Gutachten zu dem Referentenentwurf des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit vom 11.07.2019 zur Verordnung über die sicherheitstechnischen Anforderungen an die Entsorgung hochradioaktiver Abfälle[1]

Vorwort

Das beauftragte Gutachten konzentriert sich auf die Klärung der in der Ausschreibung konkret gestellten acht Fragen, insofern steht hier der Referentenentwurf (Referentenentwurf des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit vom 11.07.2019 zur Verordnung über die sicherheitstechnischen Anforderungen an die Entsorgung hochradioaktiver Abfälle) nicht vollumfänglich zur Diskussion. Maßstab für die Beantwortung der Fragen ist gemäß Ausschreibung der Stand von Wissenschaft und Technik. Der Standard „Stand von Wissenschaft und Technik“ muss die neuesten technischen und wissenschaftlichen Erkenntnisse umfassen und kann demgemäß nicht durch das gegenwärtig Realisierte und Machbare begrenzt sein.

Die Fragen betreffen die Sachverhalte: vorgesehene Dosiswerte und Regelungen zu deren Abschätzung, Wahrscheinlichkeitsklassen/menschliche Aktivitäten, Deckgebirge als Teil der wesentlichen Barriere, Leckrate zum Nachweis der Langzeitsicherheit, Lagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle, validiertes Stilllegungskonzept, Neutronenmultiplikationsfaktor, weiterer Nachbesserungsbedarf am Referentenentwurf.

---

[1] Erstellt von Prof. Dr.-Ing. habil. Manfred Mertins, Professor an der TH Brandenburg für die Themen kritische Infrastrukturen und Reaktorsicherheit, Erfahrungen auf dem Gebiet der Sicherheit kerntechnischer Anlagen seit mehr als 40 Jahren.

Inhalt

1 Sachverhalt 5

2 Thesen aus dem Angebot vom 16.10.2019 zur Erstellung des Gutachtens mit Bezug zu den genannten 8 Fragen 8

2.1 Definition des Standes von Wissenschaft und Technik 8

2.2 Zur Frage 1: vorgesehene Dosiswerte und Regelungen zu deren Abschätzung 9

2.3 Zur Frage 2: Wahrscheinlichkeitsklassen/menschliche Aktivitäten 9

2.4 Zur Frage 3: Deckgebirge als Teil der wesentlichen Barriere 10

2.5 Zur Frage 4: Leckrate zum Nachweis der Langzeitsicherheit 11

2.6 Zu Frage 5: Lagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle 11

2.7 Zur Frage 6: validiertes Stilllegungskonzept 12

2.8 Zur Frage 7: Neutronenmultiplikationsfaktor 13

2.9 Zur Frage 8: weiterer Nachbesserungsbedarf 13

3 Stellungnahmen zu den Fragen 14

3.1 Entsprechen die in § 7 Entwurf EndlSiAnfV vorgesehenen Dosiswerte und Regelungen zu deren Abschätzung dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik oder müssten im Hinblick auf den nach § 1 Abs. 2 StandAG zu ermittelnden Standort mit der bestmöglichen Sicherheit niedrigere Werte und/ oder andere Abschätzungen festgelegt werden? (Frage 1) 14

3.1.1 Text § 7 Entwurf EndlSiAnfV : § 7 Dosiswerte im Nachweiszeitraum 14

3.1.2 Stellungnahme 15

3.1.3 Zusammenfassung 19

3.2 Entspricht die in § 3 Entwurf EndlSiAnfV neu geregelte Aufteilung in die drei Wahrscheinlichkeitsklassen und die in § 3 Abs. 7 Entwurf EndlSiAnfV vorgesehene Einordnung von „Entwicklungen, die durch zukünftige menschliche Aktivitäten, insbesondere durch unbeabsichtigtes menschliches Eindringen in das Endlager, ausgelöst werden können und die für die Sicherheit des Endlagers relevant werden können“ dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik? (Frage 2) 19

3.2.1 Text § 3 (7) Entwurf EndlSiAnfV: § 3 Mögliche und hypothetische Entwicklungen des Endlagersystems 20
3.2.2 Stellungnahme: 20
3.2.3 Zusammenfassung 24
3.3 Muss nach dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik das Deckgebirge als Teil der wesentlichen Barriere im Sinne des § 4 Abs. 3 Entwurf EndlSiAnfV berücksichtigt werden? (Frage 3) 25
3.3.1 Text § 4 (3) Entwurf EndlSiAnfV: § 4 Sicherer Einschluss der radioaktiven Abfälle 25
3.3.2 Stellungnahme 26
3.3.3 Zusammenfassung 27
3.4 Entspricht die in § 4 Abs. 4 Entwurf EndlSiAnfV für zu erwartende Entwicklungen festgelegte maximale Leckrate zum Nachweis der Langzeitsicherheit eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik oder müssten im Hinblick auf den nach § 1 Abs. 2 StandAG zu ermittelnden Standort mit der bestmöglichen Sicherheit niedrigere Werte festgelegt werden? (Frage 4) 28
3.4.1 Text § 4 (4) Entwurf EndlSiAnfV: Sicherer Einschluss der radioaktiven Abfälle 28
3.4.2 Stellungnahme 28
3.4.3 Zusammenfassung 29
3.5 Gelten die Anforderungen im Verordnungsentwurf insbesondere die des Abschnitts 2 zur Langzeitsicherheit nur für hochradioaktive Abfälle, oder sind diese auf Grund der §§ 1 Abs. 2 und 21 Entwurf EndlSiAnfV auch auf die ggf. am selben Standort zu lagernden schwach- und mittelradioaktiven Abfälle anzuwenden? (Frage 5) 30
3.5.1 Text §1 (2) Entwurf EndlSiAnfV sowie §21 Entwurf EndlSiAnfV 30
3.5.2 Stellungnahme 31
3.5.3 Zusammenfassung 33
3.6 Zu welchem Zeitpunkt müsste ein validiertes Stilllegungskonzept für das Endlager vorliegen, und wie müsste dieses aussehen? (Frage 6) 33
3.6.1 Text § 16 Betrieb des Endlagers, Voraussetzungen für die Genehmigung 33

3.6.2 Stellungnahme 34
3.6.3 Zusammenfassung 36
3.7 Entspricht der in § 8 Abs. 2 S. 1 Entwurf EndlSiAnfV festgelegte Neutronenmultiplikationsfaktor sowie die in der Anlage des Entwurfs EndlSiAnfV geregelte Berechnung zum Nachweis des Ausschlusses der Kritikalität (sich selbst tragende Kettenreaktionen) dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik? (Frage 7) 36
3.7.1 Text §8 Abs. 2 Entwurf EndlSiAnfV: Ausschluss von Kritikalität 36
3.7.2 Stellungnahme 36
3.7.3 Zusammenfassung 38
3.8 Gibt es andere Stellen in dem Verordnungsentwurf, bei denen ein Nachbesserungsbedarf besteht? (Frage 8) 38
3.8.1 Stellungnahme 38

1 Sachverhalt

Mit mail vom 04.10.2019 wurde durch das Umweltbundesamt ein Auftrag zur Erstellung eines Gutachtes „zu dem Referentenentwurf des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit vom 11.07.2019 zur Verordnung über die sicherheitstechnischen Anforderungen an die Entsorgung hochradioaktiver Abfälle“ ausgeschrieben. Auf der Grundlage des diesbezüglichen Angebotes vom 16.10.2019 erfolgte die Vergabe zur Erstellung des Gutachtens durch das Umweltbundesamt mit Schreiben vom 25.10.2019 (Projektnr. 131552). Das Gutachten orientiert sich an der Aufgabenbeschreibung des Umweltbundesamtes vom 04.10.2019 und den diesbezüglichen Thesen im Angebot vom 16.10.2019.

Die Aufgabenbeschreibung für das zu erstellende Gutachten lautet: „Das Nationale Begleitgremium (NBG) hat im Rahmen seiner 33. Sitzung am 26. September 2019 in Freiburg unter anderem beschlossen, zwei Gutachten zum Referentenentwurf des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) vom 11.07.2019 zur Verordnung über die sicherheitstechnischen Anforderungen an die Entsorgung hochradioaktiver Abfälle (Verordnungsentwurf) einzuholen.

Der Verordnungsentwurf enthält in Artikel 1 die Endlagersicherheitsanforderungsverordnung (EndlSiAnfV) und in Artikel 2 die Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung (EndlSiUntV). Artikel 1, also der Entwurf zur EndlSiAnfV basiert auf den als internes Arbeitspapier des BMU nicht allgemein verbindlichen Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle (SiAnf 2010) und enthält im Vergleich zu dem Vorgänger von 2010 einige Abweichungen und Neuregelungen. Begründet werden diese mit der infolge des Standortauswahlgesetz (StandAG) 2017 geänderten Rechtslage und mit der Umsetzung von Empfehlungen der Endlagerkommission. Artikel 2, also der Entwurf zur EndlSiUntV, ist neu und enthält Regelungen zur Durchführung der für alle 3 Phasen des Standortauswahlverfahrens vorgesehenen Sicherheitsuntersuchungen. Diese Regelungen orientieren sich laut Begründung zum Verordnungsentwurf am „international üblichen Vorgehen bei der Erstellung eines

sog. „Safety Case“ und den entsprechenden Empfehlungen der Endlagerkommission“.

