch die Temperaturentwicklung die Barrierewirkung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs nicht erheblich beeinträchtigt wird und
5. die möglichen Änderungen der chemischen Verhältnisse im Einlagerungsbereich, insbesondere auf Grund der in das Endlagerbergwerk eingebrachten Materialien, die Barrierewirkung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs nicht erheblich beeinträchtigen.

(3) Beim Nachweis der Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs sind sämtliche im Endlagerbereich aufzufahrenden oder bereits bestehenden Hohlräume und die zu ihrer Abdichtung und ihrem Verschluss vorgesehenen technischen und geotechnischen Barrieren zu berücksichtigen.

(4) Die für die Langzeitsicherheit erforderlichen Eigenschaften von technischen oder geotechnischen Barrieren sind im Sicherheitskonzept zu spezifizieren. Es ist nachzuweisen, dass die Herstellung und Errichtung der Barrieren nach diesen Spezifikationen in der erforderlichen Anzahl qualitätsgesichert möglich ist. Die vorgesehene Qualitätssicherung muss dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen. Die Herstellung, Errichtung und Funktion dieser Barrieren muss erfolgreich erprobt sein, soweit ihre Robustheit nicht anderweitig nachgewiesen werden kann und keine Sicherheitsreserven in einem Umfang bestehen, die den Verzicht auf eine Erprobung erlauben.

## § 6

### **Integrität und Robustheit der technischen und geotechnischen Barrieren als wesentliche Barrieren**

(1) Im Fall des § 4 Absatz 3 Nummer 2 ist für die zu erwartenden Entwicklungen im Nachweiszeitraum die Integrität des Systems der wesentlichen technischen und geotechnischen Barrieren nachzuweisen und seine Robustheit zu begründen. Es ist nachzuweisen, dass die für den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle relevanten Eigenschaften der weiteren Barrieren des Endlagersystems und insbesondere des Gebirges im Einlagerungsbereich mindestens über den Zeitraum erhalten bleiben, während dessen diese nach dem Sicherheitskonzept erforderlich sind.

(2) Zum Nachweis der Integrität des Systems der wesentlichen technischen und geotechnischen Barrieren ist insbesondere zu prüfen und darzustellen, dass die Sicherheitsfunktionen der wesentlichen technischen und geotechnischen Barrieren durch

1. die im Einlagerungsbereich möglicherweise ablaufenden chemischen und physikalischen Prozesse, insbesondere Korrosion und Erosion,
2. im umgebenden Gebirge auftretende Spannungen sowie mögliche Gebirgsbewegungen und
3. die Temperaturentwicklung

nicht erheblich beeinträchtigt werden. Bei der Nachweisführung sind die geologische und hydrogeologische Umgebung, die Eigenschaften der weiteren Barrieren des Endlagersystems sowie die Eigenschaften der einzulagernden Abfälle zu berücksichtigen.

(3) Die für die Langzeitsicherheit erforderlichen Eigenschaften der wesentlichen technischen und geotechnischen Barrieren sind im Sicherheitskonzept zu spezifizieren. Es ist nachzuweisen, dass die Herstellung und Errichtung der Barrieren nach diesen Spezifikationen in der erforderlichen Anzahl qualitätsgesichert möglich ist. Die vorgesehene Qualitätssicherung muss dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen. Die Herstellung und Errichtung dieser Barrieren muss unter realistischen Bedingungen erfolgreich erprobt sein. Ihre Funktion unter diesen Bedingungen muss nachgewiesen sein.

## § 7

### **Dosiswerte im Nachweiszeitraum**

(1) Es ist nachzuweisen, dass Expositionen auf Grund von Austragungen von Radionukliden aus den eingelagerten radioaktiven Abfällen geringfügig im Vergleich zur natürlichen Strahlenexposition sind. Hierzu ist als Indikator die zusätzliche jährliche effektive Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung abzuschätzen, die während des Nachweiszeitraums durch Austragungen von Radionukliden aus den eingelagerten radioaktiven Abfällen auftreten kann. Bei der Abschätzung sind die Lebensbedingungen zum Zeitpunkt der Nachweisführung für den gesamten Nachweiszeitraum zu unterstellen.

(2) Die Abschätzung ist sowohl für die zu erwartenden Entwicklungen als auch für die abweichenden Entwicklungen vorzunehmen. Für die zu erwartenden Entwicklungen darf die abgeschätzte zusätzliche effektive Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung nur im Bereich von 10 Mikrosievert pro Kalenderjahr liegen. Für die abweichenden Entwicklungen darf die abgeschätzte zusätzliche effektive Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung 100 Mikrosievert pro Kalenderjahr nicht überschreiten.

## § 8

### **Ausschluss von Kritikalität**

(1) Es ist nachzuweisen, dass sich selbst tragende Kettenreaktionen für den Betrieb und die Stilllegung des Endlagers sowie für die zu erwartenden und die abweichenden Entwicklungen im Nachweiszeitraum ausgeschlossen sind.

(2) Eine sich selbst tragende Kettenreaktion kann ausgeschlossen werden, wenn der berechnete Neutronenmultiplikationsfaktor kleiner ist als 0,95. Die Berechnung erfolgt nach der Anlage.

## **Abschnitt 3**

### **Erkundung des Endlagerstandortes und Planung des Endlagers**

## § 9

### **Erkundung des Endlagerstandortes**

(1) Bei der Erkundung des Endlagerstandortes sind die Daten über die Eigenschaften des Standortes, die für die Sicherheit des Endlagers wesentlich sind, qualitätsgesichert und in einem für den Sicherheitsnachweis ausreichenden Umfang zu erheben. Die Genauigkeit oder Variationsbreite der erhobenen Daten ist zu ermitteln und ihre mögliche Veränderung während der Errichtung, des Betriebs und der Stilllegung des Endlagers und des Nachweiszeitraumes abzuschätzen.

(2) § 15 Absatz 3 bis 5 gilt entsprechend.

## § 10

### Sicherheitskonzept

(1) In einem umfassenden Sicherheitskonzept ist darzulegen, wie das Ziel der Konzentration und des sicheren Einschlusses der radioaktiven Abfälle nach § 4 Absatz 1 erreicht werden soll. Dabei sind die gesamte Entwicklung des Endlagersystems während der Errichtung, des Betriebes und der Stilllegung sowie die zu erwartenden und abweichenden Entwicklungen des Endlagersystems im Nachweiszeitraum zu berücksichtigen. Die hypothetischen Entwicklungen sind nach den Maßgaben von § 3 Absatz 5 einzubeziehen.

(2) Grundlage des Sicherheitskonzeptes sind die Ergebnisse der umfassenden vorläufigen Sicherheitsuntersuchung nach § 18 Absatz 1 des Standortauswahlgesetzes. Als Basis für die Erstellung des Sicherheitskonzeptes sind die zu erwartenden Entwicklungen heranzuziehen. Die weiteren Entwicklungen sind nach Maßgabe von § 3 zu berücksichtigen. Änderungen gegenüber dem in der umfassenden vorläufigen Sicherheitsuntersuchung zu Grunde gelegten vorläufigen Sicherheitskonzept sind auszuweisen und zu begründen.

(3) Es ist darzustellen, dass die Optimierung des Sicherheitskonzeptes nach § 12 Absatz 2 abgeschlossen ist.

(4) Das Sicherheitskonzept muss eine Darstellung aller vorgesehenen Barrieren des Endlagersystems, insbesondere der wesentlichen Barrieren nach § 4 Absatz 3, ihrer jeweiligen Sicherheitsfunktionen und ihres Zusammenwirkens, enthalten. Die Darstellung umfasst auch ein Verschlusskonzept zur Abdichtung von Hohlräumen, nachdem diese mit radioaktiven Abfällen beladen worden sind. Es ist darzulegen, dass die Sicherheitsfunktionen des Endlagersystems und seiner Barrieren gegenüber inneren und äußeren Einflüssen und Störungen robust sind und dass das Verhalten der Barrieren gut prognostizierbar ist.

(5) Das Sicherheitskonzept hat im Übrigen zu enthalten:

1. einen Ablaufplan für die Errichtung, den Betrieb und die Stilllegung des Endlagers, der darlegt, wie die Betriebssicherheit des Endlagers sichergestellt werden kann und wie die radioaktiven Abfälle in einem sicheren Zustand gehalten werden können,
2. eine Darstellung der Maßnahmen, mit denen die Rückholbarkeit der eingelagerten radioaktiven Abfälle bis zum Beginn der Stilllegung gewährleistet wird,
3. eine Darstellung der Vorkehrungen, die zur Ermöglichung einer Bergung der eingelagerten radioaktiven Abfälle getroffen werden, und
4. die Maßnahmen, die erforderlich sind
  - a) zur Gewährleistung des erforderlichen Schutzes des Endlagers vor Störmaßnahmen und sonstigen Einwirkungen Dritter und
  - b) zur Überwachung von Kernmaterial.

## § 11

### Auslegung des Endlagers

(1) Die technische Auslegung des Endlagers ist aus dem Sicherheitskonzept abzuleiten und zu optimieren. Sie hat insbesondere Folgendes zu umfassen:

1. die Definition der wesentlichen Barrieren nach § 4 Absatz 3 unter Berücksichtigung der Endlagergebinde, der Einlagerungstechnik und der Einlagerungsgeometrie, dabei
  - a) im Falle des § 4 Absatz 3 Nummer 1 Lage und Abmessungen des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs oder
  - b) im Falle des § 4 Absatz 3 Nummer 2 Spezifikationen der wesentlichen technischen und geotechnischen Barrieren,
2. die Definition der weiteren Barrieren des Endlagersystems unter Berücksichtigung der Endlagergebinde, der Einlagerungstechnik und der Einlagerungsgeometrie,

3. die Positionierung und technische Ausführung der für die Einlagerung von Endlagergebünden bestimmten Hohlräume, der Zugangs- und Bewetterungsbauwerke und der Infrastrukturbereiche,
4. das Einlagerungskonzept, insbesondere Anordnung sowie Handhabung und Kontrolle der Endlagergebünde
5. die Maßnahmen zur Gewährleistung der Rückholbarkeit bereits eingelagerter Endlagergebünde und
6. die Stilllegungsmaßnahmen einschließlich der Verschlussmaßnahmen.

(2) Es ist darzustellen, dass die Optimierung der Auslegung des Endlagers nach § 12 Absatz 2 abgeschlossen ist.

(3) Bei der Auslegung der untertägigen Bereiche des Endlagers, insbesondere bei der Festlegung der Grenzen des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs oder im Fall des § 4 Absatz 3 Nummer 2 des Einlagerungsbereiches, sind alle Ergebnisse der Erkundung des Endlagerstandortes, insbesondere die geologischen Befunde der untertägigen Erkundung, einschließlich ihrer Ungewissheiten und deren Relevanz für die Sicherheit und Robustheit des Endlagersystems, zu berücksichtigen.

(4) Die Verletzung des Gebirges im Endlagerbereich und im Falle des § 4 Absatz 3 Nummer 1 insbesondere des vorgesehenen einschlusswirksamen Gebirgsbereiches mit Schächten, Auffahrungen oder Bohrungen ist auf das für die sichere Errichtung, den sicheren Betrieb und die sichere Stilllegung des Endlagers unvermeidliche Ausmaß zu beschränken.

(5) Für alle vorgesehenen technischen Komponenten des Endlagers sind die Bedingungen für einen sicheren Betrieb zu dokumentieren, zu begründen und bei der Auslegung des Endlagers zu berücksichtigen.

## § 12

### **Optimierung des Endlagersystems**

(1) Das Sicherheitskonzept und die technische Auslegung des Endlagers sind unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalls und unter Beachtung der Ausgewogenheit der Maßnahmen zur Erreichung folgender Ziele zu optimieren:

1. die Langzeitsicherheit des Endlagers, insbesondere Qualität des sicheren Einschlusses der radioaktiven Abfälle und Robustheit des Endlagersystems sowie
2. die Betriebssicherheit des Endlagers.

(2) Die Optimierung ist abgeschlossen, wenn eine weitere Verbesserung der Sicherheit nur mit unverhältnismäßigem Aufwand erreicht werden kann.

(3) Es ist sicherzustellen, dass Maßnahmen zur Optimierung des Endlagersystems, die aus abweichenden Entwicklungen nach § 3 Absatz 4 abgeleitet werden, die Sicherheit des Endlagers für die zu erwartenden Entwicklungen nach § 3 Absatz 3 nicht erheblich beeinträchtigen. Maßnahmen, die aus hypothetischen Entwicklungen nach § 3 Absatz 5 abgeleitet werden, dürfen die Sicherheit des Endlagers für die zu erwartenden und für die abweichenden Entwicklungen nicht erheblich beeinträchtigen. Die Optimierung zur Verringerung möglicher Auswirkungen von zukünftigen menschlichen Aktivitäten nach § 3 Absatz 7 ist nachrangig durchzuführen.

(4) Im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfungen nach § 9h Nummer 1 des Atomgesetzes in Verbindung mit § 19a Absatz 3 und 4 des Atomgesetzes ist eine erneute Optimierung auf der Grundlage umfassender Sicherheitsanalysen vorzunehmen. Dabei ist das Sicherheitskonzept des Endlagersystems nach dem Stand von Wissenschaft und Technik grundlegend zu überprüfen und ist eine Untersuchung möglicher Alternativen zum aktuellen Endlagersystem und seinen Komponenten durchzuführen; daraus sind mögliche

Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit des Endlagers abzuleiten. Erkenntnisse aus der Errichtung, dem Betrieb und der Stilllegung des Endlagers sind zu berücksichtigen.

(5) § 8 des Strahlenschutzgesetzes bleibt unberührt.

## **Abschnitt 4**

### **Rückholbarkeit und Ermöglichung einer Bergung**

#### **§ 13**

##### **Rückholbarkeit eingelagerter Endlagergebäude**

(1) Endlagergebäude, die in das Endlager eingelagert wurden, müssen bis zum Beginn der Stilllegung des Endlagers rückholbar sein.

(2) Die Rückholung ist so zu planen, dass der dafür voraussichtlich erforderliche technische und zeitliche Aufwand den der Einlagerung nicht unverhältnismäßig übersteigt. Die für eine Rückholung erforderlichen technischen Einrichtungen sind während des Betriebes vorzuhalten.

(3) Maßnahmen, die der Gewährleistung der Rückholbarkeit dienen, dürfen die Langzeitsicherheit des Endlagers nicht erheblich und nicht mehr als unvermeidlich beeinträchtigen.

#### **§ 14**

##### **Ermöglichung einer Bergung eingelagerter Endlagergebäude**

(1) Es sind ausreichende Vorkehrungen dafür zu treffen, dass eine Bergung der eingelagerten Endlagergebäude bis zu 500 Jahren nach dem geplanten Verschluss des Endlagers möglich ist.

(2) Die Vorkehrungen sind ausreichend, wenn für die zu erwartenden Entwicklungen des Endlagersystems

1. die eingelagerten Endlagergebäude bis zu 500 Jahren nach dem geplanten Verschluss des Endlagers
  - a) individuell aufgefunden und identifiziert werden können,
  - b) mechanisch so stabil sind, dass eine Handhabung ganzer Endlagergebäude möglich ist, und
  - c) bei ihrer Handhabung keine Freisetzung von radioaktiven Aerosolen erwarten lassen und
2. eine umfassende Dokumentation angelegt wird über
  - a) das aufgefahrene Endlagerbergwerk einschließlich seiner Stilllegung,
  - b) sämtliche eingelagerten Endlagergebäude einschließlich ihrer jeweiligen Beladung und Position im Endlagerbergwerk und
  - c) die prognostizierten möglichen Entwicklungen des Endlagersystems.

Die Dokumentation muss an mindestens zwei räumlich und organisatorisch voneinander getrennten Stellen möglichst langfristig verfügbar und lesbar gehalten werden.

(3) Maßnahmen, die der Ermöglichung einer Bergung dienen, dürfen die Langzeitsicherheit des Endlagers nicht erheblich und nicht mehr als unvermeidlich beeinträchtigen.



## **Abschnitt 5**

### **Errichtung, Betrieb und Stilllegung des Endlagers**

#### **§ 15**

##### **Errichtung des Endlagers**

(1) Die Errichtung des Endlagers umfasst alle Auffahrungen sowie die weiteren über- und untertägigen baulichen und technischen Maßnahmen, durch die das Endlager so vorbereitet wird, dass anschließend die Einlagerung von radioaktiven Abfällen erfolgen kann.

(2) Zur Errichtung des Endlagers zählen insbesondere

1. die Errichtung der übertägigen Betriebs- und Infrastrukturgebäude sowie der Einrichtungen zur zeitweiligen Lagerung und Handhabung von Endlagergebinden,
2. die Errichtung der Zugangs- und Bewetterungsbauwerke,
3. das Auffahren der untertägigen Infrastrukturbereiche und das Auffahren der Ansatzpunkte für Zugangsstrecken zu den Bereichen des Endlagerbergwerks, die für die Einlagerung von radioaktiven Abfällen vorgesehen sind,
4. die Installation und Erprobung aller technischen Einrichtungen, die für die Handhabung und Einlagerung von Endlagergebinden erforderlich sind, und
5. die Erprobung aller technischen Einrichtungen, die für eine mögliche Rückholung von eingelagerten Endlagergebinden erforderlich sind.

(3) Alle untertägigen Hohlräume sind gebirgsschonend aufzufahren und nach Gebrauch so zu verschließen, dass die für den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle relevanten Eigenschaften des Gebirges im Endlagerbereich, insbesondere des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs im Falle des § 4 Absatz 3 Nummer 1, erhalten bleiben.

(4) Alle geschaffenen oder bereits bestehenden Hohlräume und Bohrungen sind zu dokumentieren. Dies gilt auch für solche Hohlräume und Bohrungen, die nur vorübergehend bestehen oder die nur einen geringfügigen Umfang haben.

(5) Die Errichtung des Endlagers ist so zügig durchzuführen, wie dies unter Gewährleistung der erforderlichen Sicherheit möglich ist.

#### **§ 16**

##### **Betrieb des Endlagers, Voraussetzungen für die Genehmigung**

(1) Der Betrieb des Endlagers beginnt mit der erstmaligen Annahme von radioaktiven Abfällen an das Endlagerbergwerk zum Zweck der Endlagerung.

(2) Vor der Genehmigung des Betriebes müssen

1. die Errichtung des Endlagers abgeschlossen sein,
2. die Handhabung und Einlagerung von Endlagergebinden ohne radioaktive Beladung erfolgreich erprobt sein,
3. der Sicherheitsnachweis unter Berücksichtigung der abgeschlossenen Errichtung des Endlagers überprüft sein,
4. ein Konzept für die Stilllegung des Endlagers vorgelegt werden, das mit den zu Betriebsbeginn verfügbaren technischen Maßnahmen umgesetzt werden kann, und
5. die Speicherdaten gemäß § 38 des Standortauswahlgesetzes, die bislang für dieses Endlager angefallen sind, zum Zwecke der dauerhaften Speicherung an das Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit übermittelt werden.

(3) § 15 Absatz 3 bis 5 gilt entsprechend.

## § 17

### **Sicherheit während der Errichtung, des Betriebs und der Stilllegung des Endlagers; Anlagenzustände**

(1) Die für die Sicherheit des Endlagers relevanten Anlagenzustände während der Errichtung, des Betriebs und der Stilllegung sind systematisch zu ermitteln, zu beschreiben und einzuordnen als

1. Normalbetrieb,
2. anomaler Betrieb,
3. Auslegungsstörfälle oder
4. auslegungsüberschreitende Unfälle und Ereignisse.

(2) Für diese Anlagenzustände ist ein Konzept zu entwickeln und umzusetzen, das entsprechend gestaffelte Abwehr- und Schutzmaßnahmen vorsieht.

