

**Geschäftsstelle**

Kommission  
Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe  
gemäß § 3 Standortauswahlgesetz

Arbeitsgruppe 3  
Entscheidungskriterien sowie Kriterien  
für Fehlerkorrekturen

---

**Beratungsunterlage zu TOP 4 der 11. Sitzung am 25. August 2015**  
**Methodik für vorläufige Sicherheitsuntersuchungen**

Entwurf 19. August 2015, Verfasser Prof. Dr.-Ing. Kudla

---

<p><b>Kommission</b> <b>Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe</b> <b>K-Drs. /AG3-31</b></p>
---

## Methodik für vorläufige Sicherheitsuntersuchungen

Entwurf von Prof. Dr.-Ing. Wolfram Kudla

Vorbemerkung:

In diesem Papier wurden die Phasen/Schritte an die Schritte im Verfahrensvorschlag von Hr. Kleemann (Entwurf 19.08.2015) angepasst.

### 1 Veranlassung

Die Endlagerkommission hat die Aufgabe, im Zusammenhang mit den Entscheidungsgrundlagen für die Standortauswahl für ein Endlager (für insbesondere wärmeentwickelnde radioaktive Abfälle und ausgediente Brennelemente) Vorschläge für die "**Methodik für die durchzuführenden vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen**" zur erarbeiten. Die konkrete Aufgabenstellung ist im § 4 Abs. 2 Nr. 2 StandAG /1/ wie folgt beschrieben:

*"(2) Die Kommission soll Vorschläge erarbeiten...*

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

Die Durchführung von vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen ist im StandAG in §13, Satz 2 und 3 dem Vorhabenträger zugewiesen:

*"§ 13 Ermittlung in Betracht kommender Standortregionen und Auswahl für übertägige Erkundung*

*.....*

*(2) Der Vorhabenträger hat für die in Betracht kommenden Standortregionen **repräsentative vorläufige Sicherheitsuntersuchungen** gemäß den nach § 4 Absatz 5 gesetzlich festgelegten Anforderungen und Kriterien zu erstellen.*

*(3) Der Vorhabenträger hat den Vorschlag für in Betracht kommende Standortregionen mit den **zugehörigen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen** und eine auf dieser Grundlage getroffene Auswahl von Standorten für die übertägige Erkundung an das Bundesamt für kerntechnische Entsorgung zu übermitteln."*

„Sicherheitsuntersuchungen“ sind zudem in §6, §12(1), §13(2), §14(1), §16(2), §17(1), §18(3), §19(1) und §21(2) des StandAG genannt.

## 2 Inhalt und Kontext von Sicherheitsuntersuchungen

In der Begründung zum StandAG heißt es unter Punkt B. zu § 4 (Bericht der Kommission und Umsetzung der Handlungsempfehlungen):

*"Eine wesentliche Entscheidungsgrundlage stellt die Methodik für die durchzuführenden vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen dar. In einer Sicherheitsuntersuchung wird das Verhalten des Endlagersystems unter den verschiedensten Belastungssituationen und unter Berücksichtigung von Datenunsicherheiten, Fehlfunktionen sowie zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten im Hinblick auf die Sicherheitsfunktionen analysiert. Unterschiedliche geologische Gesamtsituationen können sehr unterschiedliche Vor- und Nachteile insbesondere für die Langzeitsicherheit haben. Insofern muss vor einem Vergleich von Standortregionen mit eventuell unterschiedlichen geologischen Situationen festgelegt sein, welche Eigenschaften für die Langzeitsicherheit eine besondere Bedeutung haben und mit welchen Instrumentarien die sicherheitstechnische Bedeutung im Vergleich bewertet wird. Dies kann für die jeweiligen Schritte des Standortauswahlverfahrens unterschiedlich sein. Hierzu soll die Kommission Vorschläge für die entsprechende Methodik erarbeiten."*