Im Gutachten sollen die folgenden Fragen zum Verordnungsentwurf geklärt werden:

- Frage 1: vorgesehene Dosiswerte und Regelungen zu deren Abschätzung

Entsprechen die in § 7 Entwurf EndlSiAnfV vorgesehenen Dosiswerte und Regelungen zu deren Abschätzung dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik oder müssten im Hinblick auf den nach § 1 Abs. 2 StandAG zu ermittelnden Standort mit der bestmöglichen Sicherheit niedrigere Werte und/ oder andere Abschätzungen festgelegt werden?

- Frage 2: Wahrscheinlichkeitsklassen/menschliche Aktivitäten

Entspricht die in § 3 Entwurf EndlSiAnfV neu geregelte Aufteilung in die drei Wahrscheinlichkeitsklassen und die in § 3 Abs. 7 Entwurf EndlSiAnfV vorgesehene Einordnung von „Entwicklungen, die durch zukünftige menschliche Aktivitäten, insbesondere durch unbeabsichtigtes menschliches Eindringen in das Endlager, ausgelöst werden können und die für die Sicherheit des Endlagers relevant werden können“ dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik?

- Frage 3: Deckgebirge als Teil der wesentlichen Barriere

Muss nach dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik das Deckgebirge als Teil der wesentlichen Barriere im Sinne des § 4 Abs. 3 Entwurf EndlSiAnfV berücksichtigt werden?

- Frage 4: Leckrate zum Nachweis der Langzeitsicherheit

Entspricht die in § 4 Abs. 4 Entwurf EndlSiAnfV für zu erwartende Entwicklungen festgelegte maximale Leckrate zum Nachweis der Langzeitsicherheit eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik oder müssten im Hinblick auf den nach § 1 Abs. 2 StandAG zu ermittelnden Standort mit der bestmöglichen Sicherheit niedrigere Werte festgelegt werden?

- Frage 5: Lagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle

Gelten die Anforderungen im Verordnungsentwurf insbesondere die des Abschnitts 2 zur Langzeitsicherheit nur für hochradioaktive Abfälle, oder sind diese auf Grund der §§ 1 Abs. 2 und 21 Entwurf EndlSiAnfV auch auf die ggf. am selben Standort zu lagernden schwach- und mittelradioaktiven Abfälle anzuwenden?

- Frage 6: validiertes Stilllegungskonzept

Zu welchem Zeitpunkt müsste ein validiertes Stilllegungskonzept für das Endlager vorliegen, und wie müsste dieses aussehen?

- Frage 7: Neutronenmultiplikationsfaktor

Entspricht der in § 8 Abs. 2 S. 1 Entwurf EndlSiAnfV festgelegte Neutronenmultiplikationsfaktor sowie die in der Anlage des Entwurfs EndlSiAnfV geregelte Berechnung zum Nachweis des Ausschlusses der Kritikalität (sich selbst tragende Kettenreaktionen) dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik?

- Frage 8: weiterer Nachbesserungsbedarf

Gibt es andere Stellen in dem Verordnungsentwurf, bei denen ein Nachbesserungsbedarf besteht?

2 Thesen aus dem Angebot vom 16.10.2019 zur Erstellung des Gutachtens mit Bezug zu den genannten 8 Fragen[2]

2.1 Definition des Standes von Wissenschaft und Technik

Nach § 7 AtG[3] bedürfen die Errichtung, der Betrieb oder das Innehaben einer ortsfesten Anlage zur Erzeugung, Bearbeitung, Verarbeitung oder zur Spaltung von Kernbrennstoffen, eine wesentliche Veränderung der Anlage oder ihres Betriebes und auch die Stilllegung der Genehmigung.

Eine solche Genehmigung darf nur erteilt werden, wenn die in § 7 Absatz 2 AtG genannten Genehmigungsvoraussetzungen erfüllt sind, das heißt wenn, u.a. die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden getroffen ist.

Der Stand der Wissenschaft und Technik als Maßstab stellt die höchste Form eines zu erreichenden Sicherheitsniveau dar. Es kommt dabei auf die „derzeitigen menschlichen Erkenntnisse“ an, eben nicht nur auf das derzeit in Normen niedergelegte Wissen. Das BVerfG fasst im Kalkar- Beschluss[4] zusammen: Der Maßstab des Standes der Wissenschaft und Technik „übt einen noch stärkeren Zwang dahin aus, dass die rechtliche Regelung mit der wissenschaftlichen und technischen Entwicklung Schritt hält. Es muss diejenige Vorsorge gegen Schäden getroffen werden, die nach den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen für erforderlich gehalten wird. Lässt sie sich technisch noch nicht verwirklichen, darf die Genehmigung nicht erteilt werden.“

Der Technikstandard „Stand von Wissenschaft und Technik“, umfasst die neuesten technischen und wissenschaftlichen Erkenntnisse und ist insbesondere nicht durch das gegenwärtig Realisierte und Machbare begrenzt.

---

[2] In Einzelfällen erfolgten Änderungen an den Thesen aus dem Angebot vom 16.10.2019. Änderungen betreffen jedoch keine inhaltlichen Aussagen.

[3] AtG: Atomgesetz

[4] BVerfG, Beschluss vom 08.08.1978 - 2 BvL 8/77

Die Bewertung der gestellten 8 Fragen muss sich demgemäß am Stand von Wissenschaft und Technik orientieren und kann insofern nicht durch Bezüge zu jeweils geltenden regulatorischen Regelungen oder Empfehlungen – international und national – begrenzt sein.

2.2 Zur Frage 1: vorgesehene Dosiswerte und Regelungen zu deren Abschätzung

These:

Es gibt keinerlei Rechtfertigung für einen höheren Dosisgrenzwert von 0,1 Millisievert pro Jahr bei Eintritt abweichender Entwicklungen, insofern wären einheitliche Dosisgrenzwerte für alle in Betracht kommenden Entwicklungen des Endlagersystems festzusetzen. Zudem sollte aus Vorsorgegründen eine Senkung des Dosisgrenzwerts für die Bevölkerung auf 0,01 mSv pro Jahr und die Begrenzung der Kollektivdosis bei Maßnahmen mit Umweltkontaminationen, die die Bevölkerung betreffen, erfolgen. In konsequenter Anwendung des Minimierungsgebotes nach StrlSchV sollte die Zahl der Personen, die von zusätzlichen Strahlenexpositionen durch ein Endlager betroffen sein könnten, möglichst gering gehalten werden.

2.3 Zur Frage 2: Wahrscheinlichkeitsklassen/menschliche Aktivitäten

These:

Nach Stand von Wissenschaft und Technik ist die Sicherheit kerntechnischer Anlagen durch ein gestaffeltes Sicherheitskonzept („Defence-in-Depth“) zum Schutz der mehrfach erforderlichen Barrieren gegen den Austritt radioaktiver Stoffe zu gewährleisten. In diesem Konzept ist die Vorsorge in einem Umfang sicher zu stellen, dass eine Freisetzung mit Folgen für die Bevölkerung und die Umgebung praktisch auszuschließen ist. Es gelten die zwei wesentlichen allgemeinen Schutzziele:

- „Dauerhafter Schutz von Mensch und Umwelt vor der ionisierenden Strahlung und sonstigen schädlichen Wirkungen dieser Abfälle
- Vermeidung unzumutbarer Lasten und Verpflichtungen für zukünftige Generationen“ [5]

Das auf deterministischen Grundlagen ausgerichtete Sicherheitskonzept muss wirksam sein bei unterschiedlichen Einwirkungen, wie z.B.:

- Anstatt Wahrscheinlichkeitsklassen zu definieren, sollte die detaillierte Auseinandersetzung mit als kritisch anzusehenden, deterministisch anzusetzenden Szenarien auf jeder der Sicherheitsebenen des gestaffelten Sicherheitskonzepts erfolgen.
- Um die bestmögliche Sicherheit des Standortes zu erreichen sind auch als hypothetisch anzusehende Entwicklungen zu definieren und zu betrachten.
- Menschliches Einwirken ist nicht als hypothetischer Fall zu klassifizieren. Es sind die Voraussetzungen dafür schaffen, dass künftige Generationen ein unbeabsichtigtes Eindringen auch vermeiden können.
- Angesichts der Klimakrise sind heute auch Klimaentwicklungen einzubeziehen, die es in der Vergangenheit nicht gab, die aber angesichts der menschengemachten Erderwärmung zu erwarten oder möglich sind.

2.4 Zur Frage 3: Deckgebirge als Teil der wesentlichen Barriere

These:

Nach dem Standortauswahlgesetz umfasst das Barrierensystem des Endlagers das Endlagerbergwerk, die technischen und geologischen Barrieren sowie die „umgebenden oder überlagernden geologischen Schichten bis zur Erdoberfläche“.[6] Im Falle zu betrachtender abweichender Entwicklungen trägt das Deckgebirge zum Gesamtrückhaltevermögen bei. Die Eigenschaften des Deckgebir-

[5] Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle. Stand 30. September 2010. S. 8f

[6] Standortauswahlgesetz, § 2 Nr. 11.

ges als Barriere wären somit auch Teil der erforderlichen Anforderungen für den Sicherheitsnachweis.

2.5 Zur Frage 4: Leckrate zum Nachweis der Langzeitsicherheit

These:

Die Überschrift des § 4 Entwurf EndlSiAnfV lautet „Sicherer Einschluss der radioaktiven Abfälle“. Im Weiteren wird dazu als Widerspruch in § 4 Abs. 4 Entwurf EndlSiAnfV für zu erwartende Entwicklungen jedoch eine maximale Leckrate festgelegt.