(3) In dem Konzept sind

1. für den Normalbetrieb Maßnahmen vorzusehen, die den bestimmungsgemäßen Betrieb des Endlagers gewährleisten und das Eintreten anderer Anlagenzustände vermeiden,
2. für den anomalen Betrieb Maßnahmen vorzusehen, die das Eintreten von Störfällen verhindern und das Endlager in den Normalbetrieb zurückführen,
3. für Auslegungsstörfälle Maßnahmen entsprechend § 104 Absatz 1 Satz 1 und 2 der Strahlenschutzverordnung vorzusehen, die den Störfall beherrschen und das Endlager in einen sichereren Anlagenzustand zurückführen,
4. für auslegungsüberschreitende Unfälle und Ereignisse Maßnahmen vorzusehen, die die Auswirkungen des Ereignisses auf die Umgebung soweit wie möglich begrenzen.

(4) Die Maßnahmen dürfen die Langzeitsicherheit des Endlagersystems nicht erheblich und nicht mehr als unvermeidlich beeinträchtigen.

## § 18

### **Einlagerung von radioaktiven Abfällen**

(1) Es dürfen nur solche Endlagergebinde in das Endlagerbergwerk eingebracht werden, bei denen der Dritte nach § 9a Absatz 3 Satz 2 zweiter Halbsatz des Atomgesetzes die Endlagerfähigkeit festgestellt hat.

(2) Der für die Einlagerung von radioaktiven Abfällen genutzte Bereich des Endlagerbergwerkes ist auf das notwendige Maß zu beschränken. Dieser Bereich ist jeweils zügig aufzufahren, zu beladen, zu verfüllen und gemäß dem Verschlusskonzept gegen das restliche Endlagerbergwerk zu verschließen.

(3) Die Handhabung von Endlagergebinden ist von den bergmännischen Arbeiten im Endlagerbergwerk und sonstigen baulichen Arbeiten auf dem Gelände des Endlagers zu trennen.

(4) Während des Betriebes muss gewährleistet sein, dass jederzeit unverzüglich die personellen, finanziellen und technischen Voraussetzungen für eine eventuell notwendige Teilumsetzung des Stilllegungskonzeptes geschaffen werden können, die das Endlager in einen passiv sicheren Zustand versetzt.

## § 19

### **Stilllegung des Endlagers, Voraussetzungen für die Genehmigung**

(1) Nach Abschluss der Einlagerung von radioaktiven Abfällen ist das Endlager so stillzulegen, dass das Endlagersystem den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle nach § 4 während des Nachweiszeitraumes passiv und wartungsfrei gewährleistet.

(2) Die Stilllegung des Endlagers umfasst insbesondere die möglichst vollständige Verfüllung aller untertägigen Hohlräume und ihren Verschluss sowie den Rückbau der die Langzeitsicherheit beeinträchtigenden technischen Einrichtungen.

(3) Vor der Genehmigung der planmäßigen Stilllegung müssen

1. die Speicherdaten gemäß § 38 des Standortauswahlgesetzes, die bislang für dieses Endlager angefallen sind, zum Zwecke der dauerhaften Speicherung an das Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit übermittelt werden,
2. der Sicherheitsnachweis unter Berücksichtigung der abgeschlossenen Einlagerung der radioaktiven Abfälle erneuert sein und
3. das Konzept für die Stilllegung des Endlagers nach § 16 Absatz 2 Nummer 4 gemäß dem Stand von Wissenschaft und Technik konkretisiert sein.

(4) § 15 Absätze 3 bis 5 gelten entsprechend.

## **Abschnitt 6**

### **Weitere Vorschriften**

## § 20

### **Überwachung des Endlagers und seiner Umgebung**

(1) Das Endlager und seine Umgebung sind im Rahmen eines Monitorings kontinuierlich zu überwachen. Das Monitoring hat insbesondere solche beobachtbaren Parameter zu überwachen, die frühzeitig auf Abweichungen von den zu erwartenden Entwicklungen des Endlagersystems hindeuten können. Bei der Festlegung der zu überwachenden Parameter sind die Ergebnisse der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen nach den §§ 14 Absatz 1, 16 Absatz 1 und 18 Absatz 1 des Standortauswahlgesetzes sowie die absehbaren zukünftigen Informationsbedürfnisse zu berücksichtigen.

(2) Das Monitoring ist vom Betreiber möglichst frühzeitig einzurichten. Es beginnt spätestens mit der Erkundung des Endlagerstandortes nach § 9. Die Ergebnisse des Monitorings sind zu dokumentieren.

(3) Das Monitoring ist ab seinem Beginn in zehnjährigen Abständen systematisch fortzuschreiben. Nach der Erteilung der Genehmigung nach § 9b Absatz 1a des Atomgesetzes erfolgt die Fortschreibung im Rahmen der periodischen Sicherheitsüberprüfungen nach § 9h des Atomgesetzes in Verbindung mit § 19a Absätze 3 und 4 des Atomgesetzes. In jeder Fortschreibung sind die jeweils bestehenden Zugangsmöglichkeiten zu den radioaktiven Abfällen sowie mögliche Fortentwicklungen der Erkenntnismethoden und Erkenntnismöglichkeiten zu berücksichtigen. In jeder Fortschreibung ist auch aufzuzeigen, welcher Entwicklungsbedarf für die verwendeten und möglichen neuen Monitoring-Methoden besteht und wie dieser berücksichtigt werden soll.

(4) Die Maßnahmen des Monitorings dürfen die Sicherheit des Endlagers zu keinem Zeitpunkt erheblich beeinträchtigen.

## § 21

### **Endlagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen am selben Standort**

(1) Durch eine zusätzliche Endlagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen am selben Standort

1. darf die Robustheit des Endlagersystems für die hochradioaktiven Abfälle für zu erwartende Entwicklungen nicht erheblich beeinträchtigt werden und
2. dürfen sich mögliche Austragungen von Radionukliden aus den hochradioaktiven Abfällen für die abweichenden Entwicklungen nicht erheblich erhöhen.

(2) Für die Endlagerung der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle ist an diesem Standort ein separates Endlagerbergwerk aufzufahren. Zwischen der technischen Infrastruktur dieses Endlagerbergwerkes und der technischen Infrastruktur des Endlagerbergwerkes für hochradioaktive Abfälle dürfen keine wesentlichen wechselseitigen Abhängigkeiten oder nachteiligen Beeinflussungen bestehen. Die übertägige Handhabung und Behandlung der hochradioaktiven Abfälle und der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle sind voneinander zu trennen. Die über Satz 1 bis 3 hinausgehenden Anforderungen an die Betriebs- und Langzeitsicherheit des Endlagers für schwach- und mittelradioaktive Abfälle sind nicht Gegenstand dieser Verordnung.

(3) Absatz 2 gilt nicht für geringe Mengen schwach- und mittelradioaktiver Abfälle, deren Volumen deutlich kleiner ist als das Volumen der an diesem Standort einzulagernden hochradioaktiven Abfällen. Für diese geringen Mengen schwach- und mittelradioaktiver Abfälle gelten die Bestimmungen dieser Verordnung mit Ausnahme der §§ 13 und 14 entsprechend.

## Anlage

Zu § 8 Absatz 2

### Berechnung des Neutronenmultiplikationsfaktors

#### Teil A: Anforderungen an die Bestimmung der reaktivsten Anordnung

Zum Ausschluss einer sich selbst tragenden Kettenreaktion ist jeweils die reaktivste Anordnung der Abfälle zu berücksichtigen. Die reaktivste Anordnung ist die Anordnung, die zum größten Wert des berechneten Neutronenmultiplikationsfaktors  $k_{\text{eff, calc}}$  inklusive der Summe  $\sigma_k$  aller seiner Ungewissheiten führt.

Bei der Ermittlung der reaktivsten Anordnung sind die Bandbreiten

- der element- und isotoopenweisen Zusammensetzungen,
- der physikalischen und chemischen Beschaffenheiten der hoch radioaktiven Abfälle und
- der in Teil B genannten reaktivitätsrelevanten Gebindeparameter

zu berücksichtigen. Außerdem sind alle zu erwartenden und abweichenden Entwicklungen des Endlagersystems mit den damit verbundenen geologischen, geophysikalischen und geochemischen Prozessen über den gesamten Nachweiszeitraum auf die Reaktivität der eingelagerten Spaltstoffe hin zu untersuchen und bei der Ermittlung der reaktivsten Anordnung zu berücksichtigen.

Bei der Ermittlung der reaktivsten Anordnung ist die Veränderung der hoch radioaktiven Abfälle während des Nachweiszeitraumes, insbesondere auf Grund des radioaktiven Zerfalls und der im betrachteten Endlagersystem ablaufenden Prozesse zu berücksichtigen. Zu diesen Prozessen gehören auch der Stofftransport und die mögliche daraus resultierende Akkumulation von Spaltstoffen.

Abdeckende oder andere konservative Annahmen dürfen für den gesamten Nachweiszeitraum oder abschnittsweise verwendet werden, wenn diese für den jeweils unterstellten Zeitraum hinreichend begründet sind. Die Anwendung nicht begründeter Überkonservativitäten ist nicht zulässig.

Die eingesetzten Berechnungsprogramme und Stoffdatenbanken müssen dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen und diesbezüglich qualifiziert sein.

#### Teil B: Berechnung zum Ausschluss einer sich selbst tragenden Kettenreaktion

Eine sich selbst tragende Kettenreaktion im Nachweiszeitraum gilt als ausgeschlossen, wenn der berechnete Neutronenmultiplikationsfaktor  $k_{\text{eff, calc}}$  inklusive der Summe  $\sigma_k$  aller seiner Ungewissheiten für die reaktivste zu betrachtende Anordnung von hoch radioaktiven Abfällen das Akzeptanzkriterium

$$k_{\text{eff, calc}} + \sigma_k < 0,95$$

erfüllt.

Das Rechenmodell zur Berechnung von  $k_{\text{eff, calc}}$  hat relevante reaktivitätsbeeinflussende Größen der realen Anordnung zu berücksichtigen. Die relevanten Größen umfassen mindestens:

1. die Menge der Spaltstoffe sowie ihre element- und isotoopenweise Zusammensetzung,
2. Neutronen moderierende oder reflektierende Stoffe in, zwischen und um den Spaltstoffanordnungen,
3. die geometrische Anordnung aller beteiligten Materialien,
4. die Temperatur der Anordnung.

Die Berücksichtigung von reaktivitätsmindernden Einflussfaktoren ist in dem Maße zulässig, wie ihr Vorhandensein im jeweils unterstellten Zeitraum gewährleistet werden kann.

Folgende Größen des jeweils zu Grunde liegenden Rechenmodells sind bei der Ermittlung der Summe der Ungewissheiten  $\sigma_k$  mindestens zu berücksichtigen:

1. Ungewissheiten bei den eingesetzten Wirkungsquerschnitten,
2. Ungewissheiten hinsichtlich der Spaltstoffmenge,
3. Ungewissheiten hinsichtlich der element- und isotoopenweisen Zusammensetzung der Spaltstoffe,
4. Ungewissheiten hinsichtlich der Art, Zusammensetzung und Konzentration der übrigen Materialien, insbesondere der Neutronen moderierenden, reflektierenden oder absorbierenden Stoffe,
5. Auswirkungen von Ungewissheiten in der Berechnung der für den Ausschluss von Kritikalität wesentlichen geologischen, geophysikalischen und geochemischen Prozesse im Endlagersystem und
6. bekannte systematische Abweichungen in den verwendeten Berechnungsprogrammen.

Die Ungewissheiten sowie ihre wechselseitigen Abhängigkeiten und Wechselwirkungen sind durch Unsicherheits- und Sensitivitätsanalysen zu untersuchen.

## **Artikel 2**

# **Verordnung über Anforderungen an die Durchführung der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen im Standortauswahlverfahren für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle (Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung – EndlSiUntV)**

### **Abschnitt 1**

#### **Allgemeine Vorschriften**

##### **§ 1**

##### **Anwendungsbereich**

Der Vorhabenträger nach § 3 des Standortauswahlgesetzes hat die vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen im Standortauswahlverfahren für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle nach den Regelungen dieser Verordnung durchzuführen. Die Vorschriften der Verordnung über Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle (Endlagersicherheitsanforderungsverordnung) bleiben hiervon unberührt.

##### **§ 2**

##### **Begriffsbestimmungen**

Für diese Verordnung sind die Begriffsbestimmungen nach § 2 des Standortauswahlgesetzes sowie nach § 2 der Endlagersicherheitsanforderungsverordnung anzuwenden.

##### **§ 3**

##### **Untersuchungsraum**

(1) Untersuchungsräume sind die in den vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen jeweils zur Bewertung als möglicher Endlagerstandort ausgewiesenen räumlichen Bereiche.

(2) Für jedes Teilgebiet, jede Standortregion oder jeden Standort ist mindestens ein Untersuchungsraum auszuweisen. Überlagern sich in einem Teilgebiet, einer Standortregion oder an einem Standort mehrere potenzielle Wirtsgesteine, für die jeweils eigene vorläufige Sicherheitsuntersuchungen durchgeführt werden sollen, oder sollen für ein Wirtsgestein mehrere vorläufige Sicherheitskonzepte untersucht werden, so ist die Ausweisung mehrerer Untersuchungsräume zulässig.

(3) Für jeden Untersuchungsraum ist nur ein vorläufiges Sicherheitskonzept vorzusehen und eine vorläufige Sicherheitsuntersuchung durchzuführen.

##### **§ 4**

##### **Allgemeine Anforderungen an die vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen**

(1) Jede vorläufige Sicherheitsuntersuchung ist in einem Bericht zusammenzufassen und muss mindestens die in den §§ 5 bis 12 aufgeführten Inhalte umfassen. Bezüge zu nachgeordneten Unterlagen sind in einem Dokumentstrukturplan darzustellen.

(2) Zu den endzulagernden radioaktiven Abfällen müssen alle Informationen herangezogen werden, die für die Durchführung der jeweiligen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen erforderlich sind. Diese umfassen insbesondere Informationen zu Menge, Art, Zusammensetzung und Aktivität der radioaktiven Abfälle.

(3) Die weiterentwickelten vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen bauen auf den repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen für den jeweiligen Untersuchungsraum auf; die umfassenden vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen bauen auf den weiterentwickelten vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen für den jeweiligen Untersuchungsraum auf. Sie sind auf der Basis der jeweils vorher für diesen Untersuchungsraum durchgeführten vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen weiterzuentwickeln. Wesentliche Änderungen insbesondere am vorläufigen Sicherheitskonzept und an der vorläufigen Auslegung des Endlagers sind zu dokumentieren, zu begründen und in ihren Auswirkungen zu beschreiben.

(4) In allen repräsentativen, allen weiterentwickelten und allen umfassenden vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen ist bei den Teilschritten nach §§ 5 bis 12 und Annahmen jeweils auf eine konsistente Vorgehensweise zu achten, insbesondere ist jeweils eine einheitliche Berechnungsgrundlage für die Dosisabschätzung nach § 9 Absatz 1 Nummer 3 anzuwenden. Die zusammenfassenden Berichte nach Absatz 1 sind jeweils einheitlich zu strukturieren und so aufzubereiten, dass sie als Grundlage für eine vergleichende Bewertung der Untersuchungsräume nutzbar sind.

## **Abschnitt 2**

### **Struktur der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen**

#### **§ 5**

##### **Geosynthese**

(1) Für jede vorläufige Sicherheitsuntersuchung ist eine Geosynthese zu erstellen. Der Umfang der dokumentierten geowissenschaftlichen Informationen muss das für die jeweilige vorläufige Sicherheitsuntersuchung erforderliche Maß abdecken.

(2) Die Geosynthese enthält die Zusammenführung und Interpretation aller geowissenschaftlichen Informationen zu einem Untersuchungsraum mit dem Ziel einer konsistenten Darstellung insbesondere der für die Sicherheit des Endlagers relevanten geowissenschaftlichen Gegebenheiten.

(3) Informationen, die außerhalb des Untersuchungsraums gewonnen wurden, sind zu kennzeichnen. Ihre Übertragbarkeit auf den Untersuchungsraum und die Notwendigkeit der Übertragung sind zu begründen.

#### **§ 6**

##### **Vorläufiges Sicherheitskonzept und vorläufige Auslegung des Endlagers**

(1) Für den Untersuchungsraum ist ein vorläufiges Sicherheitskonzept entsprechend § 10 der Endlagersicherheitsanforderungsverordnung in der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchung zu erstellen und in der weiterentwickelten und umfassenden vorläufigen Sicherheitsuntersuchung weiter zu entwickeln.

(2) Eine vorläufige Auslegung des Endlagers entsprechend § 11 der Endlagersicherheitsanforderungsverordnung ist unter Zugrundelegung des vorläufigen Sicherheitskonzeptes nach Absatz 1 zu entwickeln.



(3) In jeder vorläufigen Sicherheitsuntersuchung ist das Endlagersystem entsprechend § 12 der Endlagersicherheitsanforderungsverordnung zu optimieren. Es ist darzustellen, welche Optimierungsmaßnahmen in die vorläufige Auslegung des Endlagers im jeweils aktuellen Stand eingegangen sind.

(4) Für die repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen ist abweichend von Absatz 2 in Übereinstimmung mit dem vorläufigen Sicherheitskonzept nach Absatz 1 folgende vorläufige Auslegung des Endlagers ausreichend:

1. die Beschreibung der wesentlichen Barrieren nach § 4 Absatz 3 der Endlagersicherheitsanforderungsverordnung, deren grundlegende Eigenschaften und deren räumliche Erstreckung sowie der weiteren Barrieren des Endlagersystems,
2. die abdeckende Größe und geplante Tiefenlage des Endlagerbergwerkes, einschließlich möglicher Zugangs- und Bewetterungsbauwerke und der Infrastrukturbereiche,
3. die geplante Art der Einlagerung,
4. mögliche Maßnahmen zur Gewährleistung der Rückholbarkeit bereits eingelagerter Endlagergebinde,
5. mögliche Verschluss- und Versatzmaßnahmen und
6. mögliche Maßnahmen zur Geringhaltung der Schädigung der wesentlichen Barrieren während der Erkundung, der Errichtung, dem Betrieb und der Stilllegung des Endlagers.

## § 7

### **Systemanalyse**

(1) Grundlage für die umfassende Analyse des geplanten Endlagersystems im Untersuchungsraum sind die Geosynthese nach § 5, das vorläufige Sicherheitskonzept nach § 6 Absatz 1 und die vorläufige Auslegung des Endlagers nach § 6 Absatz 2.

(2) Die relevanten möglichen Entwicklungen des Endlagersystems im Nachweiszeitraum sind nach Maßgabe des § 3 der Endlagersicherheitsanforderungsverordnung zu ermitteln, zu beschreiben und einzuordnen; hypothetische Entwicklungen sind zu beschreiben. Dabei ist jeweils eine grundsätzlich einheitliche Methodik für alle repräsentativen, alle weiterentwickelten und alle umfassenden vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen anzuwenden.

(3) Die betriebliche Sicherheit und die Langzeitsicherheit des Endlagers sind nach §§ 8 und 9 zu analysieren.