Insofern sind Sicherheitsuntersuchungen im Sinne des StandAG am ehesten vergleichbar mit den in den Sicherheitsanforderungen des BMU /2/ genannten Sicherheitsanalysen. Zum besseren Verständnis werden zunächst einige Definitionen aus den Sicherheitsanforderungen zitiert z.B.: für Endlagersystem, Sicherheitsfunktion, Sicherheitsnachweis und Sicherheit (aus /2/):

- **Sicherheitsanalyse:**  
*"In der Sicherheitsanalyse wird das Verhalten des Endlagersystems unter den verschiedensten Belastungssituationen und unter Berücksichtigung von Datenunsicherheiten, Fehlfunktionen sowie zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten im Hinblick auf die Sicherheitsfunktionen analysiert. Sie endet mit einer Einschätzung der Zuverlässigkeit der Erfüllung der Sicherheitsfunktionen und damit auch der Robustheit des Endlagers (Sicherheitseinschätzung, safety assessment)."*
- **Endlagersystem**  
*„Das Endlagersystem besteht aus dem Endlagerbergwerk, dem einschlusswirksamen Gebirgsbereich und aus den diesen Gebirgsbereich umgebenden oder überlagernden geologischen Schichten bis zur Erdoberfläche, soweit sie sicherheitstechnisch bedeutsam und damit im Sicherheitsnachweis zu berücksichtigen sind.“*
- **Sicherheitsfunktion:**  
*"Eine Sicherheitsfunktion ist eine Eigenschaft oder ein im Endlagersystem ablaufender Prozess, die bzw. der in einem sicherheitsbezogenen System oder Teilsystem oder bei einer Einzelkomponente die Erfüllung der sicherheitsrelevanten Anforderungen gewährleistet. Durch das Zusammenwirken solcher Funktionen wird die Erfüllung aller sicherheitstechnischen Anforderungen sowohl in der Betriebsphase als auch in der Nachverschlussphase des Endlagers gewährleistet."*
- **Sicherheitsnachweis:**  
*"Der Sicherheitsnachweis (safety case) baut auf einer umfassenden Sicherheitsanalyse auf. Er umfasst die Prüfung und Bewertung von Daten, Maßnahmen, Analysen und Argumenten, die die Erfüllung dieser Sicherheitsanforderungen und damit die Sicherheit des Endlagers aufzeigen. Ein umfassender Sicherheitsnachweis beinhaltet die Zusammenführung aller in diesen Sicherheitsanforderungen genannten Nachweise und kann mit einem dem jeweiligen Kenntnisstand entsprechenden Tiefgang für*

*verschiedene Phasen der Endlagerung geführt werden. Es wird insbesondere zwischen Sicherheitsnachweisen für die Betriebsphase und für die Nachverschlussphase des Endlagers unterschieden."*

- **Sicherheit:**  
*"Sicherheit im technischen Sinn ist gewährleistet, wenn die Sicherheitsanforderungen erfüllt sind."*

**Eine vorläufige Sicherheitsuntersuchung kann demnach als eine vorläufige Einschätzung des Verhaltens des Endlagersystems unter den in der jeweiligen Erkundungsphase zugrunde zu legenden verschiedensten Belastungssituationen und unter Berücksichtigung von Datenunsicherheiten, Fehlfunktionen sowie zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten im Hinblick auf die Sicherheitsfunktionen angesehen werden. Die vorläufige Sicherheitsuntersuchung dient dazu, in der jeweiligen Phase die Erfüllung der Sicherheitsfunktionen und damit auch der Robustheit des Endlagersystems (Sicherheitseinschätzung) einzuschätzen.**

Eine vorläufige Sicherheitsuntersuchung unterscheidet sich auch von einem Sicherheitsnachweis (safety case), weil dafür umfassende Daten/Kenntnisse über das Endlagersystem, den einschlusswirksamen Gebirgsbereich (ewG) und die geologische Umgebung erforderlich sind, die aber naturgemäß zu Beginn des Auswahlprozesses bzw. in der jeweiligen Phase noch nicht vorliegen (können).