Nach Stand von Wissenschaft und Technik sollte jedoch als Ziel der Auslegung der vollständige Einschluss der Abfälle angegeben werden. Insofern ist eine nachzuweisende Anforderung einer Leckrate nicht zielführend. Zudem muss für eine Million Jahre sichergestellt sein, dass „Expositionen aufgrund von Freisetzungen radioaktiver Stoffe aus dem Endlager geringfügig im Vergleich zur natürlichen Strahlenexposition sind“ [7]

2.6 Zu Frage 5: Lagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle

These:

Im Standortauswahlgesetz sind für den Fall einer zusätzlichen Endlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle am Standort eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle bereits Bedingungen formuliert. Danach muss bei einer zusätzlichen Endlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle der Nachweis erbracht werden, dass „die gleiche bestmögliche Sicherheit des Standortes wie bei der alleinigen Endlagerung hochradioaktiver Abfälle gewährleistet ist“.[8]

[7] Standortauswahlgesetz § 26, 2 Nr. 1.

[8] Standortauswahlgesetz. § 1, 6.

Im Referentenentwurf § 21, 1. (S. 12) wird von dieser Forderung abgewichen, indem Einschränkungen zugelassen werden:

„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."

Ähnliche nachteilige Einschränkungen finden sich auch im Absatz 2.

Die im Standortauswahlgesetz formulierte Zielsetzung nach bestmöglicher Sicherheit für den Fall einer zusätzlichen Endlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle am Standort entspricht dem Stand von Wissenschaft und Technik und wäre entsprechend umzusetzen.

2.7 Zur Frage 6: validiertes Stilllegungskonzept

These

Grundlage für die Erteilung einer Betriebsgenehmigung z.B. für Kernkraftwerke (KKW) sind u.a. der Nachweis der Erfüllung der Anforderung „Verwendung qualifizierter Werkstoffe, Fertigungs- und Prüfverfahren sowie betriebsbewährte oder ausreichend geprüfte Einrichtungen" und weiter „Sicherstellung und Erhalt der Qualitätsmerkmale bei Fertigung, Errichtung und Betrieb."[9]

Dem folgend muss ein überprüftes – soweit möglich und nötig auch unter Betriebsbedingungen - und genehmigtes Stilllegungskonzept die Grundlage für die Betriebsgenehmigung sein. Im gewissen Maße können mit dem Mittel von Auf-

[9] Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke vom 22. November 2012, Neufassung vom 3. März 2015 (BAnz AT 30.03.2015 B2)

lagen ergänzende Untersuchungen festgelegt werden, jedoch nur solche, die nicht für die Sicherheit von Bedeutung sind.

2.8 Zur Frage 7: Neutronenmultiplikationsfaktor

These:

Für Spaltstoffsysteme bedeutet in der Regel ein berechneter Wert von keff <0,95 den Nachweis der Kritikalitätssicherheit. Ungenauigkeiten der Berechnung sowie Fertigungstoleranzen von Behältern und Apparaten sind zur sicheren Seite hin zu berücksichtigen. Auch die chemischen, physikalischen und verfahrenstechnischen Randbedingungen sind unter Beachtung der betrieblichen Gegebenheiten zur sicheren Seite hin zu wählen. In einzelnen, durch eine Vielzahl von Berechnungen oder durch sorgfältige Experimente gestützten Fällen kann über keff = 0,95 hinausgegangen werden. Liegen keine Experimente vor, so sollte der berechnete Multiplikationsfaktor keff einen Wert von 0,90 nicht überschreiten.[10]

2.9 Zur Frage 8: weiterer Nachbesserungsbedarf

These:

Der Referentenentwurf enthält eine Reihe unbestimmter Begriffe, die im Sinne des Standes von Wissenschaft und Technik einer Präzisierung bedürfen, z.B. „nicht erheblich“, „geringfügig“, „weitgehend“ usw.

Im § 9 des Referentenentwurfs – Langzeitsicherheitsanalyse – wäre z.B. die „realitätsnahe Modellierung“ durch „Modellierungen auf Grundlage realitätsnaher Annahmen" zu ersetzen.

[10] W. Thomas: Kriterien bei der Beurteilung der Kritikalitätssicherheit. atw 4/78, p. 182 – 184, 1978., sh. auch Handbuch zur Kritikalität, Band 1, Kritikalität und nukleare Sicherheit, GRS 379, April 2015

Für die Gesamtheit der in Betracht kommenden Entwicklungen ist zu verlangen und nachzuweisen, dass radioaktive Belastungen durch den Austrag von Radionukliden aus einem Endlager tatsächlich geringfügig sind.

Der hohen Bedeutung des Mensch-Technik-Organisation (MTO) – Konzepts für die Sicherheit kerntechnischer Anlagen sollten Anforderungen an ein integriertes Managementsystem formuliert und umgesetzt werden.

3 Stellungnahmen zu den Fragen

3.1 Entsprechen die in § 7 Entwurf EndlSiAnfV vorgesehenen Dosiswerte und Regelungen zu deren Abschätzung dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik oder müssten im Hinblick auf den nach § 1 Abs. 2 StandAG zu ermittelnden Standort mit der bestmöglichen Sicherheit niedrigere Werte und/ oder andere Abschätzungen festgelegt werden? (Frage 1)

3.1.1 Text § 7 Entwurf EndlSiAnfV : § 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.

3.1.2 Stellungnahme[11]

Gemäß §3 Entwurf EndlSiAnfV beträgt der Nachweiszeitraum eine Million Jahre ab dem vorgesehenen Verschluss des Endlagers. Bei den zu „erwartenden Entwicklungen“ handelt es sich um „diejenigen Entwicklungen, die sicher oder in der Regel eintreten werden“. Weiterhin sind „als abweichende Entwicklungen einzuordnen 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.“ Im Weiteren sind hypothetische Entwicklungen des Endlagersystems und der geologischen Situation am Endlagerstandort zu beschreiben und bezüglich der radiologischen Auswirkungen zu bewerten.

Ziel der Endlagerung radioaktiver Abfälle in tiefen geologischen Formationen muss es sein, schädliche Auswirkungen auf Menschen und Umwelt langfristig, also für den Nachweiszeitraum von einer Million Jahre ab dem vorgesehenen Verschluss des Endlagers für die Gesamtheit der Entwicklungen, zu verhindern, konkreter gesagt praktisch auszuschließen. In einer Langzeitsicherheitsanalyse ist somit nachzuweisen, ob vom Endlager während der nächsten eine Million Jahre radiologische Auswirkungen auf die Biosphäre ausgehen können. Dazu sind alle denkbaren zukünftigen Zustände, Ereignisse und Prozesse, also die Gesamtheit der Entwicklungen, zu entsprechenden Szenarien zu kombinieren und der Analyse zu Grunde zu legen. Um in einer solchen Analyse die Anforderung an die Bewertung der Unsicherheiten zu erfüllen, ist eine systematische Erfassung aller Unsicherheiten, der aleatorischen und epistemischen Unsicherheiten, in den relevanten Schritten unter Beachtung des Zeithorizontes in der Analyse erforderlich. Angesichts der mit der überaus langen Analysezeit verbundenen Ungewissheiten ist es deshalb notwendig, ein Endlager über längere Zeiträume kontrollieren zu können, um die jeweils eingegangenen Anfangs- und Randbedingungen in der Analyse bezüglich deren gegebenenfalls weiteren Gültigkeit zu prüfen. Vorsorge im Sinne eines Monitorings und einer Rückholbarkeit muss es auch erlauben, Abweichungen vom erwarteten Verhalten des Lagers frühzeitig zu erkennen und ggf. Korrekturen am Entsorgungskonzept vorzunehmen.

---

[11] In die Stellungnahme wurden die Aussagen der „BUND-Stellungnahme zum Referentenentwurf der Verordnung über die sicherheitstechnischen Anforderungen an die Entsorgung hochradioaktiver Abfälle und der Verordnung über Anforderungen an die Durchführung der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen im Standortauswahlverfahren für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle, Berlin, 19. September 2019“, soweit zutreffend, einbezogen.

Ein Endlager soll letztlich über eine Million Jahre hinweg Sicherheit gewährleisten. Die Beurteilung der Sicherheit einer Entsorgung kann daher keine Momentaufnahme sein, sondern muss auf einen zeitlichen Verlauf ausgerichtet sein, in dem sich die Sicherheit verändern kann und sicherlich auch wird.

Ganz grundsätzlich muss vorausgesetzt werden, dass für die Sicherheit eines Endlagers keine aktiven Maßnahmen erforderlich sein dürfen, es ist den Gesetzen der Natur zu vertrauen. Dabei muss sichergestellt sein, dass die aus einem Endlager resultierende Strahlenexposition niedrig gegenüber der natürlichen Strahlung über den Betrachtungszeitraum bleibt. Künftige Auswirkungen für Mensch und Umwelt müssen daran gemessen werden und dürfen das Maß der heute akzeptierten Auswirkungen keineswegs überschreiten. Es muss überdies möglich sein, künftigen Erkenntnisgewinnen hinsichtlich einer weiteren, gegebenenfalls erforderlichen Reduzierung der Auswirkungen zu entsprechen.