(4) Für den Untersuchungsraum ist darzulegen, welche Relevanz die einzelnen Abwägungskriterien nach Anlage 1 bis 11 des Standortauswahlgesetzes für die Beurteilung des jeweiligen Endlagersystems haben. Dabei ist zu unterscheiden nach:

1. der Bedeutung des Kriteriums für die Sicherheitsfunktionen des vorgesehenen Endlagersystems und seiner Komponenten,
2. der aktuellen Kenntnis der lokalen Sachverhalte zum jeweiligen Abwägungskriterium und
3. dem Potenzial für den Erkenntnisgewinn zum jeweiligen Kriterium aufgrund künftiger Erkundungstätigkeiten.

(5) Es ist auch zu beurteilen, inwiefern die zusätzliche Endlagerung größerer Mengen schwach- und mittellradioaktiver Abfälle unter Berücksichtigung der Anforderungen nach § 21 der Endlagersicherheitsanforderungsverordnung im gleichen Untersuchungsraum möglich ist. Als Indikator kann ein ausreichendes Volumen der im Untersuchungsraum vorkommenden potenziellen Wirtsgesteine herangezogen werden.

(6) Für die repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen ist abweichend von Absatz 1 bis 4 folgendes Vorgehen zu wählen:

1. auf Basis der geowissenschaftlichen Langzeitprognose sind geogene Einwirkungen und Prozesse zu identifizieren und zu bewerten sowie daraus zu erwartende und abweichende Entwicklungen abzuleiten;
2. es ist davon auszugehen, dass technische und geotechnische Barrieren ihre Funktion grundsätzlich über den jeweils vorgesehenen Zeitraum erfüllen, sofern dies nach dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik nicht ausgeschlossen erscheint;
3. für die zu erwartenden Entwicklungen sind in Verbindung mit der vorläufigen Auslegung des Endlagers für den Nachweiszeitraum anhand überschlägiger Abschätzungen und Analogiebetrachtungen folgende Punkte zu bewerten:
  - a) räumliche Charakterisierbarkeit des Endlagersystems,
  - b) langfristige Stabilität der geologischen Verhältnisse,
  - c) thermische Verhältnisse im Endlagersystem,
  - d) Flächenbedarf zur Realisierung des Endlagerbergwerkes,
  - e) Möglichkeit zur Ausweisung eines einschlusswirksamen Gebirgsbereichs und
  - f) Abschätzung, ob der sichere Einschluss der Radionuklide nach § 4 der Endlager-sicherheitsanforderungsverordnung durch Zusammenwirken verschiedener Si-cherheitsfunktionen innerhalb der wesentlichen Barrieren möglich erscheint;
4. es ist die grundsätzliche Möglichkeit eines sicheren Betriebes darzustellen, jedoch keine vollständige betriebliche Sicherheitsanalyse durchzuführen;
5. es ist keine Abschätzung der zusätzlichen jährlichen effektiven Dosis für Einzelperso-nen der Bevölkerung vorzunehmen.

## § 8

### **Betriebliche Sicherheitsanalyse**

(1) Die betriebliche Sicherheitsanalyse hat alle Anlagenzustände des Endlagers ein-schließlich der übertägigen Anlagen während der Errichtung, des Betriebes und der Stille-gung nach § 17 der Endlagersicherheitsanforderungsverordnung zu erfassen.

(2) Bei der betrieblichen Sicherheitsanalyse

1. ist die Wahrscheinlichkeit von äußeren und inneren Einwirkungen auf die sicherheits-bezogenen Systeme, Teilsysteme und Einzelkomponenten, von Ausfällen dieser Sys-teme, Teilsysteme und Einzelkomponenten und von Abweichungen dieser Systeme, Teilsysteme und Einzelkomponenten vom Normalbetrieb nach § 17 der Endlagersicherheitsanforderungsverordnung abzuschätzen,
2. sind die Auswirkungen der Einwirkungen, Ausfälle und Abweichungen nach Nummer 1 auf die jeweils zugehörigen Sicherheitsfunktionen zu analysieren und
3. sind die Auswirkungen der untersuchten Einwirkungen, Ausfälle und Abweichungen nach Nummer 1 auf die Betriebs- und Langzeitsicherheit darzustellen.

## § 9

### **Langzeitsicherheitsanalyse**

(1) Die Langzeitsicherheitsanalyse muss den gesamten Nachweiszeitraum von einer Million Jahren ab dem vorgesehenen Verschluss des Endlagers umfassen und mindestens die folgenden Bereiche abdecken:

1. den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle nach § 4 der Endlagersicherheitsanforderungsverordnung,
2. im Falle
  - a) des § 4 Absatz 3 Nummer 1 der Endlagersicherheitsanforderungsverordnung die Integrität und Robustheit des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches nach § 5 der Endlagersicherheitsanforderungsverordnung oder
  - b) des § 4 Absatz 3 Nummer 2 der Endlagersicherheitsanforderungsverordnung die Integrität und Robustheit der wesentlichen technischen und geotechnischen Barrieren nach § 6 der Endlagersicherheitsanforderungsverordnungsowie die Robustheit der weiteren Barrieren und sonstigen Komponenten des Endlagersystems,
3. die Abschätzung der Dosiswerte nach § 7 der Endlagersicherheitsanforderungsverordnung und
4. den Ausschluss von Kritikalität nach § 8 der Endlagersicherheitsanforderungsverordnung.

Bei der Langzeitsicherheitsanalyse ist das Verhalten des Endlagersystems als Ganzes zu betrachten und entsprechend der zu erwartenden und der abweichenden Entwicklungen des Endlagersystems darzustellen.

(2) Für die Analyse des Verhaltens des Endlagersystems im Nachweiszeitraum sind hinreichend qualifizierte numerische Rechnungen auf der Basis einer realitätsnahen Modellierung durchzuführen.

## § 10

### **Umfassende Bewertung des Endlagersystems**

Ausgehend von den Ergebnissen der Systemanalyse nach § 7 sind die Sicherheit des Endlagersystems sowie seine Robustheit zu bewerten. Dies umfasst insbesondere die Bewertung, inwiefern für den jeweiligen Untersuchungsraum in Verbindung mit dem zugeordneten vorläufigen Sicherheitskonzept zu erwarten ist, dass die Anforderungen an den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle nach § 4 der Endlagersicherheitsanforderungsverordnung erfüllt werden können.

## § 11

### **Bewertung von Ungewissheiten**

(1) Die zum Zeitpunkt der Erstellung der jeweiligen vorläufigen Sicherheitsuntersuchung bestehenden Ungewissheiten sind systematisch auszuweisen und dahingehend zu charakterisieren, auf welchen Sachverhalten oder Kenntnisdefiziten sie beruhen. Hierbei sind auch Verknüpfungen von Ungewissheiten untereinander sowie Ungewissheiten der Modellierung nach § 9 Absatz 2 zu berücksichtigen. Aufgrund von Ungewissheiten getroffene Annahmen sind darzulegen und zu begründen.

(2) Der Umgang mit den Ungewissheiten und deren Auswirkungen auf die Aussagekraft des Ergebnisses der vorläufigen Sicherheitsuntersuchung, insbesondere der Einfluss auf die Zuverlässigkeit der sicherheitsgerichteten Aussagen, sind zu dokumentieren.

(3) Es ist darzulegen, ob und in welchem Umfang Ungewissheiten durch weitere Erkundungs- oder Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen reduziert werden könnten und welcher Einfluss auf die Aussagen nach Absatz 2 zu erwarten ist.

## § 12

### **Ableitung des Erkundungs- sowie Forschungs- und Entwicklungsbedarfs**

(1) Anhand der Ergebnisse der vorläufigen Sicherheitsuntersuchung und der Bewertung der Ungewissheiten nach § 11 sind

1. aufbauend auf die gemäß § 11 identifizierten geowissenschaftlichen Kenntnisdefizite im Untersuchungsraum standortbezogene Erkundungsbedarfe zu identifizieren,
2. Forschungs- und Entwicklungsbedarfe zu identifizieren und hinsichtlich ihrer Relevanz für die Sicherheit des Endlagersystems zu priorisieren.

(2) In den weiterentwickelten vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen ist zusätzlich darzustellen, welche in den umfassenden vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen für den jeweiligen Untersuchungsraum zu klärenden Kenntnisdefizite für die fachliche Beurteilung des jeweiligen Endlagersystems als Prüfkriterium nach § 16 Absatz 2 Standortauswahlgesetz geeignet erscheinen.

## **Artikel 3**

### **Inkrafttreten**

Diese Verordnung tritt am Tag nach der Verkündung in Kraft.

## **Begründung**

### **A. Allgemeiner Teil**

#### **I. Zielsetzung und Notwendigkeit der Regelungen**

§ 26 Absatz 3 sowie § 27 Absatz 6 des Standortauswahlgesetzes (StandAG) enthalten Verordnungsermächtigungen zum Erlass von Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle bzw. Anforderungen an die Durchführung von vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen im Standortauswahlverfahren für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle. Dort ist auch jeweils geregelt, dass die Verordnungen spätestens zum Zeitpunkt der Durchführung repräsentativer vorläufiger Sicherheitsuntersuchungen nach § 14 Absatz 1 Satz 2 StandAG vorliegen müssen. Diese Sicherheitsuntersuchungen finden im Anschluss an den Zwischenbericht des Vorhabenträgers, der Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE), nach § 13 Absatz 2 Satz 3 StandAG statt, der seitens der BGE für das Jahr 2020 angekündigt wurde. Dementsprechend ist ein Inkrafttreten der Verordnungen bis Ende 2019 anzustreben.

#### **II. Wesentlicher Inhalt des Entwurfs**

Artikel 1 des Entwurfs basiert auf den Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle des Bundesumweltministeriums aus dem Jahr 2010 (BMU-SiAnf 2010). Die Kommission „Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe“ beim deutschen Bundestag (Endlagerkommission) hat ihrem gesetzlichen Auftrag entsprechend auch über diese Sicherheitsanforderungen beraten und eine Expertenanhörung hierzu durchgeführt. In ihrem Abschlussbericht (BT-Drs. 18/9100) kommt die Endlagerkommission zu dem Ergebnis, dass die BMU-SiAnf 2010 grundsätzlich dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen. In einzelnen Punkten hat die Endlagerkommission jedoch Empfehlungen zur Überarbeitung abgegeben.

Dementsprechend werden die materiellen Regelungen der BMU-SiAnf 2010 in Artikel 1 im Wesentlichen fortgeführt. Abweichungen sind insbesondere in der mittlerweile geänderten Rechtslage, vor allem den Regelungen des Standortauswahlgesetzes, sowie den entsprechenden Empfehlungen der Endlagerkommission begründet. Darüber hinaus ergeben sich teilweise weitreichende Änderungen in den verwendeten Formulierungen, dem Detaillierungsgrad sowie der Strukturierung, die aus den formalen Ansprüchen an Regelungen auf Verordnungsebene resultieren.

Artikel 2 regelt das Vorgehen bei der Durchführung von vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen im Standortauswahlverfahren für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle. Gemäß StandAG sind solche vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen im Laufe des Auswahlverfahrens insgesamt dreimal für alle jeweils noch im Verfahren befindlichen Gebiete durchzuführen. Sie bilden eine wesentliche Grundlage für die Entscheidung, welche Gebiete für die vertiefte Untersuchung in der jeweils nächsten Phase des Verfahrens bzw. als endgültiger Standort vorgeschlagen werden.

Die Regelungen der in Artikel 2 orientieren sich am international üblichen Vorgehen bei der Erstellung eines sog. „Safety Case“ und den entsprechenden Empfehlungen der Endlagerkommission (BT-Drs. 18/9100).

#### **III. Alternativen**

Keine. Die Regelung der Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle sowie der Anforderungen an die Durchführung vorläufiger Sicherheitsanforderungen durch entsprechende Rechtsverordnungen ist durch die §§ 26 Absatz 3 und 27 Absatz 6 StandAG vorgegeben.

#### **IV. Gesetzgebungskompetenz**

Gemäß Artikel 73 Absatz 1 Nummer 14 des Grundgesetzes hat der Bund die ausschließliche Gesetzgebung über die Beseitigung radioaktiver Stoffe. Die Ermächtigungsgrundlage in §§ 26 Absatz 3 und 27 Absatz 6 StandAG bezieht sich auf das Bundesumweltministerium.

#### **V. Vereinbarkeit mit dem Recht der Europäischen Union und völkerrechtlichen Verträgen**

Die Richtlinie 2011/70/Euratom über einen Gemeinschaftsrahmen für die verantwortungsvolle und sichere Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle sowie das gemeinsame Übereinkommen über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle legen jeweils die Grundlagen für die sichere Entsorgung radioaktiver Abfälle und abgebrannter Brennelemente fest. Diese werden durch weitere Sicherheitsstandards der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEA), insbesondere die *Specific Safety Requirements SSR-5: Disposal of Radioactive Waste* und den speziell auf die tiefengeologische Endlagerung bezogenen *Specific Safety Guide SSG-14: Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste*, konkretisiert.

Dieser Entwurf hat die genannten europarechtlichen Vorgaben und Sicherheitsstandards der Internationalen Atomenergie-Organisation zur Grundlage, die dort formulierten Anforderungen sind, sofern einschlägig, umgesetzt. Er geht aber insoweit über diese hinaus, als dass er einen deutlich höheren Detaillierungsgrad aufweist.

#### **VI. Gesetzesfolgen**

##### **1. Rechts- und Verwaltungsvereinfachung**

Die Verordnung über Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle (Artikel 1) löst die BMU-SiAnf 2010 ab. Diese bezogen sich nur auf Endlager in den Wirtsgesteinen Steinsalz und Tongestein, nach § 1 Absatz 3 des Standortauswahlgesetzes kommt zusätzlich das Wirtsgestein Kristallingestein in Betracht. Dies wird in Artikel 1 dieses Entwurfes zusätzlich berücksichtigt.

##### **2. Nachhaltigkeitsaspekte**

Nach § 1 Absatz 2 StandAG ist ein Ziel der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle die Vermeidung unzumutbarer Lasten für zukünftige Generationen. Dies soll durch die Endlagerung der hochradioaktiven Abfälle in einem Endlagerbergwerk in tiefen geologischen Formationen erreicht werden, nach dessen endgültigem Verschluss keinerlei Wartungs- oder Nachsorgearbeiten erforderlich sind.

Artikel 1 dieses Entwurfs legt die Anforderungen fest, denen ein Endlager entsprechen muss, um das genannte Ziel der Nachsorgefreiheit erfüllen zu können. Die Anforderungen an die Durchführung der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gewährleisten, dass schon vor dem eigentlichen Genehmigungsverfahren für das Endlager dessen Sicherheitsaspekte einschließlich der Nachsorgefreiheit umfassend geprüft werden.

##### **3. Haushaltsausgaben ohne Erfüllungsaufwand**

Für Bund, Länder und Kommunen fallen durch diese Verordnung keine Haushaltsaufgaben ohne Erfüllungsaufwand an.

##### **4. Erfüllungsaufwand**

Diese Verordnung dient zur Konkretisierung der sicherheitstechnischen Anforderungen an ein Endlager für hochradioaktive Abfälle (Artikel 1), welches nach § 9a Absatz 3 des Atomgesetzes durch den Bund einzurichten ist, sowie der Anforderungen an die Durchführung der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen im Standortauswahlverfahren für dieses Endla-

ger (Artikel 2), die nach §§ 14 Absatz 1, 16 Absatz 1 und 18 Absatz 1 StandAG durchzuführen sind. Insofern entsteht durch diese Verordnung kein über das Atomgesetz und das Standortauswahlgesetz hinausgehender Erfüllungsaufwand.

## **5. Weitere Kosten**

Keine. Ein Einfluss der Verordnung auf das Preisniveau, insbesondere das Verbraucherpreisniveau, ist nicht zu erwarten.

## **6. Weitere Gesetzesfolgen**

Keine.

## **VII. Befristung; Evaluierung**

Nach § 26 Absatz 3 bzw. § 27 Absatz 6 StandAG sind die Verordnungen über Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle sowie über die Anforderungen an die Durchführung vorläufiger Sicherheitsuntersuchungen spätestens alle zehn Jahre zu überprüfen und, soweit erforderlich, an den Stand von Wissenschaft und Technik anzupassen.

## **B. Besonderer Teil**

### **Zu Artikel 1 (Verordnung über Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle)**

#### **Zu Abschnitt 1 (Allgemeine Vorschriften)**

#### **Zu § 1 (Anwendungsbereich)**

##### **Zu Absatz 1**

Der Anwendungsbereich dieser Verordnung ergibt sich aus § 1 Absatz 2 Satz 1 StandAG.

##### **Zu Absatz 2**

Die in § 1 Absatz 6 StandAG niedergelegte „gleiche bestmögliche Sicherheit des Standortes“ als Bedingung für die zusätzliche Endlagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen am nach dem StandAG auszuwählenden Standort erstreckt den Geltungsbereich auf die Konkretisierung der Bedingungen, unter denen diese zusätzliche Endlagerung zulässig ist.

#### **Zu § 2 (Begriffsbestimmungen)**

##### **Zu Nummer 1**

Der Begriff des Nachweiszeitraumes ist aus § 1 Absatz 2 StandAG abgeleitet.

##### **Zu Nummer 2**

Der Begriff der Endlagergebinde bezeichnet die Form, in der radioaktive Abfälle im Endlagerbergwerk gehandhabt und eingelagert werden.

##### **Zu Nummer 3**

Der Begriff der Barrieren ist abgeleitet aus den Begriffsbestimmungen nach § 2 Nummer 7 und 8 StandAG.

##### **Zu Nummer 4**

Der Begriff der wesentlichen Barrieren bezeichnet diejenigen Barrieren, auf denen das Endlagersystem entsprechend § 4 im Wesentlichen beruht und die für den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle eine herausgehobene Rolle spielen.

#### **Zu Nummer 5**

Der Begriff der weiteren Barrieren bezeichnet diejenigen Barrieren des Endlagersystems, die keine wesentlichen Barrieren sind. Die weiteren Barrieren können dabei unter Umständen auch nur mittelbar eine Ausbreitung von Radionukliden be- oder verhindern, zum Beispiel in dem sie andere Barrieren vor externen Einwirkungen schützen.

#### **Zu Nummer 6**

Der Begriff der Langzeitsicherheit ist aus § 1 Absatz 2 StandAG abgeleitet.

#### **Zu Nummer 7**

Die Bestimmung des Begriffes der Robustheit ist inhaltlich aus den BMU-SiAnf 2010 übernommen. Der dort zusätzlich adressierte Aspekt der Unempfindlichkeit der Ergebnisse der Sicherheitsanalyse gegenüber Abweichungen von den zu Grunde gelegten Annahmen ist für die Zwecke dieser Verordnung entbehrlich, da hier der Begriff der Robustheit nicht in Bezug auf Sicherheitsanalysen verwendet wird. Die Robustheit des Endlagersystems zeigt sich aber faktisch unter anderem an diesen Eigenschaften der Sicherheitsanalysen.

#### **Zu Nummer 8**

Die Bestimmung des Begriffes der Integrität ist inhaltlich aus den BMU-SiAnf 2010 übernommen.

#### **Zu Nummer 9**

Die Bestimmung des Begriffes der Sicherheitsfunktion ist inhaltlich aus den BMU-SiAnf 2010 übernommen.