Alle (vorläufigen) Sicherheitsuntersuchungen erfolgen auf dem jeweiligen Stand von Wissenschaft und Technik. Dazu gehört auch jeweils das Endlagerkonzept (einschließlich Verschluss- und Versatzmaßnahmen, das die beste Schadensvorsorge nach dem jeweiligen Stand von Wissenschaft und Technik ermöglicht. Es ist selbstverständlich, dass eine Änderung des Standes von Wissenschaft und Technik bei nachfolgenden Sicherheitsuntersuchungen berücksichtigt werden muss. Dies kann dazu führen, dass (vorläufige) Sicherheitsuntersuchungen, die bereits Jahre vorher durchgeführt wurden, neu bewertet und revidiert werden müssen.

### **3 Methodischer Ansatz für vorläufige Sicherheitsuntersuchungen**

#### **3.1 Sicherheitsuntersuchungen in den verschiedenen Phase der Standortauswahl**

Eine entscheidende Frage im Rahmen der Entwicklung eines Standortauswahlverfahrens besteht nun darin, die Art, den Umfang und den Zeitpunkt von (vorläufigen) Sicherheitsuntersuchungen im Prozess der Einengung auf potenziell geeignete Standorte festzulegen. Der Zeitpunkt für die (vorläufigen) Sicherheitsuntersuchungen ist bereits im StandAG sinnvoll festgelegt (siehe §13(2) und §16(2) und §18(3)).

Anmerkungen:

Nachfolgend werden die Sicherheitsuntersuchungen genannt, die der Vorhabenträger auszuführen hat. Auf die Prüfung der Sicherheitsuntersuchungen durch das Bundesamt für kerntechnische Entsorgung wird erstmals nicht näher eingegangen.

In der Phase 1 werden die in Deutschland nicht in Frage kommenden Großräume auf Grundlage der von der Endlagerkommission vorgeschlagenen und letztendlich vom Bundestag festzulegenden Ausschlusskriterien von der weiteren Betrachtung ausgeschlossen werden, wobei geowissenschaftliche Informationen eine hervorgehobene Rolle spielen werden (Aufgabe des Vorhabenträgers) (siehe §13(1)). Am Ende der Phase 1 sollen die „Geologischen

Suchräume“ erhalten werden, innerhalb denen dann ein Endlagerstandort gesucht werden soll. In Phase 1 sind Sicherheitsuntersuchungen noch entbehrlich.

In der Phase 2 werden Regionen (bzw. Teilgebiete) mit für die Endlagerung günstigen geologischen Gegebenheiten identifiziert und anschließend in diesen Regionen zunächst potenzielle Standortgebiete (Teilgebiete) ausgewiesen (Aufgabe des Vorhabenträgers) (siehe §13(2)). Für diese Regionen mit für die Endlagerung günstigen Eigenschaften sind nach StandAG (erstmalig) repräsentative vorläufige Sicherheitsuntersuchungen vom Vorhabenträger auszuführen, um weiter eingehen zu können. Auf Grundlage der repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen und weiterer Daten (siehe §13(3)) macht der Vorhabenträger einen Vorschlag, welche Standortregionen bzw. Standorte übertägig erkundet werden sollen. Nach Prüfung durch das Bundesamt für kerntechnische Entsorgung werden die vorgeschlagenen Standorte übertägig erkundet.

Anmerkung:

Zu den repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen wurde in der Vorbesprechung zwischen Hr. Appel, Hr. Kleemann, Hr. Bräuer und Hr. Kudla vorgeschlagen, die repräsentativen vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen in der Phase 2 entfallen zu lassen. Hier muss noch einmal geklärt werden, was jeder unter „vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen“ versteht (siehe weiter unten). Ohne Berechnung der radiologischen Konsequenzen kann nicht ermittelt / abgeschätzt werden, ob die Einhaltung der radiologischen Schutzziele gemäß den BMU-Sicherheitsanforderungen von 2010 /2/ überhaupt möglich ist. Auch in einer frühen Phase, sind Berechnungen zu den radiologischen Konsequenzen sinnvoll und notwendig, auch wenn die Datenlage in einer Standortregion noch unsicher ist und damit die radiologischen Konsequenzenanalyse noch eher generischen Charakter hat.