Nach Stand von Wissenschaft und Technik gilt sowohl international[12] als auch national[13], dass z.B. KKW nur ausgelegt, errichtet und betrieben werden dürfen wenn

- Freisetzungen radioaktiver Stoffe in die Umgebung der Anlage aufgrund eines frühzeitigen Versagens oder einer Umgehung des Sicherheitsbehälters, die Maßnahmen des anlagenexternen Notfallschutzes erfordern, für deren Umsetzung nicht ausreichend Zeit zur Verfügung steht (frühe Freisetzung) oder
- Freisetzungen radioaktiver Stoffe in die Umgebung der Anlage, die räumlich umfangreiche und zeitlich langandauernde Maßnahmen des anlagenexternen Notfallschutzes erfordern (große Freisetzung)

praktisch ausgeschlossen[14] oder die radiologischen Auswirkungen soweit begrenzt sind, dass Maßnahmen des anlagenexternen Notfallschutzes nur in räumlich und zeitlich begrenztem Umfang erforderlich werden.

---

[12] IAEA: Specific Safety Requirements SSR-2/1 (Rev. 1), Safety of Nuclear Power Plants: Design, Vienna 2016
EU: RICHTLINIE DES RATES 2014/87/EURATOM vom 8. Juli 2014 zur Änderung der Richtlinie 2009/71/Euratom über einen Gemeinschaftsrahmen für die nukleare Sicherheit kerntechnischer Anlagen

[13] Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke vom 22. November 2012, Neufassung vom 3. März 2015 (BAnz AT 30.03.2015 B2)

Dabei sind der Auslegung zu Grunde zu legen:

a) die jeweils folgenschwersten Einwirkungen von innen oder zu unterstellender Einwirkungen von außen;

b) die Besonderheiten lange andauernder Einwirkungen von außen;

c) Kombinationen mehrerer zu unterstellender Einwirkungen (z. B. Erdbeben, Hochwasser, ….). Diese Kombinationen müssen dann unterstellt werden, wenn die zu kombinierenden Ereignisse in einem kausalen Zusammenhang stehen können oder wenn ihr gleichzeitiges Eintreten auf Grund der Wahrscheinlichkeit und des Schadensausmaßes in Betracht zu ziehen ist.

Als die folgenschwersten Einwirkungen von außen sind dabei diejenigen Einwirkungen zu unterstellen, die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik standortspezifisch anzunehmen sind. Dies kann auch solche Einwirkungen betreffen, die nach gegenwärtigem Stand noch als hypothetisch zu betrachten wären, im zu betrachtenden Zeithorizont jedoch als realistische Lastannahme anzunehmen sind[15] [16]. Dabei ist auch die zukünftige Entwicklung der Eigenschaften des Standortes im Hinblick auf die zu betrachtenden Einwirkungen von außen in die Analyse einzubeziehen.

Übertragen auf die Sicherheit eines Endlager heißt es, dass nach Stand von Wissenschaft und Technik neben den zu erwartenden Entwicklungen und den abweichenden Entwicklungen auch für hypothetische Entwicklungen der Nachweis der Einhaltung der radiologischen Belastung für Einzelpersonen der Bevölkerung zu erbringen ist. Es ist also für ein solches Belastungsspektrum nachzuweisen, dass die aus einem Endlager resultierende Strahlenexposition für die Gesamtheit der Entwicklungen, einschließlich der nach gegenwärtigen Kriterien noch als hypothetisch eingestuften, niedrig gegen-

---

[14] Das Eintreten eines Ereignisses oder Ereignisablaufs oder Zustands kann als ausgeschlossen angesehen werden, wenn das Eintreten physikalisch unmöglich ist oder wenn mit einem hohen Maß an Aussagesicherheit das Eintreten als extrem unwahrscheinlich angesehen werden kann.

[15] So ist z.B. für die probabilistische Bestimmung der Kenngrößen des Bemessungserdbebens eine Überschreitenswahrscheinlichkeit von 10^{-5}/a zu Grunde zu legen. (KTA 2201.1, Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen, Teil 1: Grundsätze, Fassung 2011-11)

[16] “Today, events with a probability of $>10^{-5}$ per year are being analysed, and the analyses performed as a result of the NAcP and the analyses as part of the design of the ICCS (independent core cooling system) include external events with a probability of $>10^{-6}$ per year.” (Sweden’s Eighth National Report under the Convention on Nuclear Safety, 2019)

über der natürlichen Strahlung über den Betrachtungszeitraum bleibt. Dabei sind die Unsicherheiten (aleatorische und epistemische in ihrer Gesamtheit) in allen relevanten Schritten unter Beachtung des Zeithorizontes in die Analyse und den Nachweis einzubeziehen.

In Übereinstimmung mit dem Standortauswahlgesetz (StandAG) wird in § 7 Absatz 1 des Referentenentwurfs gefordert, dass „Expositionen auf Grund von Austragungen von Radionukliden aus den eingelagerten radioaktiven Abfällen geringfügig im Vergleich zur natürlichen Strahlenexposition sind“.[17]

Die Begründung des Referentenentwurfs stuft jedoch nur die zusätzliche effektive Dosis für zu erwartenden Entwicklungen von 10 Mikrosievert ausdrücklich als geringfügig im Vergleich zur natürlichen Strahlenexposition ein:

„Die zulässige jährliche Dosis von 10 µSv kann im Vergleich zur natürlichen Strahlenbelastung, die in Deutschland durchschnittlich ca. 2100 µSv pro Kalenderjahr beträgt, abhängig vom Wohnort und der individuellen Ernährungs- und Lebensweise jedoch von 1000 µSv bis 10000 µSv pro Kalenderjahr reicht, als geringfügig angesehen werden.“

Die bei abweichenden Entwicklungen zulässige Dosis von 0,1 Millisievert wird dagegen nicht als in dem genannten Sinne geringfügig eingestuft: „Für abweichende Entwicklungen ist ein zusätzlicher effektiver Dosiswert von 100 µSv pro Kalenderjahr zu beachten, der jedoch immer noch deutlich unterhalb der natürlichen Strahlenbelastung liegt.“

Da „deutlich unter der natürlichen Strahlenbelastung“ nicht mit „geringfügig gegenüber der natürlichen Strahlenbelastung“ gleichzusetzen ist, entspricht der Dosiswert für abweichende Entwicklungen von 0,1 Millisievert nicht der Vorgabe von §26 (2) Standortauswahlgesetz, wonach für eine Million Jahre sichergestellt werden muss, dass „Expositionen aufgrund von Freisetzungen radioaktiver Stoffe aus dem Endlager geringfügig im Vergleich zur natürlichen Strahlenexposition sind.“[18]

[17] StandAG. § 7, 1.

[18] StandAG. § 26, 2 Nr. 1.

Ein deutlich unter der natürlichen Strahlenexposition liegender Dosiswert ist nicht mit einem im Vergleich zur natürlichen Strahlenexposition geringfügigen Wert gleichzusetzen. Es zeigt sich, dass die Einführung eines höheren Grenzwerts für abweichende Entwicklungen nicht gerechtfertigt ist.

Überdies fehlt im aktuellen Referentenentwurf im Sinne einer Vorsorge eine Formulierung, nach der die Zahl der Personen, die von zusätzliche Strahlenexpositionen durch ein Endlager betroffen sein könnten, möglichst gering zu halten ist. Eine solcher Hinweis sollte aufgenommen werden.

3.1.3 Zusammenfassung

Es gibt keinerlei Rechtfertigung für einen höheren Dosisgrenzwert von 0,1 Millisievert pro Jahr bei Eintritt abweichender Entwicklungen, insofern wären einheitliche Dosisgrenzwerte für alle in Betracht kommenden Entwicklungen des Endlagersystems festzusetzen.

Zudem sollte aus Vorsorgegründen eine Senkung des Dosisgrenzwerts für die Bevölkerung auf 0,01 mSv pro Jahr und die Begrenzung der Kollektivdosis bei Maßnahmen mit Umweltkontaminationen, die die Bevölkerung betreffen, erfolgen.

In konsequenter Anwendung des Minimierungsgebotes nach StrlSchV[19] sollte die Zahl der Personen, die von zusätzlichen Strahlenexposition durch ein Endlager betroffen sein könnten, möglichst gering gehalten werden.

3.2 Entspricht die in § 3 Entwurf EndlSiAnfV neu geregelte Aufteilung in die drei Wahrscheinlichkeitsklassen und die in § 3 Abs. 7 Entwurf EndlSiAnfV vorgesehene Einordnung von „Entwicklungen, die durch zukünftige menschliche Aktivitäten, insbesondere durch unbeabsichtigtes menschliches Eindringen in das Endlager, ausgelöst werden können und die für die Sicherheit des Endlagers relevant werden

[19] Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV), "Strahlenschutzverordnung vom 29. November 2018 (BGBl. I S. 2034, 2036)"

können“ dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik? (Frage 2)

3.2.1 Text § 3 (7) Entwurf EndlSiAnfV: § 3 Mögliche und hypothetische Entwicklungen des Endlagersystems

(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.

3.2.2 Stellungnahme:

Die Auslegung einer kerntechnischen Anlage ist durch zwei grundlegende Auslegungskonzepte gekennzeichnet:

- Barrierenkonzept,
- Gestaffeltes Sicherheitskonzept (“Defence in Depth”).