#### **Zu Abschnitt 2 (Langzeitsicherheit)**

#### **Zu § 3 (Zu berücksichtigende mögliche und postulierte Entwicklungen des Endlagersystems)**

##### **Zu Absatz 1**

Eine systematische Ableitung und Einordnung der möglichen Entwicklungen des Endlagersystems ist erforderlich, um die jeweilige Relevanz der Entwicklungen für die Auslegung und Optimierung des Endlagers zu bewerten. Durch ein systematisches Vorgehen nach dem internationalen Stand von Wissenschaft und Technik, beispielsweise unter Einbeziehung so genannter FEP-Kataloge („Features, Events and Processes“) und der systematischen Betrachtung von Sicherheitsfunktionen soll sichergestellt werden, dass die identifizierten möglichen Entwicklungen die tatsächliche zukünftige Entwicklung des Endlagers abdecken. Dies bedeutet jedoch nicht, dass der Anspruch erhoben wird, die tatsächliche Entwicklung exakt zu prognostizieren. Daher ist mindestens eine zu erwartende Entwicklung (als Referenzentwicklung) sowie, im Rahmen der Optimierung, abweichende Entwicklungen verbindlich bei der Auslegung des Endlagers zu berücksichtigen.

##### **Zu Absatz 2**

Die Festlegung eines Nachweiszeitraumes mit der Dauer von einer Million Jahren ergibt sich aus der Forderung der bestmöglichen Sicherheit des nach StandAG auszuwählenden Standortes für eine Million Jahre nach § 1 Absatz 2 StandAG.

##### **Zu Absatz 3**

Die zu erwartenden Entwicklungen beinhalten alle Eigenschaften, Ereignisse und Prozesse, über die insbesondere auf Grund geologischer und klimatischer Erkenntnisse aus der Vergangenheit geschlussfolgert werden kann, dass sie innerhalb des Nachweiszeitraumes einmal oder wiederholt eintreten werden und das Endlagersystem oder seine geologische Umgebung betreffen. Es werden keine Werte für die voraussichtliche Eintrittswahrscheinlichkeit dieser Entwicklungen oder von Eigenschaften, Ereignissen und Prozessen vorgegeben, da die Einstufung der Entwicklungen an Hand streng rechnerisch abgeleiteter Wahrscheinlichkeiten in der Praxis nur in Ausnahmefällen möglich erscheint und für die Bewertung der Sicherheit eines Endlagersystems nicht zielführend ist.



#### **Zu Absatz 4**

Die abweichenden Entwicklungen umfassen im Wesentlichen die „weniger wahrscheinlichen Entwicklungen“ der BMU-SiAnf 2010. Wie auch für die zu erwartenden Entwicklungen werden keine konkreten Werte für deren Eintrittswahrscheinlichkeit vorgegeben. Zusammen mit den zu erwartenden Entwicklungen sollen die abweichenden Entwicklungen alle zukünftigen Entwicklungen des Endlagersystems abdecken, die innerhalb der Grenzen der praktischen Vernunft möglich erscheinen.

Die Endlagerkommission hat explizit eine Überprüfung der in den BMU-SiAnf 2010 vorgenommenen Unterteilung der betrachteten Entwicklungen in die Wahrscheinlichkeitsklassen „wahrscheinlich“/„weniger wahrscheinlich“/„unwahrscheinlich“ empfohlen, insbesondere hinsichtlich der Abstufung zwischen „wahrscheinlich“ und „weniger wahrscheinlich“. Diese Fragen wurden im Zuge der Erarbeitung dieses Verordnungsentwurfes intensiv in verschiedenen Expertenkreisen erörtert. Im Ergebnis wurde die Abgrenzung der verschiedenen Kategorien in der nun vorliegenden Weise neu gefasst, die sich an der praktischen Bedeutung der jeweiligen Kategorien für die Auslegung und Optimierung des Endlagersystems anstelle von abstrakten Wahrscheinlichkeiten orientiert. Dementsprechend ist auch die Abstufung zwischen zu erwartenden und abweichenden Entwicklungen erforderlich, damit bei der Auslegung und Optimierung des Endlagersystems zu erwartenden Entwicklungen die gebührende Priorität eingeräumt wird. Andernfalls wäre damit zu rechnen, dass die Sicherheit der Endlagerung für diese Entwicklungen durch eine Optimierung bezüglich wenig plausibler, aber nicht vollends auszuschließender Entwicklungen konterkariert würde.

#### **Zu Absatz 5**

Die zusätzliche Betrachtung von hypothetischen Entwicklungen ergänzend zu den Entwicklungen nach Absatz 3 und 4 ist als hypothetischer „Stresstest“ für das Endlagersystem aufzufassen. Diese dienen im Wesentlichen dem Systemverständnis und können dadurch Wege zur Erhöhung der Robustheit des Endlagersystems aufzeigen.

#### **Zu Absatz 6**

Beispiele für hypothetische Entwicklungen, die nach den Maßgaben des Absatz 5 zu betrachten sein könnten, wären das systematische „Ausschalten“ einzelner Barrieren des Endlagersystems in der numerischen Modellierung. Daraus können ggf. Erkenntnisse zur Wichtigkeit der jeweiligen Barrieren für das gesamte Endlagersystem und ihren Wechselwirkungen mit anderen Barrieren abgeleitet werden.

#### **Zu Absatz 7**

Entwicklungen auf der Basis zukünftiger menschlicher Aktivitäten und unbeabsichtigten menschlichen Eindringens in das Endlager lassen sich aufgrund ihrer Unvorhersagbarkeit nicht systematisch ableiten. Daher ist die nach internationalem Stand von Wissenschaft und Technik übliche Vorgehensweise, sogenannte „stylized scenarios“, hier sinngemäß übersetzt mit Referenzentwicklungen, zu betrachten. Neben dem unbeabsichtigten menschlichen Eindringen zum Beispiel durch Tiefbohrungen in Unkenntnis des vorhandenen Endlagers sind weitere menschliche Aktivitäten, die in unbeabsichtigter Weise für die Sicherheit des Endlagers relevant sein können, beispielsweise der Bau von Talsperren.

Zukünftige menschliche Aktivitäten, die absichtlich auf das Endlager einwirken, insbesondere absichtliches Eindringen in das Endlager, sind nicht zu betrachten. Diese Aktivitäten erfolgen notwendigerweise in Kenntnis des vorhandenen Endlagers und somit zumindest indirekt auch seines Gefahrenpotenzials. Sie sind daher vollständig von den zukünftig lebenden Menschen zu verantworten, die diese Aktivitäten planen und durchführen.

#### **Zu § 4 (Sicherer Einschluss der radioaktiven Abfälle)**

Diesem Paragraphen liegen im Wesentlichen die vier wesentlichen Anforderungen an das Sicherheitskonzept („*Design Concepts for Safety*“) für die Endlagerung radioaktiver Abfälle entsprechend des Regelwerkes der IAEA zu Grunde (SSR-5, dort die *Requirements* 7 bis 10). Diese sind in der Reihenfolge ihrer Auflistung multiple Sicherheitsfunktionen („*Multiple safety functions*“), Einschluss der radioaktiven Abfälle („*Containment of radioactive waste*“),

Isolation der radioaktiven Abfälle („*Isolation of radioactive waste*“) sowie Überwachung und Kontrolle der passiven Sicherheitsvorkehrungen („*Surveillance and control of passive safety features*“). Letztere werden in Anforderung 5 als passive Maßnahmen für die Sicherheit des Endlagers („*Passive means for the safety of the disposal facility*“) noch einmal gesondert adressiert. Dabei stellen die Anforderungen 8 und 9 (Einschluss und Isolation der radioaktiven Abfälle) Zielvorgaben dar, die Anforderungen 7 und 10 (Multiple Sicherheitsfunktionen und passive Sicherheitsvorkehrungen mit angemessener Kontrolle ihrer Funktionsfähigkeit) beziehen sich auf die Maßnahmen zur Erreichung dieser Ziele.

#### **Zu Absatz 1**

Einschluss und Isolation der radioaktiven Abfälle von der Biosphäre als übergeordnetes Ziel der tiefeingeologischen Endlagerung folgen der entsprechenden Festlegung in IAEA: „*The objective of geological disposal of radioactive waste is to provide containment and isolation of the radionuclides in the waste from the biosphere. [...]*“ (SSG-14, Absatz 4.7). Dementsprechend wird hier auf die übergeordneten Anforderungen 8 und 9 aus SSR-5 (s.o.) Bezug genommen.

#### **Zu Absatz 2**

Hier wird auf die Anforderungen 7 (Multiple Sicherheitsfunktionen) und 5 bzw. 10 (Passive Sicherheitsvorkehrungen) aus SSR-5 (s.o.) Bezug genommen. Diese benennen die Maßnahmen, mit denen der Einschluss und die Isolation der radioaktiven Abfälle erreicht werden sollen. Dabei kann die Staffelung verschiedener Barrieren sowohl räumlich, beispielsweise in Form eines Systems Endlagerbehälter – Hohlraumverfüllung – Schachtverschluss, als auch zeitlich erfolgen. Letzteres ist zum Beispiel erforderlich, wenn eine Barriere, die vor allem langfristig wirken soll, erst nach einer gewissen Zeit ihre volle Wirksamkeit erreicht und bis dahin durch temporäre Barrieren ergänzt werden muss.

#### **Zu Absatz 3**

Ein Endlagersystem, mit dem der sichere Einschluss der radioaktiven Abfälle gewährleistet wird, kann nach § 23 Absätze 1 und 4 StandAG entweder auf einem einschlusswirksamen Gebirgsbereich oder im Fall des Wirtsgesteins Kristallingestein wesentlich auf technischen und geotechnischen Barrieren beruhen. Um beide Fälle erfassen zu können wird der Begriff der „wesentlichen Barrieren“ eingeführt, der diejenigen Barrieren bezeichnet, die für den sicheren Einschluss unverzichtbar sind und dementsprechend ihre Funktion langfristig erfüllen müssen. Da die wesentlichen Barrieren zentral für das Sicherheitskonzept des Endlagers sind, kommt ihnen im zu führenden Sicherheitsnachweis besondere Bedeutung zu.

#### **Zu Nummer 1**

Dieser Fall beinhaltet alle Endlagersysteme, die wesentlich auf einem einschlusswirksamen Gebirgsbereich beruhen. Nach § 23 Absatz 1 StandAG sind solche Endlagersysteme in allen drei in Betracht kommenden Wirtsgesteinen zulässig.

#### **Zu Nummer 2**

Dieser Fall beinhaltet die Endlagersysteme, die nach § 23 Absatz 4 StandAG wesentlich auf technischen und geotechnischen Barrieren beruhen, da an deren vorgesehenem Standort kein einschlusswirksamer Gebirgsbereich ausgewiesen werden kann. Dies ist nach § 23 Absatz 1 StandAG jedoch nur für das Wirtsgestein Kristallingestein zulässig.

#### **Zu Absatz 4**

Dieser Absatz konkretisiert den nach Absatz 1 geforderten Einschluss der radioaktiven Abfälle innerhalb der wesentlichen Barrieren sowohl in qualitativer als auch in quantitativer Hinsicht. Zum einen sollen die eingelagerten Radionuklide innerhalb des Bereiches der wesentlichen Barrieren eingeschlossen und weitgehend immobilisiert werden. Dies verhindert, dass selbst bei Entwicklungen, in denen die wesentlichen Barrieren möglicherweise verletzt werden, unmittelbar größere Mengen an Radionukliden austreten und trägt damit zur Robustheit des Endlagersystems bei. Außerdem wird verhindert, dass im Sicherheitsnachweis

das radiologische Schutzziel nach § 7 durch eine Verdünnung und Rückhaltung ausgetretener Radionuklide im Deckgebirge erreicht werden kann. Vielmehr muss der Einschluss der radioaktiven Abfälle durch die wesentlichen Barrieren gewährleistet werden. Dabei ergibt sich aus den Absätzen 1 bis 4, dass der Bereich der wesentlichen Barrieren möglichst klein gewählt werden sollte. Dies erleichtert auch die Bewertung der Robustheit des Endlagers.

Darüber hinaus werden unter den Nummern 1 und 2 zwei Indikatoren für das Einschlussvermögen etabliert, deren Einhaltung für die zu erwartenden Entwicklungen im Sicherheitsnachweis zu belegen ist. Diese Indikatoren quantifizieren den Aspekt des Einschlusses der radioaktiven Abfälle innerhalb der wesentlichen Barrieren. Durch die Einhaltung der Indikatoren wird gewährleistet, dass der weit überwiegende Anteil der Radionuklide aus den hochradioaktiven Abfällen während des Nachweiszeitraumes innerhalb der wesentlichen Barrieren verbleibt. Dabei gibt der Indikator nach Nummer 1 eine obere Grenze für die im Nachweiszeitraum insgesamt zulässigen Austragungen an.

#### **Zu Nummer 1**

Der Zahlenwert von  $10^{-4}$  für den maximal zulässigen Anteil der Masse der Radionuklide, der über den gesamten Nachweiszeitraum ausgetragen werden darf, wurde ursprünglich in einer Voruntersuchung der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (Bericht GRS-A-3405) für die BMU-SiAnf 2010 vorgeschlagen. Abgeleitet wurde dieser Wert dort aus dem Einschluss- und Rückhaltevermögen eines hypothetischen einschlusswirksamen Gebirgsbereiches im Wirtsgestein Tongestein mit einer Mächtigkeit von 100 m.

Dabei wurde – anders als in dieser Verordnung – jedoch der Stoffmengen- und nicht der Massenanteil zu Grunde gelegt. An der Aussagefähigkeit des Indikatorwertes ändert sich dabei wenig, da die Atommassen der relevanten Radionuklide sich nur wenig voneinander unterscheiden. Ein Abstellen auf die Masse der Radionuklide hat jedoch den Vorteil, dass die aktuellen Verzeichnisse radioaktiver Abfälle ebenfalls die Massen erfassen und dass die Gesamtmasse der Radionuklide einschließlich der Zerfallsprodukte – anders als ihre Stoffmenge – über den Nachweiszeitraum näherungsweise konstant ist. Die Masse der Radionuklide bildet also eine robustere Bezugsgröße.

Im Rahmen der Erarbeitung dieser Verordnung wurde der angesetzte Zahlenwert von  $10^{-4}$  an Hand von aktualisierten Modellrechnungen überprüft, bei denen die einschlägigen Zahlenwerte der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien nach § 24 StandAG (insbesondere die Anlagen 1, 2 und 9) als Eingangsparameter zu Grunde gelegt wurden.

#### **Zu Nummer 2**

Zusätzlich erfasst der Indikator unter Nummer 2 Austragungen von Radionukliden jahresscharf, sodass mögliche Austragungsspitzen innerhalb einzelner Jahre auf höchstens das Zehnfache der im Mittel über den gesamten Nachweiszeitraum zulässigen Austragung beschränkt.

#### **Zu Absatz 5**

Das Endlagersystem soll so robust ausgestaltet werden, dass selbst für abweichende Entwicklungen die Sicherheit der radioaktiven Abfälle noch in ausreichendem Maße gegeben ist und Austragungen von Radionukliden aus den radioaktiven Abfällen gering gehalten werden. Dies wird durch den Dosiswert für abweichende Entwicklungen in § 7 Absatz 2 quantifiziert.

Auf ein robustes Endlagersystem ist insbesondere im Rahmen der Optimierung hinzuwirken: Die Auslegung des Endlagersystems erfolgt auf der Grundlage der zu erwartenden Entwicklungen (entsprechend § 12 Absatz 3); die Optimierung hat den vorrangigen Zweck, die Robustheit des Endlagersystems gegenüber Entwicklungen zu erhöhen, die von den zu Grunde gelegten Annahmen abweichen.

## **Zu § 5 (Integrität und Robustheit des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches als wesentlicher Barriere)**

### **Zu Absatz 1**

Im Fall des § 4 Absatz 2 Nummer 1 stellt ein (oder mehrere) einschlusswirksamer Gebirgsbereich die wesentliche Barriere dar und muss daher im Zusammenwirken mit seinen technischen und geotechnischen Verschlüssen den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle langfristig gewährleisten. Insofern sind an den Nachweis seiner Integrität und die Begründung seiner Robustheit gesonderte Anforderungen zu stellen, die in diesem Paragraphen konkretisiert werden. Eine Voraussetzung um diesen Nachweis schlüssig führen zu können ist die eindeutige räumliche Festlegung des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches unter Berücksichtigung von § 23 Absatz 5 StandAG. Entsprechend dem Ziel der Konzentration der radioaktiven Abfälle nach § 4 Absatz 1 sollten die Ausmaße des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches dabei nicht unnötig groß gewählt werden. Zur Robustheit können Eigenschaften des Endlagersystems beitragen, die zur Führung der nach dieser Verordnung geforderten Nachweise zwar nicht erforderlich sind, aber über das geforderte Maß hinaus die Sicherheit des Endlagers erhöhen.

Damit der einschlusswirksame Gebirgsbereich seinen Zweck erfüllen kann, müssen die in ihm geschaffenen oder bereits vorhandenen Hohlräume, insbesondere die Zugangsstrecken und/oder –schächte, nach Abschluss der Einlagerung von radioaktiven Abfällen mit entsprechenden technischen und geotechnischen Barrieren verschlossen werden. Deren Verschlussfunktion ist aber – je nach vorgesehenem Endlagersystem – unter Umständen nicht während des gesamten Nachweiszeitraumes erforderlich. Insbesondere Endlagersysteme in den Wirtsgesteinen Steinsalz und Tongestein können darauf ausgerichtet sein, dass im einschlusswirksamen Gebirgsbereich Konvergenz- und Selbstheilungsprozesse in einem solchen Umfang ablaufen, dass der einschlusswirksame Gebirgsbereich nach einer gewissen Übergangszeit den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle eigenständig gewährleistet. Dennoch muss sichergestellt sein, dass die technischen und geotechnischen Barrieren ihre für den Einschluss relevanten Eigenschaften mindestens über den für sie im Sicherheitskonzept vorgesehenen Zeitraum aufweisen.

### **Zu Absatz 2**

Dieser Absatz listet die konkreten Nachweispflichten zum Nachweis der Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches auf. Diese sind im Wesentlichen aus Abschnitt 7.2.1 der Sicherheitsanforderungen von 2010 übernommen. Dabei ist jedoch das dort als zweiter Punkt aufgeführte Kriterium entfallen, wonach im einschlusswirksamen Gebirgsbereich vorhandenes Porenwasser nicht am hydrogeologischen Kreislauf teilnehmen darf. Dieses Kriterium ist durch die Kriterien nach den Nummern 1 bis 3 abgedeckt. Außerdem wurden die Auswirkungen der durch die Errichtung des Endlagerbergwerkes möglicherweise veränderten chemischen Verhältnisse auf den einschlusswirksamen Gebirgsbereich in den Sicherheitsanforderungen von 2010 nicht adressiert. Eine gesonderte Betrachtung dieser Frage ist jedoch fachlich geboten, da mit dem Abfallinventar, den Endlagerbehältern, dem Streckenausbau und –versatz etc. große Mengen an Material in das Gebirge eingebracht werden, die mit dem Wirtsgestein chemisch in Wechselwirkung treten können. Diese Auswirkungen müssen daher nach der Nummer 5 nun zusätzlich betrachtet werden.

### **Zu Absatz 3**

Da der einschlusswirksame Gebirgsbereich den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle langfristig gewährleisten muss, darf es langfristig keine Wegsamkeiten geben, über die Radionuklide aus dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich austreten können. Daher müssen sämtliche Hohlräume innerhalb des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches spätestens im Zuge der Stilllegung des Endlagers wirksam abgedichtet und verschlossen werden.

### **Zu Absatz 4**

Um den Nachweis der Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches schlüssig führen zu können, müssen die dem Nachweis zu Grunde gelegten Eigenschaften der zu sei-

nem Verschluss vorgesehenen technischen und geotechnischen Barrieren spezifiziert werden. Außerdem ist zu zeigen, dass die vorgesehenen technischen und geotechnischen Barrieren tatsächlich mit den geforderten Eigenschaften hergestellt und errichtet werden können.