In der Phase 3 werden mittels planungswissenschaftlicher Abwägungskriterien Standortregionen ausgewiesen (a. 3-5 Standortregionen).

In der Phase 4 werden für die übertägig erkundeten Standortregionen bzw. Standorte weiterentwickelte vorläufige Sicherheitsuntersuchungen durch den Vorhabenträger ausgeführt (siehe §16(2)). Auf Grundlage der weiterentwickelten vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen und weiterer Daten (siehe §16(2)) macht der Vorhabenträger einen Vorschlag, welche Standortregionen bzw. Standorte untertägig erkundet werden sollen. Nach Prüfung durch das Bundesamt für kerntechnische Entsorgung werden die vorgeschlagenen Standorte untertägig erkundet.

In der Phase 5 werden für die untertägig erkundeten Standorte umfassende vorläufige Sicherheitsuntersuchungen für die Betriebsphase und die Nachbetriebsphase durch den Vorhabenträger ausgeführt (siehe §18(3)). Auf Grundlage der umfassenden vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen und weiterer Daten (siehe §19(1)) schlägt das Bundesamt für kerntechnische Entsorgung einen Standort für ein Endlager für insbesondere Wärme entwickelnde Abfälle vor.

In allen Phasen hat die Sicherheit des Endlagers oberste Priorität.

Zu der Aufgabenstellung des Vorhabenträgers in dem Auswahlprozess gemäß StandAG gehört, dass er den vorgenannten ersten, zweiten und dritten Phase Sicherheitsuntersuchungen durchführen muss. Ein iterativer Prozess ist dazu notwendig, weil mit Fortschreiten im Auswahlprozess die Kenntnisse über die geologischen Verhältnisse in den Standortregionen anwachsen und dafür angepasste Endlagerkonzepte immer konkreter und belastbarer entwickelt werden können.

Die gewählten Adjektive für die Sicherheitsuntersuchungen in den verschiedenen Phasen des Auswahlprozesses im StandAG antizipieren diesen Erkenntnisfortschritt bereits, z.B.:

1. §13(2): *vorläufige Sicherheitsuntersuchungen*,
2. §16(2): *weiterentwickelte vorläufige Sicherheitsuntersuchungen*,
3. §18(3): *umfassende Sicherheitsuntersuchungen*.

Das bedeutet auch, dass mit fortschreitendem Auswahlprozess die Art der geforderten Sicherheitsuntersuchungen detaillierter werden muss. Hier wird deutlich, dass ein Standortauswahlverfahren nicht allein auf einen Vergleich der geologischen Merkmale verschiedener potenzieller Regionen und Standorte reduziert werden kann, sondern immer im Kontext mit dem entsprechenden Endlagersystem gesehen werden muss.

Diese Position wird auch von der DAEF (Deutsche Arbeitsgemeinschaft Endlagerforschung) in ihrem Papier "*Aspekte eines Standortauswahlverfahrens für ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle*" /3/ vertreten. Dort heißt es mit Blick auf einen methodischen Ansatz:

*"Vielmehr können aus Sicht der DAEF nur Endlagersysteme miteinander verglichen werden. Ein Endlagersystem umfasst das Endlagerbergwerk mit seinen technischen Komponenten sowie den geotechnischen und geologischen Barrieren in der jeweiligen geologischen Gesamtsituation."*

Weiter heißt es dort:

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

Ähnlich, aber nicht dezidiert auf Endlagersysteme ausgerichtet, formuliert es auch der AkEnd. In seinem Abschlussbericht /4/ heißt es auf Seite 38:

*"...dass nur ein vollständiges und abgestimmtes Barrierensystem den Einschluss der Schadstoffe im Endlager dauerhaft gewährleisten kann".*

und weiter auf Seite 39:

*"... dass zunächst eine günstige geologische Gesamtsituation auszuwählen ist, deren Barrierewirkung durch angepasste technische Barrieren ergänzt werden kann".*

Ebenso wird im Bericht /5/ des Bundesamtes für Strahlenschutz eine ähnliche Sichtweise vertreten und in den Schlussfolgerungen geschrieben:

*"Die Untersuchungen haben gezeigt, dass für alle in Deutschland relevanten Wirtsgesteinsformationen angepasste Endlagerkonzepte entwickelt werden können. Da die Verhältnisse auch innerhalb einer Wirtsgesteinsformation z.T. starken Schwankungen unterliegen, kann ein Vergleich nur standortspezifisch erfolgen und ist daher erforderlich. Insbesondere die Diskussionen zur Bewertung und zum Vergleich von Barrierensystemen und zum damit verbundenen Isolationszeitraum haben dies verdeutlicht. Dabei ist zu berücksichtigen, dass einzelne Barrieren unterschiedliche Funktionen übernehmen und daher ihre Wirkung nur mit standortspezifischen Sicherheitsanalysen dargestellt und vergleichend bewertet werden kann."*

### **3.2 Grundlagen für Sicherheitsuntersuchungen**

Im Wesentlichen sind folgende Grundlagen für die Sicherheitsuntersuchungen erforderlich:

- a) Informationen zu Menge, Art und Eigenschaften der radioaktiven Abfälle,
- b) Kenntnisse der geologischen Gegebenheiten in den potenziellen Standortregionen bzw. an den Standorten,
- c) Vorstellungen zu einem jeweils darauf zugeschnittenen Sicherheitskonzept (in Abhängigkeit des Wirtsgesteins) in Verbindung mit einem technischen Endlagerkonzept.

Entsprechende Informationen müssen in den einzelnen Phasen (siehe Abschnitt 3.1) im jeweils erforderlichen Tiefgang vorliegen oder sind zu erarbeiten, bevor im Rahmen des Auswahlverfahrens Entscheidungen, z.B. bezüglich eines Ausschlusses oder einer Rückstellung von potenziellen Standortregionen oder Standorten getroffen werden können.

Zu a)

Informationen über Art und Menge der wärmeentwickelnden radioaktiven Abfälle und ausgehenden Brennelemente in Deutschland liegen vor, z.B. im Nationalen Entsorgungsprogramm von Anfang 2015 /6/.

Zu b)

Information und Kenntnisse über die geologischen Verhältnisse in einer Region oder an einem Standort können zunächst entweder aus vorhandenen Daten (Bohrprofilen, geophysikalischen Aufschlüssen usw.) und Kartenmaterial gewonnen werden, die den Geologischen Landesämtern und Bundesbehörden vorliegen. Dabei helfen insbesondere die in der Erdöl- und Erdgasindustrie gewonnenen Erkenntnisse aus seismischen Untersuchungen und aus Explorationsbohrungen, sofern diese öffentlich zugänglich sind oder gemacht werden können. Im weiteren Einengungsprozess sind gezielt die geologischen Verhältnisse zu erkunden (übertägig und untertägig; siehe oben Phase 4 und 5).

Zu c)

Als drittes werden Vorstellungen über das technische Endlagerkonzept (Form und Größe des Grubengebäudes, Art und Größe der Endlagerbehälter, Art und Anzahl der technischen und geotechnischen Barrieren) und über das Sicherheitskonzept (d.h. einen Ansatz, wie/mit welchen Maßnahmen die Erfüllung der Sicherheitsanforderungen für ein Endlager in einer bestimmten Region oder an einem Standort sichergestellt werden soll) als auch benötigt.