Das Barrierenkonzept

Das Barrierenkonzept beinhaltet gestaffelte, im Wesentlichen passiv wirkende Einrichtungen zur Rückhaltung vorhandener radioaktiver Stoffe. Das Konzept wurde abgeleitet aus der Erfahrung, dass kein (technisches) System perfekt ist: Es ist entsprechende Vorsorge zu treffen, dass das Versagen einer Barriere nicht zu einer größeren Freisetzung radioaktiver Stoffe führen kann.

Das gestaffelte Sicherheitskonzept (“Defence in Depth”)

Das gestaffelte Sicherheitskonzept umfasst vier Sicherheitsebenen:

Ebene 1: Normalbetrieb

Ein sicherer und möglichst störfall- und störungsfreier Betrieb ist die erste Stufe zur Gewährleistung eines sicheren Anlagenbetriebs. Durch eine konservative Auslegung der Bauten, Komponenten und Systeme, qualitätsgesicherte Fertigung, Montage, Wartung und Instandhaltung, durch ein selbstregulierendes bzw. gesteuertes Anlageverhalten sowie durch regelmäßige Prüfungen und qualifiziertes Personal wird sichergestellt, dass Betriebsstörungen in der Reaktoranlage möglichst vermieden und in bzgl. ihrer Häufigkeit auf ein Minimum beschränkt bleiben. Auslegungsgrundsätze für KKW sind u.a.:

- Ausreichende Sicherheitsmargen für Bauten, Komponenten und Systeme, eingeschlossen deren Festigkeit und Funktionsfähigkeit unter Störfallbedingungen.
- Optimierte Schnittstelle Mensch/Maschine, klare Anzeigen, Bedienpulte und Informationsanzeigen; ausreichend Zeit für das Bedienpersonal zur Entscheidungsfindung bei Störungen.
- Optimierte Materialwahl, qualifizierte Verarbeitungsprozesse für sicherheitsrelevante Komponenten, um damit ein alterungsbedingtes Versagen möglichst auszuschließen.
- Umfassende Anweisungen, Vorschriften und Regeln für alle Tätigkeiten an sicherheitstechnisch relevanten Bereichen, sowohl für den bestimmungsgemäßen Betrieb wie auch im Störfall.
- Kontinuierliche Ausbildung des Anlagenpersonals auf allen Fachgebieten; regelmä-ßige Ausbildungs- und Übungseinheiten des Personals an Simulatoren, auch zur Übung auslegungsüberschreitender Ereignisse und Zustände.
- Aufzeichnung und Auswertung aller Vorkommnisse in der Anlage, aller Wartungs-, Test- und Reparaturmaßnahmen (“Lernen aus der Erfahrung”). Berücksichtigung der Erfahrungen aus anderen Anlagen.
- Vorsorgliche Instandhaltung und Wartung aller sicherheitsrelevanten Systeme und Komponenten.

Ebene 2: Betriebsstörungen

Falls betriebliche Störungen in der Anlage auftreten, die durch ein selbstregulierendes bzw. gesteuertes Anlageverhalten nicht ausgeregelt werden können, werden diese Stö-rungen grundsätzlich durch zusätzliche automatische Eingriffe aufgefangen. Dabei

wird durch entsprechende Auslegung ein inhärent sicheres Anlageverhalten sichergestellt, d.h. bei einer Störung kommen z.B. ein negativer Rückkoppelungsmechanismus und/oder eine eindeutig sicherheitsgerichtete Systemfunktion zum Tragen.

Die Sicherheitsebenen 1 und 2 sind auch unter dem Begriff des bestimmungsgemäßen Betriebs zusammengefasst.

Ebene 3: Beherrschung von Auslegungsstörfällen

Gemäß der Auslegung sollen Störfälle, die aufgrund der Erfahrung während der Lebensdauer nicht zu erwarten sind, jedoch nach menschlichem Ermessen nicht auszuschließen sind, soweit beherrscht werden können, dass keine unzulässigen radiologischen Auswirkungen in der Umgebung auftreten und ggf. vorgelagerte technische Akzeptanzkriterien eingehalten werden. Diese Ereignisse werden unter dem Sammelbegriff Auslegungsstörfälle zusammengefasst. Mittels Analysen sollen die Fragen

- ob die Sicherheitseinrichtungen die geforderte Wirksamkeit während Störfällen zeigen,
- ob die Beanspruchungen der sicherheitstechnisch wichtigen Anlageteile innerhalb des spezifizierten Rahmens bleiben und
- welche technischen und radiologischen Auswirkungen in der Anlage und in der Umgebung zu erwarten sind

beantwortet werden. Konkret wird dazu der Ablauf eines großen Spektrums von Störfäl-len mittels Modellrechnungen analysiert. Ein solches Vorgehen ist zielführend, sofern systematisch gerade jene Ereignisabläufe identifiziert und analysiert werden, welche die maximalen Beanspruchungen/Auswirkungen verursachen und maximale Anforderun-gen an die Anlage und die Sicherheitseinrichtungen stellen. Dabei sind auch die Ereig-nisabläufe zu analysieren, die repräsentativ für den Nachweis der Einhaltung der radio-logischen Schutzziele sind.

Zur Beherrschung von Auslegungsstörfällen sind Sicherheitseinrichtungen zur Einhaltung der Schutzziele sowie sonstige sicherheitsrelevante Einrichtungen vorhanden. Diese sollen sicherstellen, dass die Anlage bei einem Störfall möglichst automatisch in einen sicheren Zustand überführt wird.

Um eine hohe Zuverlässigkeit in der Einhaltung der Schutzziele sicherzustellen, sind den Sicherheitseinrichtungen deterministische Auslegungsgrundsätze zugrunde gelegt, z.B.:

- Redundanz
- Separation (Bauliche und/oder räumliche Trennung)
- Diversität bestimmter Komponenten
- Test- und Prüffähigkeit der Sicherheitseinrichtungen
- Qualifikation aller Komponenten einer Sicherheitseinrichtung gegen die bei einem Störfall ungünstigsten Bedingungen (Temperatur, Feuchtigkeit, Strahlung usw.).

Ebene 4: Beherrschung auslegungsüberschreitender Ereignisse bzw. Zustände und Minderung der Auswirkungen

Mit den Maßnahmen und Einrichtungen der oben beschriebenen Ebenen 1 bis 3 des Sicherheitskonzepts ist eine weitreichende und umfassende Vorsorge gegen das Eintre-ten von Störfällen, deren anlageninterne Auswirkungen und die dadurch verursachbare Freisetzung radioaktiver Stoffe in die Anlage und die Umgebung getroffen worden. Im Rahmen dieses Auslegungskonzepts werden Störfälle durch die Sicherheitseinrichtun-gen auslegungsgemäß beherrscht, und es dürften somit keine unzulässigen Auswirkungen in der Umgebung auftreten.

Auch bei auslegungsüberschreitenden Ereignissen bzw. Zuständen (Unfällen) ist es das Ziel, die Einhaltung der oben bereits erwähnten Schutzziele sicherzustellen.

Nach Stand von Wissenschaft und Technik ist die Sicherheit kerntechnischer Anlagen durch ein gestaffeltes Sicherheitskonzept („Defence-in-Depth“) zum Schutz der mehrfach notwendigen Barrieren gegen den Austritt radioaktiver Stoffe zu gewährleisten. In diesem Konzept ist die Vorsorge in einem Umfang sicher zu stellen, dass eine Freisetzung mit Folgen für die Bevölkerung und die Umgebung praktisch auszuschließen ist. Es gelten die zwei wesentlichen allgemeinen Schutzziele[20]:

[20] BMU Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle, Stand 30. September 2010

- „Dauerhafter Schutz von Mensch und Umwelt vor der ionisierenden Strahlung und sonstigen schädlichen Wirkungen dieser Abfälle
- Vermeidung unzumutbarer Lasten und Verpflichtungen für zukünftige Generationen“

Das Konzept der gestaffelten Sicherheitsvorsorge ist somit eine zentrale Grundlage für die Sicherheit kerntechnischer Anlagen. Das auf deterministischen Grundlagen ausgerichtete Sicherheitskonzept muss wirksam sein bei unterschiedlichen Einwirkungen:

- Verursacht durch Ausfälle von Systemen und Einrichtungen, bedingt durch technische Ursachen, menschliches Fehlverhalten oder naturbedingte/zivilisatorische Einwirkungen, wie Erdbeben Überflutungen…/Flugzeugabsturz…...
- Einwirkungen Dritter

Bezüglich der erforderlichen Wirksamkeit der sicherheitstechnisch relevanten Einrichtungen sind die als kritisch anzusehenden, deterministisch anzusetzenden Szenarien auf jeder der Sicherheitsebenen des gestaffelten Sicherheitskonzepts festzulegen. Dies muss auf der Grundlage ingenieurtechnischen Wissens, technologischer Kenntnisse und unter Zuhilfenahme probabilistischer und systemtechnischer Analysen erfolgen. D.h. anstatt Wahrscheinlichkeitsklassen zu definieren, muss die detaillierte Auseinandersetzung mit als kritisch anzusehenden, deterministisch anzusetzenden Szenarien auf jeder der Sicherheitsebenen des gestaffelten Sicherheitskonzepts erfolgen. Um die bestmögliche Sicherheit des Standortes zu erreichen (sh. auch Ausführungen zur Frage 1) sind auch als hypothetisch eingestufte Zustände und Entwicklungen zu definieren und in die Analyse der Wirksamkeit erforderlicher Systeme und Einrichtungen einzubeziehen.