## **Zu § 6 (Integrität und Robustheit der technischen und geotechnischen Barrieren als wesentliche Barrieren)**

### **Zu Absatz 1**

Im Fall des § 4 Absatz 2 Nummer 2 muss ein System aus technischen und geotechnischen Barrieren den sicheren Einschluss langfristig gewährleisten. Insofern sind an den Nachweis seiner Integrität und die Begründung seiner Robustheit gesonderte Anforderungen zu stellen, die in diesem Paragraphen konkretisiert werden. Zur Robustheit können Eigenschaften des Endlagersystems beitragen, die zur Führung der nach dieser Verordnung geforderten Nachweise zwar nicht erforderlich sind, aber über das geforderte Maß hinaus die Sicherheit des Endlagers erhöhen.

Damit das System aus technischen und geotechnischen Barrieren langfristig seinen Zweck erfüllen kann, müssen auch die weiteren Barrieren des Endlagersystems ihre für den Einschluss relevanten Eigenschaften mindestens über den Zeitraum aufweisen, während dessen sie jeweils im Nachweis der Integrität belastet werden. Besondere Bedeutung kommt hierbei dem kristallinen Wirtsgestein im Einlagerungsbereich zu, da dieses und das darin enthaltene Grundwasser die chemischen Verhältnisse bestimmt, denen die wesentlichen technischen und geotechnischen Barrieren während des Nachweiszeitraumes ausgesetzt sind, und durch seine Standfestigkeit und mechanische Schutzwirkung die grundlegenden Voraussetzungen für die langfristige Funktionsfähigkeit der technischen und geotechnischen Barrieren liefert

### **Zu Absatz 2**

Dieser Absatz listet die Prozesse auf, auf die beim Nachweis der Integrität des Systems aus technischen und geotechnischen Barrieren im Besonderen einzugehen ist. Deren jeweilige Ausprägung wird im Einklang mit den möglichen Entwicklungen nach § 3 Absatz 1, also den zu erwartenden und den abweichenden Entwicklungen, abgeleitet. Grund für die Nennung der Prozesse unter den Nummern 1 bis 3 ist, dass diese nach aktuellem Stand von Wissenschaft und Technik am ehesten das Potenzial haben, die Sicherheitsfunktionen technischer und geotechnischer Barrieren zu beeinträchtigen. Darüber hinaus sind aber auch weitere Prozesse und Effekte zu berücksichtigen, sofern diese einen schädlichen Einfluss auf die Sicherheitsfunktionen des Barrierensystems haben können.

### **Zu Absatz 3**

Um den Nachweis der Integrität des Systems der technischen und geotechnischen Barrieren schlüssig führen zu können, müssen die dem Nachweis zu Grunde gelegten Eigenschaften der einzelnen technischen und geotechnischen Barrieren spezifiziert werden. Außerdem ist zu zeigen, dass die vorgesehenen technischen und geotechnischen Barrieren tatsächlich mit den geforderten Eigenschaften in der erforderlichen Anzahl qualitätsgesichert hergestellt und errichtet werden können.

## **Zu § 7 (Dosiswerte im Nachweiszeitraum)**

### **Zu Absatz 1**

Nach § 26 Absatz 2 Nummer 1 Satz 2 StandAG muss sichergestellt werden, dass mögliche Expositionen, die auf die endgelagerten Radionuklide zurückzuführen sind, während des gesamten Nachweiszeitraumes geringfügig im Vergleich zur natürlichen Strahlenexposition sind. Der hierfür relevante Indikator ist die zusätzliche jährliche effektive Dosis, der eine repräsentative Einzelperson der Bevölkerung ausgesetzt wird. Die Einzelheiten der Dosisabschätzung regelt eine entsprechende Berechnungsgrundlage.

Die Migration von Radionukliden, die in den baulichen und technischen Komponenten des Endlagersystems oder im umgebenden Gebirge natürlich vorkommen, ist bei dieser Abschätzung jedoch nicht zu berücksichtigen.

Als wesentliche Annahme für die Dosisabschätzung ist für den gesamten Nachweiszeitraum von den Lebensbedingungen zum Zeitpunkt der Nachweisführung auszugehen. Dies umfasst die zu diesem Zeitpunkt in Mitteleuropa üblichen Lebensgewohnheiten und Wirtschaftsweisen. Von einer Zugrundelegung prognostizierter zukünftiger Lebensbedingungen wird ausdrücklich abgesehen, da für nachfolgende Generationen dasselbe Schutzniveau zu gewährleisten ist wie für die derzeit (bzw. zum Zeitpunkt der Nachweisführung) lebende Bevölkerung. Dies soll jedoch nicht auf einer entsprechend prognostizierten Änderung der Lebensbedingungen beruhen können. Darüber hinaus erscheint eine Prognose der menschlichen Lebensbedingungen für eine Million Jahre nicht seriös erstellbar.

## **Zu Absatz 2**

Die in diesem Absatz festgelegten Dosiswerte, deren Beachtung im Rahmen des Sicherheitsnachweises zu zeigen ist, definieren das durch ein Endlager zu erreichende Schutzniveau.

Die zusätzliche effektive Dosis, die für zu erwartende Entwicklungen höchstens im Bereich von 10  $\mu\text{Sv}$  pro Kalenderjahr liegen darf, entspricht dem Dosiskriterium für die Freigabe radioaktiver Stoffe nach § 31 Absatz 2 der Strahlenschutzverordnung und damit für die Entlassung aus der atomrechtlichen Überwachung. Die Wahl dieses Wertes ergibt sich aus der Tatsache, dass ein Endlager nach seinem Verschluss aus der atomrechtlichen Überwachung zu entlassen ist, um unzumutbare Lasten für nachfolgende Generationen zu vermeiden. Die zulässige jährliche Dosis von 10  $\mu\text{Sv}$  kann im Vergleich zur natürlichen Strahlenbelastung, die in Deutschland durchschnittlich ca. 2 100  $\mu\text{Sv}$  pro Kalenderjahr beträgt, abhängig vom Wohnort und der individuellen Ernährungs- und Lebensweise jedoch von 1 000  $\mu\text{Sv}$  bis 10 000  $\mu\text{Sv}$  pro Kalenderjahr reicht, als geringfügig angesehen werden. (Quelle der Dosiswerte für die natürliche Strahlenbelastung: Bundesamt für Strahlenschutz). Dies entspricht weiterhin den Aussagen der Richtlinie ICRP-104, wonach jährliche Dosen zwischen 10-100  $\mu\text{Sv}$  als vernachlässigbar angesehen werden (Trivialdosen).

Für abweichende Entwicklungen ist ein zusätzlicher effektiver Dosiswert von 100  $\mu\text{Sv}$  pro Kalenderjahr zu beachten, der jedoch immer noch deutlich unterhalb der natürlichen Strahlenbelastung liegt. Die weniger restriktive Anforderung für abweichende Entwicklungen folgt dem Gedanken, die Auslegung und Optimierung des Endlagersystems vornehmlich an den zu erwartenden Entwicklungen auszurichten. Wie auch in der Begründung zu § 3 Absatz 3 ausgeführt soll so verhindert werden, dass wenig plausible abweichende Entwicklungen die Optimierung des Endlagersystems dominieren.

Dieses abgestufte Vorgehen entspricht darüber hinaus auch dem Ansatz, der beim Betrieb von kerntechnischen Anlagen angewandt wird: hier beträgt der Grenzwert für die Exposition der Bevölkerung nach § 80 Absatz 1 des Strahlenschutzgesetzes im Normalbetrieb 1 000  $\mu\text{Sv}$  pro Kalenderjahr, als Störfallplanungswert sind jedoch nach § 104 Absatz 1 Nummer 1 der Strahlenschutzverordnung 50 000  $\mu\text{Sv}$  zulässig, also das 50-fache der im Normalbetrieb zulässigen Jahresdosis.

## **Zu § 8 (Ausschluss von Kritikalität)**

### **Zu Absatz 1**

Die Möglichkeit einer selbst tragenden Kettenreaktion (Kritikalität) des in den eingelagerten hochradioaktiven Abfällen enthaltenen spaltbaren Materials ist auszuschließen, da eine solche Reaktion die Sicherheit des Endlagers unzulässig beeinträchtigen kann. In einem solchen Fall kann es zu hohen Energiefreisetzungen kommen, in deren Konsequenz die abfallnahen Barrieren des Endlagersystems ihre vorgesehene Funktion nicht mehr vollständig erfüllen könnten.

Der geforderte Ausschluss über den gesamten Nachweiszeitraum folgt den einschlägigen Empfehlungen der IAEA (SSG-14 und SSR-5). Es ist zu beachten, dass der Neutronenmultiplikationsfaktor durch zeitliche Veränderungen der hoch radioaktiven Abfälle sowie durch geologische, geophysikalische oder geochemische Prozesse unterliegt. Somit sollte jeder zu erwartende und abweichende Entwicklungspfad des Endlagersystems mit den damit verbundenen geologischen, geophysikalischen und geochemischen Prozessen über den gesamten Nachweiszeitraum auf seinen Einfluss auf die Reaktivität der eingelagerten Spaltstoffe hin zu untersucht werden. Gemäß den internationalen Empfehlungen der IAEA (SSG-23) kann daher der Nachweiszeitraum in geeignete Zeitabschnitte unterteilt und der Ausschluss von Kritikalität für jeden in diesem Abschnitt gültigen Entwicklungspfad separat gezeigt werden.

#### **Zu Absatz 2**

Als Indikator für den Nachweis der Unterkritikalität dient der Neutronenmultiplikationsfaktor, der die mittlere Anzahl der durch eine Kernspaltung ausgelösten Folgespaltungen angibt. Ist dieser Faktor kleiner als 1, liegt keine Kritikalität vor. Der hier festgelegte Grenzwert von 0,95 enthält dementsprechend einen Sicherheitszuschlag. Einzelheiten zur Berechnung des Neutronenmultiplikationsfaktors aus der Anordnung des spaltbaren Materials und weiteren beeinflussenden Größen sind der Anlage aufgeführt.

### **Zu Abschnitt 3 (Erkundung des Endlagerstandortes und Planung des Endlagers)**

#### **Zu § 9 (Erkundung des Endlagerstandortes)**

##### **Zu Absatz 1**

Vor der Errichtung des Endlagers ist eine umfassende Erkundung des Standortes, insbesondere der dortigen geologischen Situation, erforderlich, um das vorgesehene Endlagersystem optimal an die Standortgegebenheiten anpassen zu können. Die Erkundung des Standortes beginnt zwar schon im Standortauswahlverfahren, es ist aber davon auszugehen, dass auch nach der Festlegung des Standortes noch Erkundungsbedarf besteht. Dieser hat jedoch ein deutlich anderes Niveau als die im Standortauswahlverfahren erforderliche Erkundung. Die Erkundungsmaßnahmen zielen nicht mehr darauf ab, ob der Standort grundsätzlich geeignet ist (dies wurde schon im Auswahlverfahren gezeigt), sondern wie das Endlager dort im Sinne seiner ingenieurtechnischen Auslegung optimal zu realisieren ist.

##### **Zu Absatz 2**

Schon bei der Erkundung muss sichergestellt sein, dass durchgeführte Maßnahmen die Sicherheit der späteren Endlagerung nicht konterkarieren.

#### **Zu § 10 (Sicherheitskonzept)**

##### **Zu Absatz 1**

Das Sicherheitskonzept eines Endlagersystems gibt die wesentliche Strategie wieder, mit der der sichere Einschluss der radioaktiven Abfälle und damit die übergeordneten Schutzziele an einem konkreten Standort erreicht werden sollen. Es umfasst insbesondere die wesentlichen Barrieren und ihr Zusammenwirken unter Ausnutzung der geologischen und sonstigen Standortgegebenheiten.

Dabei ist von den Ergebnissen der umfassenden vorläufigen Sicherheitsuntersuchung für den Endlagerstandort im vorgelagerten Standortauswahlverfahren auszugehen, da der Standort maßgeblich auf der Grundlage dieser vorläufigen Sicherheitsuntersuchung ausgewählt wurde. Insbesondere wurde der vorläufigen Sicherheitsuntersuchung ein vorläufiges Sicherheitskonzept zu Grunde gelegt, an Hand dessen die Sicherheit des Standortes untersucht wurde. Insofern ist der Endlagerstandort unter Annahme eines vorläufigen Sicherheitskonzeptes ausgewählt worden, weshalb eben dieses vorläufige Sicherheitskonzept maßgeblich für das der Genehmigung des Endlagers zu Grunde zu legende Sicherheitskonzept ist.

Dies entspricht auch der Anforderung der schrittweisen Optimierung des Sicherheitskonzeptes nach § 26 Absatz 3 Nummer 3 StandAG, die auf eine Kontinuität des Sicherheitskonzeptes über Standortauswahlverfahren, Errichtung, Betrieb und Stilllegung des Endlagers – entsprechend dem jeweiligen Verfahrens- und Kenntnisstand – abzielt. Vor jedem wesentlichen Schritt in der Realisierung des Endlagers ist zudem zu zeigen, dass die Optimierung des Sicherheitskonzeptes entsprechend dem jeweiligen Verfahrens- und Kenntnisstand im Sinne von § 12 Absatz 2 abgeschlossen ist.

#### **Zu Absatz 2**

Hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung des Endlagersystems sind für die Entwicklung eines Sicherheitskonzeptes für ein Endlager die zu erwartenden Entwicklungen zu Grunde zu legen. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass davon auszugehen ist, dass sie die tatsächliche Entwicklung abdeckend beschreiben. Daher ist das Sicherheitskonzept im Hinblick auf diese Entwicklungen zu erstellen. Die weiteren Entwicklungen nach § 3 tragen vornehmlich im Rahmen der Optimierung des Sicherheitskonzeptes zur Steigerung seiner Robustheit bei. Dies darf jedoch nicht dazu führen, dass die Sicherheit des Endlagers für die zu erwartenden Entwicklungen konterkariert wird. Entsprechende Regelungen finden sich auch in § 12 bezüglich der Optimierung des Endlagersystems.

#### **Zu Absatz 3**

Zum Zeitpunkt des Genehmigungsantrages muss das Sicherheitskonzept soweit wie möglich optimiert sein.

#### **Zu Absatz 4**

Zentral für den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle sind die für das Endlager vorgesehenen Barrieren und ihr Zusammenwirken. Dementsprechend bildet deren Konzeption den Kern des Sicherheitskonzeptes. Ein wesentliches Qualitätsmerkmal der Barrieren ist ihre Robustheit, auf die daher in besonderem Maße hinzuwirken ist.

#### **Zu Absatz 5**

Errichtung, Betrieb und Stilllegung des Endlagers haben den Zweck, die für den langfristigen sicheren Einschluss erforderlichen Maßnahmen umzusetzen und sind dementsprechend im Sicherheitskonzept zu planen. Darüber hinaus ist während dieser aktiven Maßnahmen natürlich auch die Sicherheit von Personal und Betrieb zu gewährleisten. Hier sind neben allgemeinen Aspekten des Arbeitsschutzes speziell die Bereiche des Strahlenschutzes sowie der bergtechnischen Sicherheit zu beachten.

Die Rückholbarkeit bereits eingelagerter Endlagergebäude während der Betriebsphase sowie Vorkehrungen zur Ermöglichung einer Bergung für 500 Jahre nach dem geplanten Verschluss des Endlagers sind nach § 26 Absatz 2 Nummer 3 StandAG vorzusehen und daher im Sicherheitskonzept zu berücksichtigen. Spezifische Anforderungen für diese beiden Aspekte finden sich in §§ 13 und 14.

Neben der kerntechnischen Sicherheit des Endlagers sind auch der Schutz vor Störmaßnahmen und sonstigen Einwirkungen Dritter sowie die Überwachung von Kernmaterial schon bei der Erstellung des Sicherheitskonzeptes zu berücksichtigen und in dieses zu integrieren (*safety and security by design*). Dabei sind jeweils die einschlägigen Regelungen zu beachten.

#### **Zu § 11 (Auslegung des Endlagers)**

##### **Zu Absatz 1**

Die Auslegung des Endlagers ist die konkrete technische Planung, nach der das Sicherheitskonzept nach § 10 realisiert wird. Während das Sicherheitskonzept auf einer zu weiten Teilen qualitativ-argumentativen Ebene beschrieben wird, umfasst die Auslegung quantitativ alle Abmessungen, vorgesehenen technischen Einrichtungen, geplanten Abläufe, Qualitätsanforderungen etc., die für eine konkrete Bauplanung des Endlagers erforderlich sind. Die wesentlichen Aspekte sind unter den Nummern 1 bis 5 aufgeführt.



### **Zu Absatz 2**

Zum Zeitpunkt des Genehmigungsantrages muss die Auslegung des Endlagers so weit wie möglich optimiert sein.

### **Zu Absatz 3**

Die geologischen Eigenschaften des Endlagerstandortes tragen entscheidend zum sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle bei. Dementsprechend hat sich die Auslegung des Endlagers an detaillierten Angaben zu den lokalen geologischen Gegebenheiten zu orientieren, die im Rahmen der Standorterkundung gewonnen wurden. So müssen beispielsweise eventuell vorhandene Inhomogenitäten oder andere Besonderheiten im Gesteinsaufbau bei der Planung der untertägigen Hohlräume berücksichtigt werden.

### **Zu Absatz 4**

Da das Wirtsgestein und insbesondere der vorgesehene einschlusswirksame Gebirgsbereich mit ihren natürlichen geologischen Eigenschaften für den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle entscheidend sind, sollen sie so wenig wie möglich durch die Errichtung des Endlagerbergwerkes gestört werden. Künstlich geschaffene Hohlräume im Wirtsgestein stellen mögliche Wegsamkeiten für die Ausbreitung von Radionukliden dar und können eine weitere Rissbildung verursachen. Daher sollen solche Hohlräume nicht unnötig geschaffen und ihre Ausmaße so gering wie möglich gehalten werden.

### **Zu Absatz 5**

Um einen sicheren Betrieb des Endlagers gewährleisten zu können, müssen die Bedingungen für den sicheren Betrieb aller einzelnen Komponenten des Endlagers bekannt sein. Erst auf dieser Grundlage lassen sich auch mögliche Wechselwirkungen zwischen verschiedenen technischen Einrichtungen umfassend hinsichtlich ihrer Sicherheitsrelevanz bewerten.

## **Zu § 12 (Optimierung des Endlagersystems)**

### **Zu Absatz 1**

Mit der Zweckbestimmung in § 1 Absatz 2 StandAG, den Standort mit der bestmöglichen Sicherheit für ein Endlager auszuwählen, ist der Optimierungsgedanke bereits im Standortauswahlgesetz angelegt. Da die Sicherheit eines potenziellen Standortes im Verbund mit dem für diesen Standort vorgesehenen Endlagersystem bewertet wird, ist auch das Endlagersystem zu optimieren. Dabei sind sowohl die Langzeitsicherheit als auch der sichere Betrieb des Endlagers zu berücksichtigen. Hiervon bleibt die Optimierung nach dem Strahlenschutzgesetz, das heißt das Gebot der Vermeidung unnötiger Exposition und der Dosisreduzierung nach § 8 StrlSchG unberührt. Soweit die Sicherheit der Endlagerung an Hand quantitativer Indikatoren bewertet wird – beispielsweise der sichere Einschluss der radioaktiven Abfälle nach § 4 Absatz 4 – geht die Optimierung entsprechend § 8 Absatz 2 Satz 1 des Strahlenschutzgesetzes über die reine Erfüllung der Anforderungen hinaus.