**Mit diesen Grundlagen sind die Voraussetzungen geschaffen, vorläufige Sicherheitsuntersuchungen durchzuführen.** Bei der Standortauswahl müssen die in Betracht kommenden Standortregionen bzw. Standorte an Hand vorläufiger Sicherheitsuntersuchungen vergleichend gegenübergestellt werden. Dabei wird die Gesamtheit des Endlagersystems mit allen seinen sicherheitsrelevanten Bestandteilen betrachtet und unmittelbar hinsichtlich seiner Sicherheit bewertet.

Für einen belastbaren Vergleich von Endlagersystemen mittels standortspezifischer Sicherheitsuntersuchungen sollen nach Stand von Wissenschaft und Technik vorrangig Kriterien herangezogen werden, die auf Sicherheitsindikatoren beruhen. Hierzu zählen vor allem solche zur Beurteilung möglicher Freisetzungen aus dem Endlager hinsichtlich Menge, Art und insbesondere zu deren Wahrscheinlichkeit sowie daraus resultierender radiologischer Konsequenzen. Ferner müssen zum Zeitpunkt des Vergleiches bestehende Ungewissheiten in die Abwägung ebenso miteinfließen wie die Robustheit der Sicherheitsaussage und der Sicherheit des Endlagersystems, d.h. bestehende konservative Annahmen und Sicherheitsreserven.

Abwägungskriterien, die auf sehr unterschiedliche, ggf. wirtsgesteinsspezifische geologische Merkmale abstellen, sind im Sinne bestmöglicher Sicherheit zusammen mit Berechnungen zu den radiologischen Konsequenzen in der Gesamtbewertung in jeder Phase miteinzubeziehen. Die (häufig qualitativen) Abwägungskriterien müssen bei der Gesamtbewertung der Sicherheitsuntersuchung zusammen mit den (quantitativen) Dosisberechnungen berücksichtigt werden.

Ein ähnliches Vorgehen wird auch in der Schweiz angewandt. Eine Bestätigung der Angemessenheit des o.g. Vorschlages und eine konkrete Beschreibung, welches Ziel mit vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen verfolgt wird, welchen Umfang die Sicherheitsuntersuchungen haben sollen und wie sie durchzuführen sind, findet man im Bericht der Schweizerischen ENSI "Anforderungen an provisorische Sicherheitsanalysen und den sicherheitstechnischen Vergleich" /7/. Dort heißt es u.a.

*"...die geforderte provisorische Sicherheitsanalyse (Anm.: dieser Begriff ist ein Synonym für die vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß StandAG) hat zum Ziel, über die Wirkung und das Verhalten der einzelnen Barrieren nach ordnungsgemäßem Verschluss des geologischen Tiefenlagers Auskunft zu geben und zu zeigen, ob die berechneten Dosen unterhalb der Dosis-Schutzkriteriums der Richtlinie ENSI-G03 liegen. Numerische Berechnungen sind Teil der provisorischen Sicherheitsanalysen für den jeweiligen Standort...."*

### **3.3 Vorgehen bei Sicherheitsuntersuchungen**

In den (vorläufigen oder vorläufig weiterentwickelten oder umfassenden) Sicherheitsuntersuchungen wird die mögliche Freisetzung von Radionukliden (Migration der Nuklide vom Endlager bis in die Biosphäre) quantitativ bestimmt (Berechnung des zeitlichen Verlaufs der Personendosiskurve). In den Sicherheitsuntersuchungen werden dazu aus der

- a) Menge, Art und Eigenschaften der radioaktiven Abfälle,
- b) den in der jeweiligen Phase vorhandenen Kenntnissen der geologischen Gegebenheiten in den potenziellen Standortregionen bzw. an den Standorten
- c) dem Endlagerkonzept (einschließlich der technischen und geotechnischen Barrieren) unter Berücksichtigung der Wasser- bzw. Salzlösungsfließwege in die Biosphäre sowie der möglichen Aufnahme der Radionuklide über das Trinkwasser und die Nahrung die Dosis für eine Einzelperson ebenso wie über den Gaspfad berechnet und beurteilt (vgl. auch /7/ und /8/). Dabei ist von einem Referenzszenarium auszugehen, das in der Regel wahrscheinliche Entwicklungen des Endlagersystems zeigt. Zusätzlich sind auch alle weiteren wenig wahrscheinlichen Entwicklungen bei den Dosis-Berechnungen zu berücksichtigen (siehe Zusammenstellung der FEPS (Features Events Processes) und daraus entwickelter Szenarien).