Menschliches Einwirken ist dabei nicht als hypothetischer Fall zu klassifizieren. Es sind vielmehr die Voraussetzungen dafür zu schaffen, dass durch jetzige und künftige Generationen ein unbeabsichtigtes Eindringen praktisch ausgeschlossen werden kann.

Angesichts der Klimakrise sind Klimaentwicklungen einzubeziehen, die es in der Vergangenheit nicht gab, die aber angesichts der menschengemachten Erderwärmung in dem zu betrachtenden Zeithorizont zu erwarten oder möglich sind.

3.2.3 Zusammenfassung

Nach Stand von Wissenschaft und Technik ist die Sicherheit kerntechnischer Anlagen durch ein gestaffeltes Sicherheitskonzept („Defence-in-Depth“) zum Schutz der mehrfach vorhandenen Barrieren („Barrierenkonzept“) gegen den Austritt radioaktiver Stoffe zu gewährleisten. In diesem Konzept ist die Vorsorge in einem Umfang sicher zu stellen, dass eine Freisetzung mit Folgen für die Bevölkerung und die Umgebung praktisch auszuschließen ist. Es gelten die zwei wesentlichen allgemeinen Schutzziele:

- „Dauerhafter Schutz von Mensch und Umwelt vor der ionisierenden Strahlung und sonstigen schädlichen Wirkungen dieser Abfälle
- Vermeidung unzumutbarer Lasten und Verpflichtungen für zukünftige Generationen“

Das auf deterministischen Grundlagen ausgerichtete Sicherheitskonzept muss wirksam sein bei unterschiedlichen Einwirkungen, wie z.B.:

- bei den als kritisch anzusehenden, deterministisch anzusetzenden Szenarien auf jeder der Sicherheitsebenen des gestaffelten Sicherheitskonzepts.
- um die bestmögliche Sicherheit des Standortes zu erreichen sind auch als hypothetische anzusehende Entwicklungen zu definieren und in die Analyse der Wirksamkeit erforderlicher Systeme und Einrichtungen einzubeziehen
- Menschliches Einwirken ist nicht als hypothetischer Fall zu klassifizieren. Es sind die Voraussetzungen dafür zu schaffen, dass durch jetzige und künftige Generationen ein unbeabsichtigtes Eindringen praktisch ausgeschlossen werden kann.
- Angesichts der Klimakrise sind auch Klimaentwicklungen einzubeziehen, die es in der Vergangenheit nicht gab, die aber angesichts der menschengemachten Erderwärmung zu erwarten oder möglich sind.

3.3 Muss nach dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik das Deckgebirge als Teil der wesentlichen Barriere im Sinne des § 4 Abs. 3 Entwurf EndlSiAnfV berücksichtigt werden? (Frage 3)

3.3.1 Text § 4 (3) Entwurf EndlSiAnfV: § 4 Sicherer Einschluss der radioaktiven Abfälle

(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 Kristallingestein, sofern kein einschlusswirksamer Gebirgsbereich ausgewiesen werden kann, technische und geotechnische Barrieren in einer für deren Funktion geeigneten geologischen Umgebung.

3.3.2 Stellungnahme

Nach dem Standortauswahlgesetz[21] sind folgende Schutzziele und allgemeine Sicherheitsprinzipien verbindlich:

„1. Die radioaktiven und sonstigen Schadstoffe in den Abfällen sind in einem einschlusswirksamen Gebirgsbereich oder nach Maßgabe von § 23 Absatz 1 in Verbindung mit Absatz 4 bei wesentlich auf technischen und geotechnischen Barrieren beruhenden Endlagerkonzepten innerhalb dieser Barrieren mit dem Ziel zu konzentrieren und einzuschließen, diese Stoffe von der Biosphäre fernzuhalten. Für einen Zeitraum von einer Million Jahren muss im Hinblick auf den Schutz des Menschen und, soweit es um den langfristigen Schutz der menschlichen Gesundheit geht, der Umwelt sichergestellt werden, dass Expositionen aufgrund von Freisetzungen radioaktiver Stoffe aus dem Endlager geringfügig im Vergleich zur natürlichen Strahlenexposition sind.

2. Es ist zu gewährleisten, dass die Auswirkungen der Endlagerung auf Mensch und Umwelt im Ausland nicht größer sind als im Inland zulässig.

[21] StandAG §26(2)

3. Es ist zu gewährleisten, dass für die eingelagerten Abfälle die Möglichkeit der Rückholung während der Betriebsphase besteht und dass für einen Zeit raum von 500 Jahren nach dem vorgesehenen Verschluss des Endlagers ausreichende Vorkehrungen für eine mögliche Bergung der Abfälle vorgesehen werden.

4. Das Endlager ist so zu errichten und zu betreiben, dass für den zuverlässigen langfristigen Einschluss der radioaktiven Abfälle in der Nachverschlussphase keine Eingriffe oder Wartungsarbeiten erforderlich werden."

Das Standortauswahlgesetz formuliert strikt, dass die radioaktiven und sonstigen Schadstoffe in den Abfällen in einem einschlusswirksamen Gebirgsbereich (ewG) oder bei wesentlich auf technischen und geotechnischen Barrieren beruhenden Endlagerkonzepten innerhalb dieser Barrieren mit dem Ziel zu konzentrieren und einzuschließen sind und diese Stoffe von der Biosphäre fernzuhalten sind. Zudem wird gefordert, dass für eine Million Jahre sichergestellt sein muss, dass Expositionen aufgrund von Freisetzungen radioaktiver Stoffe aus dem Endlager geringfügig im Vergleich zur natürlichen Strahlenexposition sind. Hier wird ganz generell ein (vollständiger) Einschluss gefordert. Im Referentenentwurf hingegen wird im §4 zwar ein sicherer Einschluss der radioaktiven und sonstigen Schadstoffe im ewG oder innerhalb der wesentlichen Barrieren verlangt, jedoch kein vollständiger Einschluss.

Der Referentenentwurf enthält für die zu erwartenden Entwicklungen explizite Vorgaben für das Rückhaltevermögen des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs (ewG) oder im Falle eines Endlagers in Kristallingestein der wesentlichen geologischen, geotechnischen und technischen Barrieren.

Für die abweichenden Entwicklungen hingegen werden im Referentenentwurf keine Anforderungen an den ewG oder die wesentlichen Barrieren angegeben. Es wird lediglich ausgeführt, dass für abweichende Entwicklungen nachzuweisen sei, dass das Endlagersystem im Nachweiszeitraum seine Funktionstüchtigkeit in ausreichendem Maße beibehält. Dieses ausreichende Maß der Funktionsfähigkeit wird aber nicht näher präzisiert.

Unbestritten ist, dass das Deckgebirge als Teil des Barrieresystems einzustufen ist und im Falle von abweichenden Entwicklungen einen Betrag zur Rückhaltung radioaktiver Stoffe zu leisten hat. Insofern wäre das Rückhaltevermögen des Deckgebirges bei ab-

weichenden Entwicklungen in den durchzuführenden Analysen auszuweisen sowie durch entsprechende Anforderungen zu qualifizieren.

3.3.3 Zusammenfassung

Nach dem Standortauswahlgesetz umfasst das Barrierensystem des Endlagers das Endlagerbergwerk, die technischen und geologischen Barrieren sowie die „umgebenden oder überlagernden geologischen Schichten bis zur Erdoberfläche“. Im Falle zu betrachtender abweichender Entwicklungen trägt das Deckgebirge zum Gesamtrückhaltevermögen bei. Die Eigenschaften des Deckgebirges als Barriere wären somit auch Teil der erforderlichen Anforderungen für den Sicherheitsnachweis.

3.4 Entspricht die in § 4 Abs. 4 Entwurf EndlSiAnfV für zu erwartende Entwicklungen festgelegte maximale Leckrate zum Nachweis der Langzeitsicherheit eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik oder müssten im Hinblick auf den nach § 1 Abs. 2 StandAG zu ermittelnden Standort mit der bestmöglichen Sicherheit niedrigere Werte festgelegt werden? (Frage 4)

3.4.1 Text § 4 (4) Entwurf EndlSiAnfV: Sicherer Einschluss der radioaktiven Abfälle

(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.

3.4.2 Stellungnahme

Im StandAG §26(2)1. wird gefordert:

„Für die Sicherheitsanforderungen sind insbesondere folgende Schutzziele und allgemeine Sicherheitsprinzipien verbindlich:
1. Die radioaktiven und sonstigen Schadstoffe in den Abfällen sind in einem einschlusswirksamen Gebirgsbereich oder nach Maßgabe von § 23 Absatz 1 in Verbindung mit Absatz 4 bei wesentlich auf technischen und geotechnischen Barrieren beruhenden Endlagerkonzepten innerhalb dieser Barrieren mit dem Ziel zu konzentrieren und einzuschließen, diese Stoffe von der Biosphäre fernzuhalten. Für einen Zeitraum von einer Million Jahren muss im Hinblick auf den Schutz des Menschen und, soweit es um den langfristigen Schutz der menschlichen Gesundheit geht, der Umwelt sichergestellt werden, dass Expositionen aufgrund von Freisetzungen radioaktiver Stoffe aus dem Endlager geringfügig im Vergleich zur natürlichen Strahlenexposition sind."