### **Zu Absatz 2**

Um die durchgeführte Optimierung des Endlagersystems im Rahmen des Genehmigungsverfahrens prüfen zu können, muss diese nachvollziehbar dokumentiert werden. Da Optimierung im Grundsatz ein iterativer Prozess ist, ist ein Kriterium erforderlich, wann diese einen für die Genehmigung des Endlagers ausreichenden Stand erreicht hat. Dies wird in diesem Absatz etabliert.

### **Zu Absatz 3**

Die Sicherheit der Endlagerung muss primär für die zu erwartenden Entwicklungen nach § 3 Absatz 2 gewährleistet werden; diese Entwicklungen sind nach § 10 Absatz 2 als Basis für die Erstellung des Sicherheitskonzeptes heranzuziehen. Dementsprechend sind diese Entwicklungen auch die Basis für die Optimierung des Endlagersystems. Wenn Optimierungsmaßnahmen aus anderen Entwicklungen abgeleitet werden, können diese nur umge-

setzt werden, wenn sichergestellt ist, dass die Sicherheit des Endlagers für die entsprechend § 3 jeweils prioritären Entwicklungen dadurch nicht erheblich beeinträchtigt wird. Optimierungsmaßnahmen, die der Verringerung von möglichen Auswirkungen zukünftiger menschlicher Aktivitäten dienen, haben auf eine Reduzierung der Einflussnahme auf das Endlagersystem sowie Eindringmöglichkeiten und ihrer radiologischen Auswirkungen hinzuwirken.

#### **Zu Absatz 4**

Die erneute Durchführung der Optimierung im Zuge der nach dem Atomgesetz erforderlichen periodischen Sicherheitsüberprüfungen stellt sicher, dass die Sicherheit des Endlagers nach dem jeweils aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik gewährleistet ist und der Erfahrungsrückfluss aus Errichtung, Betrieb und Stilllegung des Endlagers zur weiteren Erhöhung seiner Sicherheit beiträgt.

#### **Zu Absatz 5**

Diese Regelung stellt klar, dass das strahlenschutzrechtliche Gebot der Optimierung nach § 8 StrlSchG unabhängig von der Optimierung des Endlagersystems gilt.

#### **Zu Abschnitt 4 (Rückholbarkeit und Ermöglichung einer Bergung)**

##### **Zu § 13 (Rückholbarkeit eingelagerter Endlagergebinde)**

#### **Zu Absatz 1**

Die Forderung nach Rückholbarkeit bereits eingelagerter Endlagergebinde während der Betriebsphase des Endlagers, also bis zum Beginn seiner Stilllegung, ergibt sich aus § 26 Absatz 3 Nummer 3 StandAG.

#### **Zu Absatz 2**

Falls eine Rückholung eingelagerter Endlagergebinde veranlasst wird, sollen damit keine übermäßigen technischen oder zeitlichen Unwägbarkeiten verbunden sein. Dafür erforderliche technische Einrichtungen, insbesondere die unter Tage einzusetzenden Maschinen, sollten physisch vorhanden und funktionsfähig sein und zeitnah an ihren Einsatzort gebracht werden können.

Nicht vorzuhalten sind Lagerungsmöglichkeiten für das gesamte Inventar des Endlagers. Es ist aber davon auszugehen, dass bei einer eventuellen Rückholung ausreichende Zeitpuffer vorhanden sind, um entsprechende Lagerungsmöglichkeiten zu schaffen bzw. noch vorhandene zu ertüchtigen.

#### **Zu Absatz 3**

Die zu erwartenden und abweichenden Entwicklungen des Endlagersystems sind Grundlage für seine Konzeption und Auslegung und es ist davon auszugehen, dass sie die tatsächliche Entwicklung des Endlagersystems abdeckend beschreiben. Außerdem ist für diese Entwicklungen nachzuweisen, dass die Schutzziele dieser Verordnungen eingehalten werden und somit auch keine sicherheitstechnisch begründete Rückholung von eingelagerten Abfällen erforderlich ist. Eine mögliche Rückholung ist also als Rückfalloption für noch weniger plausible Entwicklungen zu sehen, und somit dürfen Maßnahmen, die der Rückholung dienen, nach § 12 Absatz 3 die Sicherheit der radioaktiven Abfälle für zu erwartende und abweichende Entwicklungen nicht konterkarieren.

##### **Zu § 14 (Ermöglichung einer Bergung eingelagerter Endlagergebinde)**

#### **Zu Absatz 1**

Die Forderung nach Vorkehrungen für eine mögliche Bergung der radioaktiven Abfälle für einen Zeitraum von 500 Jahren nach dem geplanten Verschluss des Endlagers ergibt sich aus § 26 Absatz 3 Nummer 3 StandAG.

## **Zu Absatz 2**

### **Zu Nummer 1**

Die unter den Buchstaben a bis c aufgeführten Anforderungen richten sich im Wesentlichen an die Endlagergebinde. Diese müssen die Anforderungen unter Endlagerungsbedingungen in der Praxis jedoch länger als 500 Jahre erfüllen, nämlich 500 Jahre nach dem geplanten Verschluss des Endlagers zuzüglich der für die Stilllegung des Endlagers veranschlagten Zeit sowie eines je nach individuellem Einlagerungszeitpunkt größeren oder kleineren Anteils der Betriebsphase.

#### **Zu Buchstabe a**

Die individuelle Auffind- und Identifizierbarkeit der Endlagergebinde dient in Verbindung mit der Dokumentation ihrer Beladung nach Nummer 2 Buchstabe b dazu, geborgene Endlagergebinde in ihrem Gefahrenpotenzial bewerten zu können.

#### **Zu Buchstabe b**

Durch eine Handhabbarkeit ganzer Endlagergebinde wird übermäßiger technischer Aufwand bei ihrer eventuellen Bergung, beispielsweise eine Notwendigkeit der Umverpackung oder Konditionierung unter Tage, vermieden.

#### **Zu Buchstabe c**

Eine Freisetzung radioaktiver Aerosole bei der Handhabung von Endlagergebinden im Zuge einer eventuellen Bergung kann eine hohe Dosisbelastung für das zur Bergung eingesetzte Personal bedeuten und ist daher zu vermeiden.

### **Zu Nummer 2**

Die Erfüllung der unter den Buchstaben a bis c aufgeführten Anforderungen an die Dokumentation relevanter Informationen kann im Genehmigungsverfahren nicht für den gesamten Zeitraum bis 500 Jahre nach dem geplanten Verschluss des Endlagers nachgewiesen werden. Es ist jedoch zu zeigen, dass Maßnahmen zur Sammlung und Archivierung der genannten Informationen mit dem Ziel einer möglichst langfristigen Verfügbarkeit dieser Informationen getroffen worden sind.

#### **Zu Buchstabe a**

Die Informationen über das tatsächlich aufgefahrene Endlagerbergwerk einschließlich seiner Stilllegung dienen in Verbindung mit den Informationen über die prognostizierten möglichen Entwicklungen des Endlagersystems nach Buchstabe c der besseren Planbarkeit einer eventuellen Bergung.

#### **Zu Buchstabe b**

Die Dokumentation der Beladung der Endlagergebinde dient in Verbindung mit ihrer individuellen Auffind- und Identifizierbarkeit nach Nummer 1 Buchstabe a dazu, geborgene Endlagergebinde in ihrem Gefahrenpotenzial bewerten zu können.

#### **Zu Buchstabe c**

Die Informationen über die prognostizierten möglichen Entwicklungen des Endlagersystems dienen in Verbindung mit den Informationen über das tatsächlich aufgefahrene Endlagerbergwerk einschließlich seiner Stilllegung nach Buchstabe a der besseren Planbarkeit einer eventuellen Bergung.

## **Zu Absatz 3**

Die Begründung zu § 13 Absatz 3 gilt analog auch für diese Regelung.

## **Zu Abschnitt 5 (Errichtung, Betrieb und Stilllegung des Endlagers)**

### **Zu § 15 (Errichtung des Endlagers)**

#### **Zu Absatz 1**

Um die für die Einlagerung der radioaktiven Abfälle bestimmten untertägigen Hohlräume nicht länger als nötig offen zu halten (vgl. § 15 Absatz 2), ist bei der Errichtung des Endlagers vor Beginn des Betriebs noch nicht das gesamte spätere Endlagerbergwerk aufzufahren, sondern nur die unter den Nummern 1 bis 5 aufgeführten essenziellen Teile.

#### **Zu Absatz 2**

##### **Zu Nummer 1**

Die genannten oberirdisch zu errichtenden Anlagen werden im Wesentlichen während des gesamten Betriebs benötigt und müssen daher zu Betriebsbeginn zu Verfügung stehen. Auch sind keine nachteiligen Auswirkungen auf die Langzeitsicherheit der radioaktiven Abfälle zu befürchten, sollten diese länger als unbedingt erforderlich bestehen.

##### **Zu Nummer 2**

Zugangs- und Bewetterungsbauwerke (Schächte und Rampen einschließlich der erforderlichen technischen Installationen) sind für den bergtechnischen Betrieb des Endlagers notwendig und müssen daher vor Betriebsbeginn vorhanden sein.

##### **Zu Nummer 3**

Untertägige Infrastrukturbereiche werden im Wesentlichen während des gesamten Betriebs benötigt und müssen daher zu Betriebsbeginn zu Verfügung stehen. Die für die Einlagerung der radioaktiven Abfälle bestimmten untertägigen Hohlräume werden erst während des Betriebs sukzessive aufgefahren (vgl. § 15 Absatz 2). Vor Betriebsbeginn sind daher nur die entsprechenden Ansatzpunkte für Zugangsstrecken erforderlich.

##### **Zu Nummer 4**

Damit mit Betriebsbeginn die Einlagerung von radioaktiven Abfällen ohne technisch bedingte Verzögerungen erfolgen kann, müssen alle dafür erforderlichen technischen Einrichtungen installiert und unter möglichst realitätsnahen Bedingungen erprobt sein. Bei vergleichbaren Endlagerprojekten in anderen Staaten ist dazu meist eine testweise Einlagerung von Endlagergebinden ohne radioaktive Beladung in einem Versuchsbereich des Endlagerbergwerkes vorgesehen.

##### **Zu Nummer 5**

Auch die Erprobung der für eine Rückholung von bereits eingelagerten Endlagergebinden erforderlichen technischen Einrichtungen als Demonstration der technischen Machbarkeit der Rückholung ist vor Beginn der tatsächlichen Einlagerung von radioaktiven Abfällen erforderlich.

#### **Zu Absatz 3**

Da das Wirtsgestein maßgeblich zur Langzeitsicherheit des Endlagers beiträgt, ist bei der Auffahrung von untertägigen Hohlräumen darauf zu achten, dass das umgebende Wirtsgestein möglichst wenig beansprucht und somit die Rissbildung und Entfestigung reduziert wird. Der Verschluss der Hohlräume in den geologischen Barrieren soll so erfolgen, dass die ursprünglichen Eigenschaften des Wirtsgesteins so weit wie möglich wiederhergestellt werden und somit weitestgehend die Barrierewirkung des unversehrten Wirtsgesteins erzielt wird.

#### **Zu Absatz 4**

Um sicherstellen zu können, dass bei der Stilllegung des Endlagers alle tatsächlich vorhandenen Hohlräume fachgerecht verschlossen werden, ist eine Dokumentation aller geschaffenen oder angetroffenen Hohlräume erforderlich. Auch bereits verfüllte oder anderweitig verschlossene Hohlräume sind hierbei einschließlich der Art ihrer Verfüllung zu erfassen,

um nachträglich bewerten zu können, ob eventuelle zusätzliche Verschlussmaßnahmen erforderlich sind.

#### **Zu Absatz 5**

Eine möglichst zügige Entsorgung der vorhandenen radioaktiven Abfälle in einem Endlager, das deren Sicherheit auf passive Art und Weise gewährleistet und keine aktive Nachsorge erfordert, dient der Vermeidung unzumutbarer Lasten für nachfolgende Generationen.

#### **Zu § 16 (Betrieb des Endlagers, Voraussetzungen für die Genehmigung)**

##### **Zu Absatz 1**

Der Betrieb des Endlagers ist die Phase, in der radioaktive Abfälle aktiv in der Anlage gehandhabt werden, und beginnt daher mit der erstmaligen Anlieferung radioaktiver Abfälle an diese Anlage nach § 9a Absatz 3 Satz 1 des Atomgesetzes.

##### **Zu Absatz 2**

Für das Endlager für hochradioaktive Abfälle, dessen Standort nach StandAG festgelegt wird, ist nach § 9b Absatz 1a des Atomgesetzes eine Genehmigung erforderlich, die in mehreren Teilgenehmigungen erteilt werden kann. Ein solches schrittweises Vorgehen bei der Realisierung eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle ist international üblich und findet sich als Anforderung 11 auch in SSR-5 der IAEA. Unter den Ziffern 1 bis 4 sind die Voraussetzungen aufgeführt, die für die Genehmigung des Betriebs des Endlagers erfüllt sein müssen.

##### **Zu Nummer 1**

Die Errichtung des Endlagers nach § 15 muss abgeschlossen sein, um eventuelle für den sicheren Betrieb des Endlagers relevante Erkenntnisse aus der Errichtung im Genehmigungsverfahren für die Betriebsgenehmigung berücksichtigen zu können.

##### **Zu Nummer 2**

Die Erprobung der Handhabung und Einlagerung von Endlagergebinden ohne radioaktive Beladung (vgl. § 12 Nummer 4) muss unter Realbedingungen erfolgreich erprobt worden sein um gewährleisten zu können, dass alle Abläufe und technischen Einrichtungen tatsächlich in der bestimmungsgemäßen Weise funktionieren.

##### **Zu Nummer 3**

Eine Erneuerung des Sicherheitsnachweises ist für die Erteilung der Betriebsgenehmigung erforderlich um sicherzustellen, dass die Sicherheit der Endlagerung auch unter Berücksichtigung aller seit der Genehmigung der Errichtung angefallenen Erkenntnisse gewährleistet ist. Dies ist auch in Anforderung 11 der SSR-5 ausdrücklich vorgesehen: *„Disposal facilities for radioactive waste shall be developed, operated and closed in a series of steps. Each of these steps shall be supported, as necessary, by iterative evaluations of the site, of the options for design, construction, operation and management, and of the performance and safety of the disposal system.“*

##### **Zu Nummer 4**

Bevor radioaktive Abfälle zum Zweck der Endlagerung in das Endlagerbergwerk eingebracht werden können muss nachgewiesen sein, dass auch die spätere Stilllegung und der Verschluss des Endlagers technisch so umsetzbar sind, dass sie dem Langzeitsicherheitsnachweis entsprechen. Das dafür vorgelegte Konzept muss nicht im Detail ausgearbeitet sein, es muss aber nachweisen werden, dass ein sicherer Verschluss bereits mit zum Zeitpunkt der Genehmigung vorhandener Technik möglich wäre. Dies schließt jedoch nicht aus, dass das Stilllegungskonzept im Sinne der Optimierung während des Betriebs des Endlagers an den Fortschritt des Standes von Wissenschaft und Technik angepasst wird.

##### **Zu Absatz 3**

Auch während des Betriebs des Endlagers muss sichergestellt sein, dass durchgeführte Maßnahmen die Sicherheit der Endlagerung nicht konterkarieren.

## **Zu § 17 (Sicherheit während der Errichtung, des Betriebs und der Stilllegung des Endlagers; Anlagenzustände)**

### **Zu Absatz 1 und 2**

Das Konzept der in der Tiefe gestaffelten Sicherheitsebenen mit entsprechenden Abwehr- und Schutzmaßnahmen für den sicheren Betrieb eines Endlagers ist aus den Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke (Revision D) des Bundesumweltministeriums entsprechend übernommen (dort unter 2.1). Die dort in Abschnitt 2.1 aufgeführten Maßgaben für den sicheren Betrieb von Kernkraftwerken weisen eine größere Regelungstiefe auf als diese Verordnung und können daher – soweit anwendbar – auch für den sicheren Betrieb eines Endlagers herangezogen werden.

Eine weitere Unterteilung der Sicherheitsebene 4 analog zu den Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke ist für ein Endlager nicht sachgerecht, da die zu Grunde liegenden Schadensquellen für die Kategorien 4b (Mehrfachversagen *aktiver* Schutzmaßnahmen) und 4c (schwerer Kernschaden) nicht anwendbar sind. Dementsprechend werden alle auslegungsüberschreitenden Unfälle und Ereignisse einer Sicherheitsebene 4 zugeordnet. Eine noch darüber hinausgehende Sicherheitsebene 5 ist ebenfalls nicht erforderlich, da das entsprechende Schadensszenario (bei Kernkraftwerken: schwerer Kernschaden mit erheblichen Freisetzungen in die Umgebung) nur bei selbst tragenden Kettenreaktionen an der Erdoberfläche und somit nicht bei einem Endlager auftreten kann.

### **Zu Absatz 3**

Die Regelungen zu den Sicherheitsebenen 1 bis 4 (Normalbetrieb, anomaler Betrieb und Störfall) sind aus den Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke (s.o.) entsprechend übernommen.

### **Zu Absatz 4**

Da der wesentliche Zweck eines Endlagers anders als bei einem Kernkraftwerk im langfristigen sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle nach seiner Stilllegung besteht, ist bei allen während des Betriebs getroffenen Maßnahmen stets auch ihr Einfluss auf die Langzeitsicherheit des Endlagers zu bewerten. Maßnahmen, bei denen eine erhebliche Beeinträchtigung der Langzeitsicherheit nicht zu vermeiden ist, sind entsprechend anzupassen oder ganz zu verwerfen.

## **Zu § 18 (Einlagerung von radioaktiven Abfällen)**

### **Zu Absatz 1**

Durch die Erfüllung der Endlagerungsbedingungen wird gewährleistet, dass die Endlagergebäude den im Sicherheitsnachweis zu Grunde gelegten Annahmen entsprechen und damit keine nachteiligen Einflüsse auf andere Barrieren des Endlagersystems oder deren Zusammenwirken zu befürchten sind.

### **Zu Absatz 2**

Offenstehende Hohlräume im Endlagerbergwerk bewirken Spannungsunterschiede im umgebenden Wirtsgestein, die wiederum eine Auflockerung und Rissbildung verursachen oder bestehende Auflockerungen und Risse verstärken können. Um dies so weit wie möglich zu reduzieren, muss ein unnötiges Offenhalten von Hohlräumen insbesondere im Einlagerungsbereich vermieden werden. Ein zügiges Verfüllen und Verschließen der beladenen Bereiche sorgt auch dafür, dass frühzeitig Barrieren zwischen den bereits eingelagerten radioaktiven Abfällen und den noch aktiv genutzten Bereichen des Endlagerbergwerkes erstellt werden können.

### **Zu Absatz 3**

Eine Trennung der Handhabung von Endlagergebünden von den bergmännischen und sonstigen Arbeiten im Endlagerbergwerk dient der Minimierung der Strahlenbelastung für das Betriebspersonal sowie der Reduktion von Unfallpotenzial, insbesondere solchem mit radiologischen Konsequenzen.

#### **Zu Absatz 4**

Das Endlager wird absehbar mehrere Jahrzehnte in Betrieb sein. Für den Fall, dass sich während dieser Zeit abzeichnet, dass ein planmäßiger Abschluss der Einlagerung mit anschließender Stilllegung zum Beispiel auf Grund übergeordneter äußerer Einflüsse nicht zu erwarten ist, muss das Endlager kurzfristig in einen passiv sicheren Zustand gebracht werden können.