Die Forderung lautet demnach, dass die radioaktiven und sonstigen Schadstoffe in den Abfällen in einem einschlusswirksamen Gebirgsbereich mit dem Ziel zu konzentrieren und einzuschließen sind, um diese Stoffe von der Biosphäre fernzuhalten. Für einen Zeitraum von einer Million Jahren dürfen Expositionen aufgrund von Freisetzungen radioaktiver Stoffe aus dem Endlager nur geringfügig im Vergleich zur natürlichen Strahlenexposition sein.

Diese Anforderungen sind präzise und eindeutig. Im Referentenentwurf wird zwar von einem „sicheren Einschluss" bei zu erwartenden Entwicklungen gesprochen, weiter wird aber ein nicht vollständiger Einschluss als sicher eingestuft. Gerade bei den zu erwartenden Entwicklungen muss aber ein sicherer Einschluss nach den Maßstäben eines praktischen Ausschlusses von Austragungen als Grundlage für die Auslegung dienen.

Denn nur so wäre ein gestaffelter Ansatz umzusetzen, bei dem Anforderungen an die Begrenzung von Austragungen bei abweichenden Entwicklungen zu definieren wären.

3.4.3 Zusammenfassung

Die Überschrift des § 4 Entwurf EndlSiAnfV lautet „Sicherer Einschluss der radioaktiven Abfälle“. Im Weiteren wird dazu als Widerspruch in § 4 (4) Entwurf EndlSiAnfV für zu erwartende Entwicklungen eine maximale Leckrate festgelegt.

Nach Stand von Wissenschaft und Technik sollte als Ziel der Auslegung der vollständige und sichere Einschluss der Abfälle angegeben werden. Insofern ist eine nachzuweisende Anforderung einer Leckrate zur Erreichung dieses Ziels bei den zu erwartenden Entwicklungen nicht entsprechend. Zudem muss für eine Million Jahre sichergestellt sein, dass „Expositionen aufgrund von Freisetzungen radioaktiver Stoffe aus dem Endlager geringfügig im Vergleich zur natürlichen Strahlenexposition sind“.

Im Sinne eines gestaffelten Ansatzes wären für abweichende Entwicklungen Anforderungen an die Begrenzung von Austragungen als Auslegungsanforderung anzugeben.

3.5 Gelten die Anforderungen im Verordnungsentwurf insbesondere die des Abschnitts 2 zur Langzeitsicherheit nur für hochradioaktive Abfälle, oder sind diese auf Grund der §§ 1 Abs. 2 und 21 Entwurf EndlSiAnfV auch auf die ggf. am selben Standort zu lagernden schwach- und mittelradioaktiven Abfälle anzuwenden? (Frage 5)

3.5.1 Text §1 (2) Entwurf EndlSiAnfV sowie §21 Entwurf EndlSiAnfV

§1 Anwendungsbereich

(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.

§ 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 Ab-fällen 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.

3.5.2 Stellungnahme

Das Standortauswahlgesetz erlaubt eine zusätzliche Endlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle am Standort eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle[22]: „Die Endlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle am auszuwählenden Standort ist zulässig, wenn die gleiche bestmögliche Sicherheit des Standortes wie bei der alleinigen Endlagerung hochradioaktiver Abfälle gewährleistet ist."

Die Regelungen im Referentenentwurf erreichen jedoch nicht die durch das Standortauswahlgesetz vorgegebene Anforderungstiefe. Im Referentenentwurf §21(1) wird die nicht mit dem Standortauswahlgesetz kompatible Einschränkung „nicht erheblich" in Nummer 1 und 2 und „abweichende Entwicklungen" in Nummer 2 vorgenommen.

[22] StandAG, §1(6)

Der Referentenentwurf bindet in § 21(1) die Möglichkeit der Lagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle am selben Standort an zwei Bedingungen:

„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."

Auch in §21(2) des Referentenentwurfs werden nachteilige Beeinflussungen zugelassen, soweit sie „nicht wesentlich" sind: „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 im Referentenentwurf eingeführten Unbestimmtheiten verändern den im Standortauswahlgesetz formulierten Anspruch nach „bestmöglicher Sicherheit" in eine nicht akzeptierbare Richtung.

Auch im Bereich der Sicherheit von Kernkraftwerken sind für den Fall mehrerer KKW Blöcke an einem Standort entsprechende Anforderungen formuliert.[23] Zum einen muss nach Stand von Wissenschaft und Technik jeder Block nach den aktuell gültigen Sicherheitsmaßstäben ausgelegt, errichtet, betrieben sowie stillgelegt werden können. Zum Weiteren muss jeder Block unabhängig von den übrigen Blöcken am Standort sicher sein, auch für den Fall auslegungsüberschreitender Anlagenzustände.:

"Requirement 6: Design for a nuclear power plant
The design for a nuclear power plant shall ensure that the plant and items important to safety have the appropriate characteristics to ensure that safety functions can be per-

[23] Safety of Nuclear Power Plants: Design, Specific Safety Requirements No SSR-2/1 (Rev. 1), Vienna 2016, insbesondere requirements 6 und 33

formed with the necessary reliability, that the plant can be operated safely within the operational limits and conditions for the full duration of its design life and can be safely decommissioned, and that impacts on the environment are minimized."

„Requirement 33: Safety systems, and safety features for design extension conditions, of units of a multiple unit nuclear power plant
Each unit of a multiple unit nuclear power plant shall have its own safety systems and shall have its own safety features for design extension conditions."

Im Bereich der Sicherheit mehrerer KKW Blöcke an einem Standort geht es nicht um die Frage ob ein Block den anderen im Ereignisfall auch nur unwesentlich beeinträchtigen würde. Die Forderung ist diesbezüglich konkret: Jeder Block muss für sich und ohne Zuhilfenahme und ohne Beeinträchtigung eines anderen Blockes sicher sein.

3.5.3 Zusammenfassung

Im Standortauswahlgesetz sind für den Fall einer zusätzlichen Endlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle am Standort eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle bereits Bedingungen formuliert. Danach muss bei einer zusätzlichen Endlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle der Nachweis erbracht werden, dass „die gleiche bestmögliche Sicherheit des Standortes wie bei der alleinigen Endlagerung hochradioaktiver Abfälle gewährleistet ist".

Im Referentenentwurf § 21(1) von dieser Forderung abgewichen, indem Einschränkungen zugelassen werden:

„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."

Ähnliche nachteilige Einschränkungen finden sich auch im §21(2).

Die im Standortauswahlgesetz formulierte Zielsetzung nach bestmöglicher Sicherheit für den Fall einer zusätzlichen Endlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle am Standort entspricht dem Stand von Wissenschaft und Technik und wäre entsprechend umzusetzen.

3.6 Zu welchem Zeitpunkt müsste ein validiertes Stilllegungskonzept für das Endlager vorliegen, und wie müsste dieses aussehen? (Frage 6)

3.6.1 Text § 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.

3.6.2 Stellungnahme

Als Voraussetzung für die Betriebsgenehmigung des Endlagers wird im Referentenentwurf nur ein Stilllegungskonzept (§16(2)3.) genannt, nicht jedoch eine Genehmigung zur Stilllegung selbst. Das könnte zur Folge haben, dass radioaktive Abfälle eingelagert werden und am Ende der Sicherheitsnachweis an die Stilllegung nicht in Gänze erfolgreich ausfällt.

Aus diesem Grunde sollte das Stilllegungskonzept vor der Betriebsgenehmigung u.a. mit großtechnischen Versuchen verifiziert sein. Im Verfahren wären Auflagen möglich, das Stilllegungskonzept im zeitlichen Verlauf der Einlagerung bezüglich des Standes von Wissenschaft und Technik zu überprüfen sowie gegebenenfalls weiter an den jeweiligen Stand von Wissenschaft und Technik anzupassen.

In Anwendung auf den Betrieb von KKW gilt:
„Requirement 9: Proven engineering practices
4.16. Where an unproven design or feature is introduced or where there is a departure from an established engineering practice, safety shall be demonstrated by means of appropriate supporting research programmes, performance tests with specific acceptance criteria or the examination of operating experience from other relevant applications. The new design or feature or new practice shall also be adequately tested to the extent practicable before being brought into service, and shall be monitored in service to verify that the behaviour of the plant is as expected.“[24]

Hieraus abgeleitet gilt als Voraussetzung für die Sicherheit eines KKW, u.a.

„Alle sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen müssen so beschaffen und angeordnet sein, dass sie entsprechend ihrer sicherheitstechnischen Bedeutung und Aufgabe vor ihrer Inbetriebnahme und danach in regelmäßigen Zeitabständen in hinreichendem Umfang geprüft und gewartet werden können, um den spezifikationsgerechten Zustand feststellen und sich anbahnende Abweichungen von prüfbaren Qualitätsmerkmalen erkennen zu können.

[24] Safety of Nuclear Power Plants: Design, Specific Safety Requirements SSR-2/1 (Rev. 1), Vienna 2016, Requirement 9, 4.16

Die Funktion von sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen ist unter Bedingungen, die möglichst dem Anforderungsfall entsprechen, im erforderlichen Umfang zu prüfen.

Wenn an Einrichtungen regelmäßig wiederkehrende Prüfungen nach dem Stand der Technik nicht in dem für die Erkennung etwaiger Mängel erforderlichen Umfang durchgeführt werden können, ist sicherzustellen, dass für die nicht oder nur eingeschränkt prüfbaren Bereiche Vorkehrungen gegen ein Versagen durch mögliche Schädigungsmechanismen, wie Ermüdung, Korrosion und andere Alterungsmechanismen, derart getroffen sind, dass aus dem Betrieb und nach dem Stand von Wissenschaft und Technik für diesen Bereich keine sicherheitstechnisch relevante Schädigung zu besorgen ist, eine Herstellungsdokumentation vorliegt und daraus keine Auffälligkeiten oder Abweichungen von den einzuhaltenden Vorgaben abzuleiten sind."[25]

Die o.g. Anforderungen, die nach Stand von Wissenschaft und Technik für die Sicherheit von KKW gelten, sollten ebenso in Bezug auf die Fragestellung „zu welchem Zeitpunkt müsste ein validiertes Stilllegungskonzept für das Endlager vorliegen, und wie müsste dieses aussehen" Gültigkeit haben.

3.6.3 Zusammenfassung

Grundlage für die Erteilung einer Betriebsgenehmigung z.B. für KKW sind u.a. der Nachweis der Erfüllung der Anforderungen „Verwendung qualifizierter Werkstoffe, Fertigungs- und Prüfverfahren sowie betriebsbewährte oder ausreichend geprüfte Einrichtungen" und weiter „Sicherstellung und Erhalt der Qualitätsmerkmale bei Fertigung, Errichtung und Betrieb."

Dem folgend muss ein überprüftes – soweit möglich und nötig auch unter Betriebsbedingungen - und genehmigtes Stilllegungskonzept die Grundlage für die Betriebsgenehmigung des Endlagers sein. Im gewissen Maße können mit dem Mittel von Auflagen ergänzende Untersuchungen festgelegt werden, jedoch nur solche, die nicht für die Sicherheit des Englagers von Bedeutung sind.

[25] Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke vom 22. November 2012, Neufassung vom 3. März 2015 (BAnz AT 30.03.2015 B2

3.7 Entspricht der in § 8 Abs. 2 S. 1 Entwurf EndlSiAnfV festgelegte Neutronenmultiplikationsfaktor sowie die in der Anlage des Entwurfs EndlSiAnfV geregelte Berechnung zum Nachweis des Ausschlusses der Kritikalität (sich selbst tragende Kettenreaktionen) dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik? (Frage 7)

3.7.1 Text §8 Abs. 2 Entwurf EndlSiAnfV: Ausschluss von Kritikalität

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

3.7.2 Stellungnahme

Es gilt generell, dass der abgebrannte Brennstoff so einzulagern ist, dass Kritikalität im Endlager praktisch ausgeschlossen werden kann.

Nach KTA 3605[26] gilt: „Zum Nachweis der Unterkritikalität ist für den berechneten Neutronenmultiplikationsfaktor grundsätzlich 0,95 als höchstzulässiger Wert anzuwenden, wobei Rechenunsicherheiten und Toleranzen in das Ergebnis einzubeziehen sind."

„Für Spaltstoffsysteme bedeutet in der Regel ein berechneter Wert von keff <0,95 den Nachweis der Kritikalitätssicherheit. Ungenauigkeiten der Berechnung sowie Fertigungstoleranzen von Behältern und Apparaten sind zur sicheren Seite hin zu berücksichtigen. Auch die chemischen, physikalischen und verfahrenstechnischen Randbedingungen sind unter Beachtung der betrieblichen Gegebenheiten zur sicheren Seite hin zu wählen. In einzelnen, durch eine Vielzahl von Berechnungen oder durch sorgfältige Experimente gestützten Fällen kann über keff = 0,95 hinausgegangen werden. Liegen keine Experimente vor, so sollte der berechnete Multiplikationsfaktor keff einen Wert von 0,90 nicht überschreiten."[27]

---

[26] KTA 3602 Lagerung und Handhabung von Brennelementen und zugehörigen Einrichtungen in Kernkraftwerken mit Leichtwasserreaktoren, Fassung 11/03

[27] W. Thomas: Kriterien bei der Beurteilung der Kritikalitätssicherheit. atw 4/78, p. 182 – 184, 1978., Sh. auch Handbuch zur Kritikalität, Band 1, Kritikalität und nukleare Sicherheit, GRS 379, April 2015

Anforderungen an die Aussagekraft von Methoden zur Nachweisführung, u.a. auch zur experimentellen Verifizierung, sind im aktuellen kerntechnischen Regelwerk angesprochen und umfassend geregelt worden.[28]

Eine Bezugnahme auf eine nur begrenzte experimentelle Verifizierung des verwendeten Programmsystems zum Nachweis der erforderlichen Kritikalitätssicherheit erfolgte auch in einem konkreten Genehmigungsverfahren: „Auf Grund der nur eingeschränkten experimentellen Absicherung des Programmsystems für die Bewertung der Kritikalitätssicherheit bei einer Beladung mit Mischoxid-Brennelementen wurde bei der Überprüfung ein zusätzlicher, konservativ bemessener Sicherheitszuschlag auf den errechneten Neutronenmultiplikationsfaktor einbezogen.“[29]

Weiter heißt es „Bei komplexen Fällen (komplizierte Geometrie, Resonanzüberlappungen und schwer kontrollierbare Prozessbedingungen) sollte ein keff ≤0,90 eingehalten werden, sofern keine angemessenen Möglichkeiten zur Verifizierung der Rechnung an Experimenten gegeben sind.“[30]

3.7.3 Zusammenfassung

Für Spaltstoffsysteme bedeutet in der Regel ein berechneter Wert von keff <0,95 den Nachweis der Kritikalitätssicherheit. Ungenauigkeiten der Berechnung sowie Fertigungstoleranzen von Behältern und Apparaten sind zur sicheren Seite hin zu berücksichtigen. Auch die chemischen, physikalischen und verfahrenstechnischen Randbedingungen sind unter Beachtung der betrieblichen Gegebenheiten zur sicheren Seite hin zu wählen

Bei einer gegebenenfalls nur eingeschränkten experimentellen Absicherung des Programmsystems für die Bewertung der Kritikalitätssicherheit sollte der berechnete Multiplikationsfaktor keff einen Wert von 0,90 nicht überschreiten.

---

[28] „Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ vom 22. November 2012, Neufassung vom 3. März 2015 (BAnz AT 30.03.2015 B2): Anforderungen an die Nachweisführung und Dokumentation

[29] 1. Ergänzung der Genehmigung zur Aufbewahrung von Kernbrennstoffen im Standort-Zwischenlager in Lingen der Kernkraftwerke Lippe-Ems GmbH, 31.Juli 2007

[30] Handbuch zur Kritikalität, Band 1, Kritikalität und nukleare Sicherheit, GRS 379, April 2015

3.8 Gibt es andere Stellen in dem Verordnungsentwurf, bei denen ein Nachbesserungsbedarf besteht? (Frage 8)

3.8.1 Stellungnahme

- Der Referentenentwurf enthält eine Reihe unbestimmter Begriffe, die im Sinne des Standes von Wissenschaft und Technik einer Präzisierung bedürfen, z.B. „nicht erheblich“, „geringfügig“, „weitestgehend“, „nicht erheblich beeinträchtigt“, „unvermeidliches Ausmaß“, „nicht erheblich und nicht mehr als unvermeidlich“, usw. Die unbestimmten Begriffe sollten, soweit möglich, präziser formuliert werden.

- Im § 9 des Referentenentwurfs – Langzeitsicherheitsanalyse – wäre die „realitätsnahe Modellierung“ durch „Modellierungen auf Grundlage realitätsnaher Annahmen" zu ersetzen.

- Für die Gesamtheit der in Betracht kommenden Entwicklungen (zu erwartende Entwicklungen, abweichende Entwicklungen, hypothetische Entwicklungen) ist zu verlangen und nachzuweisen, dass radioaktive Belastungen durch den Austrag von Radionukliden aus einem Endlager tatsächlich geringfügig sind.

- Die in § 5 Absatz 2 Nummer 2 bis 5 aufgeführten Kriterien dienen der Überprüfung einer sekundären Fluidwirksamkeit. Ausdiesem Grunde sollte das entsprechende Prüfungsziel präziser formuliert werden, nämlich: Zum Nachweis der Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereiches ist die Ausbildung von sekundären Fluidwegsamkeiten, die zum Eindringen oder Austreten von erheblichen Fluidmengen führen können, innerhalb des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs auszuschließen.

- Nach Stand von Wissenschaft und Technik besteht eine wesentliche Voraussetzung für die Sicherheit einer kerntechnischen Anlage in einem integrativen Zusammenwirken der Faktoren Mensch, Technik und Organisation. Der hohen Bedeutung des Mensch-Technik-Organisation (MTO) – Konzepts für die Sicherheit entsprechend sollten deshalb Anforderungen an ein integriertes Managementsystem formuliert und umgesetzt werden.

  - Das Integrierte Managementsystem fasst Methoden und Instrumente zur Einhaltung von Anforderungen aus verschiedenen Bereichen (z. B. Qualität, Umwelt- und Arbeitsschutz, Sicherheit) in einer einheitlichen Struktur zusammen.

- Anforderungen an ein integriertes Managementsystem sind international z.B. in den Safety Standards der IAEA[31] und im nationalen Rahmen in den Sicherheitsanforderungen an KKW dargelegt[32]

[31] Safety of Nuclear Power Plants: Design, Specific Safety Requirements SSR-2/1 (Rev. 1), Vienna 2016, Requirements 1, 2

[32] Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke“ vom 22. November 2012, Neufassung vom 3. März 2015 (BAnz AT 30.03.2015 B2), 1(1) bis 1(3).