#### **Zu § 19 (Stilllegung des Endlagers, Voraussetzungen für die Genehmigung)**

##### **Zu Absatz 1**

Der Stilllegung kommt bei einem Endlager besondere Bedeutung zu, da erst durch sie der über den gesamten Nachweiszeitraum passiv sichere Zustand hergestellt wird. Im Zuge der Stilllegung werden die für den Betrieb des Endlagers erforderlichen Einrichtungen entfernt und Hohlräume so verfüllt, dass die im Sicherheitsnachweis zu Grunde gelegten Annahmen erfüllt sind.

##### **Zu Absatz 2**

Die Stilllegung dient dazu, das Endlager in einen Zustand zu versetzen, in dem es den sicheren Einschluss der eingelagerten Abfälle langfristig gewährleistet, ohne dass dazu weitere aktive Maßnahmen erforderlich sind. Dabei müssen vor allem alle untätigen Hohlräume verfüllt und verschlossen werden, da diese potenzielle Wegsamkeiten darstellen, über die Radionuklide aus den radioaktiven Abfällen ausgetragen werden können. Dementsprechend hat die Verfüllung der Hohlräume so vollständig wie technisch möglich zu erfolgen. Da in der praktischen Ausführung das Verbleiben von Resthohlräumen in der Regel jedoch nicht zu vermeiden ist, kommt auch den Hohlraumverschlüssen hohe Bedeutung zu.

##### **Zu Absatz 3**

Entsprechend dem schrittweisen Vorgehen nach Anforderung 11 der SSR-5 der IAEA (vgl. Begründung zu § 16 Absatz 2) ist auch für die Stilllegung des Endlagers eine eigene Teilgenehmigung erforderlich. Die Voraussetzungen, unter denen diese Genehmigung erteilt werden kann, sind unter Nummer 1 bis 4 aufgeführt.

##### **Zu Nummer 1**

Um die Vollständigkeit der bislang angefallenen Speicherdaten zu gewährleisten, müssen diese zum Zweck der langfristigen Speicherung an das Bundesamt für kerntechnische Entsorgungssicherheit übergeben worden sein, bevor mit der Stilllegung des Endlagers begonnen wird. Dies schließt aber nicht aus, dass während der Stilllegung noch weitere Speicherdaten anfallen, die ebenfalls langfristig zu sichern sind. Vielmehr sind gerade auch die durchgeführten Stilllegungs- und Verschlussmaßnahmen detailliert zu dokumentieren.

##### **Zu Nummer 2**

Vor Genehmigung der Stilllegung muss der Sicherheitsnachweis umfassend überprüft werden. Dabei muss die Einlagerung der radioaktiven Abfälle so wie sie tatsächlich durchgeführt wurde zu Grunde gelegt und damit gezeigt werden, dass die Langzeitsicherheit der radioaktiven Abfälle gewährleistet ist.

##### **Zu Nummer 3**

Zusammen mit der Überprüfung des Sicherheitsnachweises nach Nummer 3 werden die Festlegungen zum Verschluss des Endlagers, die für die Erteilung der Betriebsgenehmigung nur auf abstrakterem Niveau erforderlich waren (vgl. § 16 Absatz 2 Nummer 4), so konkretisiert, dass auf ihrer Grundlage die Stilllegung praktisch durchgeführt werden kann. Dabei ist der aktuelle Stand von Wissenschaft und Technik zu Grunde zu legen, insbesondere die tatsächlich durchgeführte Einlagerung der radioaktiven Abfälle, weitere Erkenntnisse aus dem Betrieb des Endlagers und eventuelle neue Erkenntnisse hinsichtlich der Anfertigung bzw. Errichtung technischer und geotechnischer Barrieren.

#### **Zu Absatz 4**

Auch während der Stilllegung des Endlagers muss sichergestellt sein, dass durchgeführte Maßnahmen die Sicherheit der Endlagerung nicht konterkarieren.

#### **Zu Abschnitt 7 (Weitere Vorschriften)**

#### **Zu § 20 (Überwachung des Endlagers und seiner Umgebung)**

##### **Zu Absatz 1**

Ein Monitoring für das Endlager und seine Umgebung ist erforderlich, um die Einwirkung des Endlagers auf seine Umgebung systematisch zu erfassen und etwaige Abweichungen der tatsächlichen von den zu erwartenden Entwicklungen nach § 3 frühzeitig erkennen zu können. Diese Überwachung ist in Anlehnung an das Strahlenschutzgesetz jedoch nicht als Überwachung von Rückständen oder einer Altlast zu verstehen, sondern eher vergleichbar der (vorsorglichen) Überwachung der Umweltradioaktivität entsprechend §§ 161ff des Strahlenschutzgesetzes. Das Monitoring des Endlagers beschränkt sich jedoch nicht auf radiologische Größen; vielmehr ist bei der Auswahl der vom Monitoring zu erfassenden Parameter einerseits auf eine hohe Sensitivität und Aussagekraft Wert zu legen, andererseits aber auch darauf, dass diese mit nicht-invasiven Methoden erfasst werden können.

##### **Zu Absatz 2**

Eine frühzeitige Etablierung des Monitorings dient dazu, die als relevant identifizierten Parameter bereits vor der Errichtung des Endlagers systematisch zu erfassen. So können etwaige durch das Endlager verursachte Veränderungen in diesen Parametern zuverlässiger identifiziert werden.

##### **Zu Absatz 3**

Die regelmäßige Überprüfung und Fortschreibung des Monitorings dient dazu, einerseits die Auswahl der erfassten Parameter auf ihre Aussagekraft zu prüfen und ggf. anzupassen. Andererseits ist auch darauf zu achten, dass diese Parameter zum jeweiligen Umsetzungsstand des Endlagerprojektes ohne Nachteil für die Sicherheit des Endlagers erhoben werden können. In diesem Zusammenhang sollte auch das Vorhandensein neu entwickelter, vorzugsweise nicht-invasiver Messmethoden geprüft werden.

##### **Zu Absatz 4**

Da die Sicherheit der Endlagerung und der sichere Einschluss der radioaktiven Abfälle oberste Priorität haben, dürfen diese Ziele nicht durch Monitoring-Maßnahmen konterkariert werden. Insbesondere dürfen zum Zwecke des Monitorings keine Wegsamkeiten zwischen den Abfällen und der Biosphäre geschaffen oder offen gehalten werden. Dies gilt insbesondere bei dem Einsatz invasiver Messmethoden zur Überwachung des Endlagers und seiner Umgebung.

#### **Zu § 21 (Entsorgung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen am selben Standort)**

##### **Zu Absatz 1**

Auf Grund des deutlich höheren radiologischen Gefährdungspotenzials hochradioaktiver Abfälle muss gewährleistet sein, dass die Sicherheit der Endlagerung hochradioaktiver Abfälle nicht beeinträchtigt wird, sollten am selben Standort auch größere Mengen schwach- und mittelradioaktiver Abfälle endgelagert werden. Dies ist insbesondere bedeutsam, weil das zu erwartende Volumen der entsprechend dem Nationalen Entsorgungsprogramm ggf. am selben Standort zu entsorgenden schwach- und mittelradioaktiven Abfälle deutlich größer als das der hochradioaktiven Abfälle ist. Im Falle der Endlagerung am selben Standort wären die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle also voraussichtlich zumindest logistisch dominant.



## **Zu Absatz 2**

Eine wesentliche Maßnahme zum Ausschluss von nachteiligen Beeinflussungen des Endlagers für hochradioaktive Abfälle durch die mögliche Endlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle ist die weitgehende Trennung der beiden Abfallarten. So werden einerseits technisch-logistische Abhängigkeiten vermieden, andererseits werden durch die räumliche Trennung in separate Endlagerbergwerke mögliche Beeinflussungen durch langfristig ablaufende geochemische oder andere Prozesse verhindert oder zumindest reduziert.

Sofern das Endlager für hochradioaktive Abfälle auch ein Endlagerbergwerk zur Entsorgung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle umfasst, sind die zu Grunde zu legenden Anforderungen an Betriebs- und Langzeitsicherheit Endlagerbergwerkes für schwach- und mittelradioaktive Abfälle nicht durch diese Verordnung geregelt. Entsprechend einem abgestuften Konzept („graded approach“) nach Artikel 4 Absatz 3 Buchstabe d der Richtlinie 2011/70/Euratom wären dabei aber wegen des geringeren Schädigungspotenzials der Abfälle auch verhältnismäßig weniger strikte Anforderungen an deren Entsorgung vorzusehen.

## **Zu Absatz 3**

Ein separates Endlager ist nicht erforderlich, sofern am Standort des Endlagers für hochradioaktive Abfälle nur geringe Mengen schwach- und mittelradioaktiver Abfälle zu entsorgen sind, die nur einen geringen Anteil des dort zu entsorgenden Gesamtvolumens ausmachen würden. Dies gilt insbesondere für schwach- und mittelradioaktive Abfälle, die im unmittelbaren Zusammenhang mit der Entsorgung der hochradioaktiven Abfälle stehen, beispielsweise verpresste Strukturteile von wiederaufbereiteten Brennelementen, Betriebsabfälle aus einer Anlage zur endlagergerechten Konditionierung der hochradioaktiven Abfälle oder radioaktive Abfälle, die während des Endlagerbetriebes erzeugt werden (z.B. Dekontaminationsrückstände).

Da die schwach- und mittelradioaktiven Abfälle in diesem Fall im selben Endlager eingelagert werden wie die hochradioaktiven Abfälle, gelten für die gesamte Anlage grundsätzlich die (restriktiveren) Sicherheitsanforderungen für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle. Im Einzelnen ist jedoch auch darauf zu achten, dass die gestellten Anforderungen im Sinne eines abgestuften Konzeptes (s.o.) in einem angemessenen Verhältnis zum Schädigungspotenzial der schwach- und mittelradioaktiven Abfälle stehen. Aus diesem Grund kann hier auch auf die für hochradioaktive Abfälle erforderliche Rückholbarkeit bereits eingelagerter Endlagergebinde und Vorkehrungen zur Ermöglichung einer Bergung verzichtet werden.

## **Zu Anlage (Berechnung des Neutronenmultiplikationsfaktors)**

Diese Anlage konkretisiert die Anforderung zum Ausschluss von sich selbst tragenden Kettenreaktionen des § 8 Absatz 2. Die Konkretisierung in dieser Verordnung ist erforderlich, da andere existierende Berechnungsgrundlagen, insbesondere DIN 25472, nicht mit den sonstigen Regelungen dieser Verordnung vereinbar sind und somit eine Neuregelung notwendig ist.

Dies bezieht sich insbesondere auf die bei der Berechnung zu Grunde zu legenden Annahmen für zukünftige Entwicklungen des Endlagersystems. Diese müssen mit den Entwicklungen in Übereinstimmung zu bringen sein, die auch den weiteren sicherheitstechnischen Analysen zu Grunde liegen und in § 3 näher bestimmt sind. In der o.g. DIN 25472 wird eine eigenständige Betrachtung von zukünftigen Entwicklungen gefordert, die mit den Vorgaben dieser Verordnung nicht vereinbar ist. Nach § 3 werden Entwicklungen des Endlagersystems als abdeckend angesehen, die innerhalb der Grenzen der praktischen Vernunft möglich erscheinen.

## **Zu Artikel 2 (Verordnung über Anforderungen an die Durchführung der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen im Standortauswahlverfahren für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle)**

### **Zu § 1 (Anwendungsbereich)**

Der Anwendungsbereich dieser Verordnung ergibt sich aus der Verordnungsermächtigung in § 27 StandAG.

### **Zu § 2 (Begriffsbestimmungen)**

Auf Grund der starken inhaltlichen Abhängigkeit der EndlagerSiUntV von der EndlagerSi-AnfV (Artikel 1 dieser Artikelverordnung) sowie dem StandAG werden die Begriffsbestimmungen dieser beiden Regelungen für die EndlagerSiUntV übernommen.

### **Zu § 3 (Untersuchungsraum)**

#### **Zu Absatz 1**

Der Begriff des Untersuchungsraumes ist zentral für diese Verordnung. Er bezeichnet den räumlichen Bereich, auf den sich eine einzelne vorläufige Sicherheitsuntersuchung jeweils bezieht.

#### **Zu Absatz 2**

Da nach §§ 14 Absatz 1, 16 Absatz 1 und 18 Absatz 1 StandAG für alle Teilgebiete, Standortregionen beziehungsweise Standorte jeweils vorläufige Sicherheitsuntersuchungen durchzuführen sind, muss auch für alle diese Gebiete mindestens ein Untersuchungsraum ausgewiesen werden. Unter Umständen kann es aber notwendig sein, innerhalb eines Gebietes mehrere, in der Regel überlappende Untersuchungsräume auszuweisen. Dies ist insbesondere der Fall, wenn mehrere (über einander liegende) potenzielle Wirtsgesteinsformationen mit unterschiedlichen Eigenschaften vorhanden sind oder dort in einer Wirtsgesteinsformation mehrere verschiedene Sicherheitskonzepte realisierbar sind. In diesem Fall sind für das entsprechende Gebiet auch mehrere vorläufige Sicherheitsuntersuchungen durchzuführen.

#### **Zu Absatz 3**

Um die Aussagefähigkeit der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen sicherzustellen und ihre Vergleichbarkeit untereinander zu gewährleisten, ist jedem Untersuchungsraum genau ein vorläufiges Sicherheitskonzept zuzuordnen und dafür eine vorläufige Sicherheitsuntersuchung durchzuführen. Für den in der Begründung zu Absatz 2 beschriebenen Fall, dass in einer Wirtsgesteinsformation in einem Gebiet mehrere verschiedene Sicherheitskonzepte realisierbar sind, bedeutet dies, dass dort mehrere räumlich mehr oder weniger deckungsgleiche Untersuchungsräume ausgewiesen werden, denen aber unterschiedliche vorläufige Sicherheitskonzepte zugeordnet sind.

### **Zu § 4 (Allgemeine Anforderungen an die vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen)**

#### **Zu Absatz 1**

Da davon auszugehen ist, dass die insgesamt für eine vorläufige Sicherheitsuntersuchung durchgeführten Arbeiten einen erheblichen Umfang haben, sind ihre Ergebnisse in jeweils einem Bericht zusammenzufassen. In diesem Bericht werden die Ergebnisse der Untersuchung vorgestellt, die Herleitung dieser Ergebnisse kann aber in separaten untersetzenden Berichten erfolgen, auf die im Ergebnisbericht in nachvollziehbarer Weise verwiesen wird. Da es unter Umständen auch mehrere Ebenen untersetzender Berichte und Querabhängigkeiten zwischen diesen geben kann, ist ein Dokumentenstrukturplan erforderlich, der alle vorhandenen Dokumente und deren Abhängigkeiten voneinander in nachvollziehbarer Weise auflistet.

#### **Zu Absatz 2**

Ein wesentlicher Eingangsparameter für die vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen ist nach § 27 Absatz 3 StandAG das am auszuwählenden Standort zu entsorgende Abfallin-

ventar. Dies ist überdies die einzige Randbedingung, die für alle repräsentativen, alle vorläufigen beziehungsweise alle umfassenden vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen identisch ist. Daher muss das Abfallinventar für diese vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen jeweils so genau beschrieben sein, dass sich durch eventuelle Informationsdefizite keine systematischen Bevorzugungen oder Benachteiligungen für einzelne Untersuchungsräume ergeben.

### **Zu Absatz 3**

Entsprechend § 26 Absatz 3 Nummer 3 StandAG ist das Sicherheitskonzept für das am auszuwählenden Standort zu realisierende Endlager das Ergebnis einer schrittweisen Optimierung. Diese Optimierung beginnt jedoch nicht erst mit der Festlegung des Standortes, sondern bereits während des Standortauswahlverfahrens. Das nach § 1 Absatz 2 wissenschaftsbasierte, selbsthinterfragende und lernende Standortauswahlverfahren ist vielmehr selbst schon ein Teil dieser Optimierung. Daher ist es notwendig, dass sich die weiterentwickelten und umfassenden vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen auf die jeweils vorher für die entsprechenden Untersuchungsräume durchgeführten vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen beziehen.

Um dem Transparenzgedanken des Standortauswahlverfahrens gerecht zu werden sind Änderungen im Vergleich zu den jeweils vorigen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen zu dokumentieren und in ihren Auswirkungen zu beschreiben. Eine Begründung für die vorgenommenen Änderungen ist erforderlich um zu dokumentieren, dass die entsprechenden Entscheidungen sicherheitsgerichtet getroffen wurden.

### **Zu Absatz 4**

Da die vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen nach § 27 Absatz 2 StandAG eine Grundlage für die Entscheidung bilden, welche Gebiete in der jeweils nächsten Phase des Standortauswahlverfahrens vertieft untersucht werden sollen beziehungsweise an welchem Standort das Endlager letztendlich errichtet werden soll, müssen sie einen sicherheitsgerichteten Vergleich der unterschiedlichen Untersuchungsräume zulassen. Um einen solchen Vergleich strukturiert und nachvollziehbar durchführen zu können, ist ein jeweils einheitliches Vorgehen bei der Durchführung der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen sowie eine jeweils einheitliche Struktur der entsprechenden zusammenfassenden Berichte erforderlich.

## **Zu § 5 (Geosynthese)**

### **Zu Absatz 1**

Eine Grundlage der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen ist die Darstellung der geowissenschaftlichen Gegebenheiten im Untersuchungsraum unter Berücksichtigung der regionalen Geologie. Dafür ist eine Interpretation der für den jeweiligen Untersuchungsraum vorliegenden geowissenschaftlichen Daten erforderlich, die insbesondere die für die Sicherheit eines möglichen Endlagers relevanten Aspekte adressiert.

### **Zu Absatz 2**

Um auf die jeweiligen regionalen Besonderheiten der Untersuchungsräume eingehen zu können, ist grundsätzlich für jeden Untersuchungsraum eine eigene Geosynthese zu erstellen. Dies gilt auch für den in § 3 Absatz 2 beschriebenen Fall, dass in einem Gebiet mehrere überlappende oder sogar deckungsgleiche Untersuchungsräume ausgewiesen werden. In diesem Fall ist zwar davon auszugehen, dass die entsprechenden Geosynthesen viele Inhalte gemeinsam haben, es muss seitens des Vorhabenträgers aber auch sichergestellt werden, dass der Informationsgehalt für die Bewertung aller jeweils unterstellten unterschiedlichen Sicherheitskonzepte ausreicht, sich die jeweiligen Interpretationen der zu Grunde liegenden geowissenschaftlichen Daten aber auch nicht widersprechen.

### **Zu Absatz 3**

Insbesondere bei den repräsentativen und den weiterentwickelten vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen kann es vorkommen, dass die für einen Untersuchungsraum direkt vorhandenen geowissenschaftlichen Daten nicht für eine angemessene Bewertung des Endlagersystems ausreichen. In diesem Fall kann mit einer entsprechenden Begründung auf außerhalb des Untersuchungsraumes, beispielsweise in vergleichbaren geologischen Formationen an anderen Orten oder in Laborversuchen, gewonnene Daten zurückgegriffen werden. Solche Übertragungen von Annahmen müssen transparent gemacht werden. Dies erleichtert es unter anderem, bei der Ableitung von Erkundungsbedarfen nach § 12 Annahmen zu identifizieren, die im Zuge einer vertieften Erkundung des Untersuchungsraumes an Hand vor Ort gewonnener Daten zu verifizieren sind.

### **Zu § 6 (Vorläufiges Sicherheitskonzept und und vorläufige Auslegung des Endlagers)**

#### **Zu Absatz 1**

Das Sicherheitskonzept nach § 10 EndlagerSiAnfV enthält die zentralen Festlegungen, wie der sichere Einschluss der radioaktiven Abfälle an einem gegebenen Standort unter Ausnutzung seiner geologischen Eigenschaften gewährleistet werden soll. Für eine Sicherheitsbewertung eines Endlagersystems sind also sowohl Informationen zur geologischen Situation am Standort als auch zum Sicherheitskonzept erforderlich. Dementsprechend ist auch für die vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen die Erstellung eines an den jeweiligen Untersuchungsraum angepassten vorläufigen Sicherheitskonzeptes unabdingbar. Dessen Detailtiefe entspricht den Möglichkeiten und Erfordernissen der jeweiligen Phase des Standortauswahlverfahrens.

#### **Zu Absatz 2**

Analog zu § 11 EndlagerSiAnfV ist für die vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen auch eine vorläufige Auslegung des vorgesehenen Endlagersystems erforderlich, in der dargestellt wird, wie das vorläufige Sicherheitskonzept im jeweiligen Untersuchungsraum konkret realisiert werden kann.

#### **Zu Absatz 3**

Der Optimierungsgedanke ist dem Standortauswahlverfahren, mit dem nach § 1 Absatz 2 StandAG der Endlagerstandort mit der bestmöglichen Sicherheit ermittelt werden soll, inhärent. Dementsprechend sind auch und gerade bei den vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen die Regelungen zur Optimierung des Endlagersystems nach § 12 EndlagerSiAnfV entsprechend anzuwenden.

Dies dient auch der Vergleichbarkeit der einzelnen repräsentativen, weiterentwickelten beziehungsweise umfassenden vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen untereinander: nur durch eine jeweils abgeschlossene Optimierung kann sichergestellt werden, dass erkannte Sicherheitsvor- oder -nachteile tatsächlich vorhanden sind und nicht nur aus unterschiedlich ausgeschöpftem Optimierungspotenzial resultieren.

#### **Zu Absatz 4**

Die repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen werden nach §§ 13 Absatz 2 und 14 Absatz 1 StandAG nur auf der Grundlage bereits vorhandener geologischer Daten durchgeführt. Der Umfang dieser Daten kann für die verschiedenen Untersuchungsräume sehr unterschiedlich und im Einzelfall sehr auch sehr gering sein. Um den Einfluss der unterschiedlichen Datenlage zu minimieren und die Vergleichbarkeit der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen für unterschiedliche Untersuchungsräume zu gewährleisten, sind in dieser Phase nur die grundlegenden Festlegungen zur Auslegung der Endlagersysteme erforderlich.

## **Zu § 7 (Systemanalyse)**

### **Zu Absatz 2**

Grundlage für die umfassende sicherheitstechnische Analyse des für den jeweiligen Untersuchungsraum vorgesehenen Endlagersystems ist die Ableitung der relevanten möglichen Entwicklungen und die Beschreibung hypothetischer Entwicklungen nach § 3 EndlagerSiAnfV. Dies beinhaltet eine geowissenschaftliche Langzeitprognose für den Untersuchungsraum unter Berücksichtigung möglicher klimatischer Entwicklungen im Nachweiszeitraum mit dem Schwerpunkt einer möglichen Gefährdung des sicheren Einschlusses. Außerdem ist die Entwicklung der Barrieren des Endlagersystems im Nachweiszeitraum zu untersuchen.

### **Zu Absatz 3**

Die im Hinblick auf die Langzeitsicherheit des Endlagers relevanten Aspekte sind in § 9 geregelt. Dabei nennt § 9 allerdings nur die übergeordneten Bereiche, die in einer entsprechenden Betrachtung behandelt werden müssen. Im Einzelnen beinhalten diese Bereiche jedoch eine Vielzahl von Fragestellungen, die zum Teil auch vom im Untersuchungsraum vorhandenen Wirtsgestein und dem vorgesehenen Sicherheitskonzept abhängen. Eine beispielhafte Auflistung solcher Fragestellungen ohne Anspruch auf Vollständigkeit findet sich in Abschnitt 6.5.2.2.4 (S. 292f) des Abschlussberichtes der Kommission „Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe“.

Neben der Langzeitsicherheit muss auch die Sicherheit von Errichtung, Betrieb und Stilllegung des Endlagers gewährleistet sein. Die hierfür zentralen Aspekte sind in § 17 EndlagerSiAnfV geregelt, entsprechende Betrachtungen sind aber auch in den vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen bereits erforderlich.

### **Zu Absatz 4**

Nach § 14 Absatz 1 Satz 3, § 16 Absatz 2 Satz 1 und § 18 Absatz 2 Satz 1 StandAG sind die geowissenschaftlichen Abwägungskriterien nach § 24 StandAG für jeden der drei Vorschläge des Vorhabenträgers im Standortauswahlverfahren (zu Standortregionen, untertätig zu erkundenden Standorten und dem abschließenden Standortvorschlag) erneut anzuwenden. Die Abwägungskriterien dienen dabei nach § 24 Absatz 1 StandAG der Bewertung, ob in einem Gebiet eine günstige geologische Gesamtsituation vorliegt. Diese Bewertung ergibt sich aus einer verbalargumentativen, sicherheitsgerichteten Abwägung der Ergebnisse zu allen Abwägungskriterien unter Würdigung des für das Gebiet vorgesehenen Endlagersystems (vgl. Gesetzesbegründung zu § 24 Absatz 1 StandAG). Daher werden im Rahmen der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen, in denen ohnehin eine vertiefte Betrachtung sowohl der geologischen Gegebenheiten als auch des Endlagersystems im Untersuchungsraum durchgeführt wird, jeweils die Grundlagen für die entsprechende Anwendung der geowissenschaftlichen Abwägungskriterien gelegt.

### **Zu Absatz 5**

Eine Beurteilung, inwiefern im jeweiligen Untersuchungsraum zu erwarten ist, dass eine zusätzliche Endlagerung größerer Mengen schwach- und mittelradioaktiver Abfälle grundsätzlich möglich ist, ist nach § 27 Absatz 5 StandAG Teil der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen. Die Rahmenbedingungen hierfür werden in § 21 EndlagerSiAnfV festgelegt. Der zentrale Aspekt dieser Rahmenbedingungen ist die möglichst weitgehende Trennung der Endlagerung der hochradioaktiven Abfälle von der Endlagerung größerer Mengen schwach- und mittelradioaktiver Abfälle, um mögliche nachteilige Beeinflussungen der Sicherheit der hochradioaktiven Abfälle zu verhindern. Daher ist für die Bewertung, ob im Untersuchungsraum eine zusätzliche Endlagerung größerer Mengen schwach- und mittelradioaktiver Abfälle möglich ist, im Wesentlichen das dort vorhandene Platzangebot relevant.

## **Zu Absatz 6**

Analog zu § 7 Absatz 4 sind für die repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen, die nur auf der Grundlage bereits vorhandener Daten zu den jeweiligen Untersuchungsräumen durchgeführt werden, nur die wesentlichen Kerninhalte der Systemanalyse abzudecken. Dementsprechend werden sich Aussagen zu den geologischen Gegebenheiten tendenziell stärker als bei späteren vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen auf Erkenntnisse abstützen müssen, die nicht im Untersuchungsraum selbst gewonnen wurden. Da außerdem die vorläufige Auslegung des Endlagers zu diesem Zeitpunkt nach § 7 Absatz 4 nicht alle Details umfasst, können auch die damit zusammenhängenden Fragestellungen, insbesondere die Funktionsweise der technischen und geotechnischen Barrieren sowie die Betriebssicherheit des Endlagers, nur dem Grundsatz nach beantwortet werden. Auch eine Abschätzung der möglichen zusätzlichen jährlichen effektiven Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung ist zu diesem Zeitpunkt nicht zielführend. Diese müsste weitestgehend auf der Grundlage generischer Annahmen durchgeführt werden; ihre Ergebnisse würden daher maßgeblich von den zu Grunde gelegten Annahmen beeinflusst werden und nicht von den Eigenschaften des jeweiligen Untersuchungsraumes und hätten somit bestenfalls eine sehr begrenzte Aussagekraft.

## **Zu § 8 (Betriebliche Sicherheitsanalyse)**

### **Zu Absatz 1**

Die betriebliche Sicherheitsanalyse bezieht sich auf den Zeitraum, während dessen aktive Maßnahmen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle durchgeführt werden, also Errichtung, Betrieb und Stilllegung des Endlagers. Insofern sind hierfür die allgemeinen Anforderungen an den Sicherheitsbericht für kerntechnische Anlagen entsprechend anzuwenden; insbesondere sind anlagenspezifische Störfallbetrachtungen durchzuführen, um den erforderlichen Schutz von Mensch und Umwelt sowie die Robustheit des Endlagersystems während des Betriebs und der Stilllegung zu begründen. Darüber hinaus ist die Robustheit des Endlagersystems während Betrieb und Stilllegung vor dem Hintergrund darzustellen, inwieweit Einwirkungen, Ausfälle oder Abweichungen vom Normalbetrieb die Langzeitsicherheit des Endlagersystems beeinträchtigen können.

### **Zu Absatz 2**

Dieser Absatz legt konkretisierte Anforderungen an die betriebliche Sicherheitsanalyse nach Absatz 1 fest. Diese sind in der Form einer probabilistischen Sicherheitsanalyse oder einer vergleichbaren angemessenen Methodik durchzuführen. Der Abschätzung der jeweiligen Wahrscheinlichkeiten von Einwirkungen, Ausfällen oder Abweichungen vom Normalbetrieb sind soweit möglich Betriebserfahrungen zu Grunde zu legen, ersatzweise können Analogie- und Plausibilitätsbetrachtungen erfolgen.

## **Zu § 9 (Langzeitsicherheitsanalyse)**

### **Zu Absatz 1**

Dieser Absatz benennt alle konkreten Nachweise, die im Rahmen der Langzeitsicherheitsanalyse zu führen sind. Soweit diese Nachweise mit quantitativen Anforderungen unterlegt sind, ist auch ein quantitativer Nachweis zu führen. Dabei sind die nach § 7 Absatz 2 abgeleiteten relevanten möglichen und postulierten Entwicklungen allen Nachweisen in gleicher Art zu Grunde zu legen. Die in den BMU-Sicherheitsanforderungen von 2010 vorgesehene Möglichkeit einer „vereinfachten radiologischen Langzeitaussage“ entfällt wie von der Endlagerkommission in ihrem Abschlussbericht empfohlen. Dem Antragsteller bleibt es jedoch unbenommen, mit vereinfachenden Annahmen zu arbeiten, soweit er deren Konservativität nachweisen kann.

### **Zu Absatz 2**

Dieser Absatz stellt konkretisierte Anforderungen an die Führung der mit quantitativen Anforderungen unteretzten Nachweise. Die für die Berechnungen verwendeten numerischen Modelle und Programme müssen entsprechend dem Stand von Wissenschaft und Technik

hinreichend validiert, verifiziert und qualitätsgesichert sein und die im Endlagersystem ablaufenden Prozesse so umfassend und detailliert abbilden, wie es für die nach diesem Absatz geforderten Analysen notwendig ist. Eine beliebig weitgehende Präzisierung der Modelle ist dabei nicht erforderlich, die vorgenommenen Modellvereinfachungen sollten jedoch erläutert werden. Hinsichtlich der Eingangsparameter sind ebenfalls realitätsnahe Werte (z. B. Medianwerte der bei der Erkundung erhobenen Daten) anzusetzen; von übermäßig konservativen Annahmen sollte abgesehen werden, da diese in den Sensitivitätsanalysen relevante Effekte überdecken können.

### **Zu § 10 (Umfassende Bewertung des Endlagersystems)**

Die umfassende Bewertung des Endlagersystems stellt die zentrale Aussage einer vorläufigen Sicherheitsuntersuchung dar. Im Kern beinhaltet sie nach § 27 Absatz 1 StandAG eine Prognose über die zu erwartende Qualität des erreichbaren Einschlusses der radioaktiven Abfälle im jeweiligen Untersuchungsraum, wobei die entsprechenden Anforderungen nach § 4 EndlagerSiAnfV als Maßstab heranzuziehen sind.

Neben der reinen Erfüllung der Anforderungen ist jedoch auch die Robustheit des Endlagersystems ein wichtiger Maßstab. Da über den langen Betrachtungszeitraum von einer Million Jahren verschiedene Entwicklungen des Endlagersystems denkbar sind, die über die systematische Betrachtung nach § 7 Absatz 2 abgedeckt werden, sollte das Endlagersystem für diese unterschiedlichen Entwicklungen die gestellten Anforderungen möglichst zuverlässig einhalten. Aspekte der Robustheit, die für die Bewertung relevant sind, umfassen beispielsweise die Unempfindlichkeit der Komponenten des Endlagersystems jeweils für sich wie auch im Zusammenwirken gegen äußere und innere Einwirkungen, Sicherheitsreserven im Sinne von Eigenschaften, die zwar vorhanden sind und zur Sicherheit beitragen, aber bei der Systemanalyse auf Grund einer konservativen Betrachtungsweise nicht oder nur teilweise berücksichtigt wurden, oder „latente“ Sicherheitsfunktionen, die greifen, wenn andere Komponenten des Endlagersystems ihren Zweck nicht vollumfänglich erfüllen.

Im Verlauf des Standortauswahlverfahrens werden die Informationen über die jeweils noch in Frage kommenden Gebiete wegen der durchzuführenden Erkundungsmaßnahmen immer umfassender und detaillierter. Daher werden auch die nach diesem Paragraphen abzugebenden Bewertungen der betrachteten Endlagersysteme entsprechend an Umfang und Tiefgang zunehmen. Während sie sich in den repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen voraussichtlich im Wesentlichen auf die Kernbereiche der Bewertung, insbesondere den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle, beschränken müssen, ist spätestens bei den umfassenden vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen davon auszugehen, dass sich die Bewertung an den im späteren Genehmigungsverfahren nach § 9b Absatz 1a AtG zu führenden Sicherheitsnachweis annähert. Dies wird auch daran deutlich, dass nach § 23 Absatz 4 StandAG zum Zeitpunkt des abschließenden Standortvorschlages durch den Vorhabenträger die Erfüllung aller Mindestanforderungen standortspezifisch nachzuweisen ist.

### **Zu § 11 (Bewertung von Ungewissheiten)**

#### **Zu Absatz 1**

Im Rahmen der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen müssen Prognosen über mögliche Entwicklungen der untersuchten Endlagersysteme in einem Zeitraum von einer Million Jahren erstellt werden, gleichzeitig werden die als Endlagerstandort in Frage kommenden Gebiete erst im Laufe des Standortauswahlverfahrens tiefergehend erkundet. Daher sind die Aussagen der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen natürlicherweise mit Ungewissheiten behaftet, die sich auch wechselseitig voneinander abhängen können, und mit denen in transparenter und nachvollziehbarer Weise umgegangen werden muss. Gerade bei den repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen, für die keine spezifischen Erkundungsarbeiten durchgeführt werden, muss darüber hinaus davon ausgegangen werden, dass die für die verschiedenen Untersuchungsräume vorliegenden Daten einen sehr unterschiedlichen Umfang und Detaillierungsgrad haben und daher an vielen Stellen möglichst plausible Annahmen getroffen werden müssen.

### **Zu Absatz 2**

Eine transparente und nachvollziehbare Darstellung, in welcher Art und Weise mit vorhandenen Ungewissheiten umgegangen worden ist und welchen Einfluss dies auf die sicherheitsbezogenen Aussagen der Untersuchungen hat, ist erforderlich, da die vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen in jeder Phase eine wichtige Grundlage für den abwägenden Vergleich der verschiedenen Untersuchungsräume darstellen. Insbesondere für die repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen, bei denen absehbar an vielen Stellen nur auf plausible Annahmen zurückgegriffen werden kann, muss nachvollziehbar sein, ob sicherheitstechnische Vor- oder Nachteile einzelner Untersuchungsräume an Hand tatsächlich vorliegender Daten abgeleitet wurden oder aus Annahmen resultieren, und mit welchen Ungewissheiten sie behaftet sind.

### **Zu Absatz 3**

Viele Ungewissheiten, beispielsweise die standortspezifischen Eigenschaften von möglichen Wirtsgesteinen oder die genauen Spezifikationen von technischen oder geotechnischen Barrieren, lassen sich durch Erkundungs- beziehungsweise Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen beseitigen oder zumindest reduzieren, während andere nur eingeschränkt durch solche Maßnahmen zugänglich sind. Die vorhandenen Ungewissheiten im Hinblick auf diesen Aspekt zu untersuchen hat zwei Ziele: Zum einen können die reduzierbaren Ungewissheiten so bei der Ableitung des Erkundungs- sowie Forschungs- und Entwicklungsbedarfs nach § 12 gezielt adressiert werden. Zum anderen kann so nachvollzogen werden, welche Endlagersysteme nur ein geringes Maß an nicht reduzierbaren Ungewissheiten und somit eine höhere Prognosesicherheit und letztlich auch eine robustere Sicherheitsaussage bieten.

### **Zu § 12 (Ableitung des Erkundungs- sowie Forschungs- und Entwicklungsbedarfs)**

#### **Zu Absatz 1**

##### **Zu Nummer 1**

Die Identifikation standortspezifischer Erkundungsbedarfe dient als Grundlage für die Entwicklung der Erkundungsprogramme nach § 14 Absatz 3 beziehungsweise § 16 Absatz 2 StandAG für die jeweils nächste Phase des Standortauswahlverfahrens. Auch im Zuge der umfassenden vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen können noch Erkundungsbedarfe für das nachfolgende Genehmigungsverfahren ausgewiesen werden. Diese werden jedoch eher Einzelheiten der endgültigen Auslegung des Endlagers betreffen, beispielsweise die genaue Positionierung von Einlagerungskammern; der abschließende Standortvergleich und die Entscheidung zugunsten eines Standortes muss jedoch auf der Grundlage der zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Erkenntnisse möglich sein.

##### **Zu Nummer 2**

Auch sonstige Forschungs- und Entwicklungsbedarfe unabhängig von der durchzuführenden geowissenschaftlichen Erkundung, insbesondere Forschungs- und Entwicklungsbedarfe zu den technischen und geotechnischen Komponenten des Endlagersystems und deren Realisierung, müssen auf der Grundlage der Bewertung der Ungewissheiten nach § 10 identifiziert und auch priorisiert werden. Ziel ist, dass die relevanten Fragestellungen rechtzeitig durch entsprechende Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen adressiert werden, sodass die jeweiligen Vorschläge des Vorhabenträgers in den verschiedenen Phasen des Standortauswahlverfahrens auf einer entsprechenden Erkenntnisgrundlage erfolgen.

Analog zu den Ausführungen in der Begründung zu Nummer 1 können auch hier Bedarfe für das nachfolgende Genehmigungsverfahren in den umfassenden vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen ausgewiesen werden, die abschließende Standortentscheidung muss aber bereits möglich sein.

#### **Zu Absatz 2**

Damit die nach § 16 Absatz 2 StandAG abzuleitenden Prüfkriterien die für die jeweiligen Standorte relevanten Fragestellungen erfassen können, müssen diese Fragestellungen im



Rahmen der weiterentwickelten vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen herausgearbeitet und entsprechende Vorschläge für Prüfkriterien entwickelt werden.

**Zu Artikel 3 (Inkrafttreten)**

Dieser Artikel regelt das Inkrafttreten der Verordnung.