Des Weiteren sind. Zusätzlich zu den ermittelten Freisetzungen, ihrer Größe, Eintrittswahrscheinlichkeit und radiologischen Konsequenz (Dosis) werden alle Abwägungskriterien (siehe K.-Drs. 3-29 entsprechend den Abwägungskriterien des AKEnd) und weitere Kriterien qualitativ und wenn möglich quantitativ zu bewerten, die für die Sicherheit des Endlagers, seine Robustheit, Realisierbarkeit, Sicherheitsreserven etc. bedeutsam sind. Das im AKEnd vorgegebene Bewertungsschema (3 Gewichtungsguppen und Einteilung in „günstig“, „bedingt günstig“ und „weniger günstig“, siehe AKEnd-Bericht Seite 98-112) sollte dabei beibehalten werden. Für ihre Abwägung untereinander wiederum sind die Erkenntnisse aus den vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen hinsichtlich ihrer Sicherheitsrelevanz maßgeblich.

### **3.4 Bewertung der Sicherheitsuntersuchungen**

Als Bewertungsmaßstab für die Sicherheit werden aus den Sicherheitsanforderungen des BMU für die Phasen zwei und drei jeweils zwei Schutzkriterien wie folgt zu Grunde gelegt (siehe BMU /2/ Abschnitte 6.2 und 6.3):

1. Für die Nachverschlussphase ist nachzuweisen, dass für wahrscheinliche Entwicklungen durch Freisetzung von Radionukliden, die aus den eingelagerten radioaktiven Abfällen stammen, für Einzelpersonen der Bevölkerung nur eine zusätzliche



effektive Dosis im Bereich von 0,01 mS/a (Millisievert pro Jahr) auftreten kann. Dabei sind Einzelpersonen mit einer heutigen Lebenserwartung, die während der gesamten Lebenszeit exponiert werden, zu betrachten. Unterhalb von 0,01 mS/a gelten alle Standortregionen bzw. Standorte hinsichtlich dieses Schutzkriteriums als gleichwertig.

2. In der Nachverschlussphase ist nachzuweisen, dass für weniger wahrscheinliche Entwicklungen die durch Freisetzung von Radionukliden, die aus den eingelagerten radioaktiven Abfällen stammen, verursachte zusätzliche effektive Dosis für die dadurch betroffenen Menschen 0,1 mS/a (Millisievert pro Jahr) nicht überschreitet. Dabei sind ebenfalls Einzelpersonen mit einer heutigen Lebenserwartung, die während der gesamten Lebenszeit exponiert werden, zu betrachten.

In der Phase 2 sind die Ergebnisse der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen nur als orientierenden Größen zu verstehen, die noch wegen geringen Kenntnissen zu den standortspezifischen geologischen Verhältnissen noch mit Unsicherheiten behaftet sind und damit keine hinreichend robuste Sicherheitsaussage zulassen (weitgehend nur generische Untersuchung).

Die Ergebnisse der Dosisberechnungen im Rahmen der (vorläufig weiterentwickelten oder umfassenden) Sicherheitsuntersuchungen werden zusammen mit der Bewertung der Abwägungskriterien zur Sicherheit und technischen Machbarkeit dargelegt. Auf diese Weise erfolgt eine sicherheitstechnische Gesamtbewertung der Standortregionen bzw. Standorte unter Berücksichtigung eindeutiger Vor- und Nachteile. Dadurch kann ein Vergleich von Standortregionen bzw. Standorten erfolgen. Dabei werden die erwartete Entwicklung des Gesamtsystems (Nahfeld und Fernfeld, Geosphäre) sowie seine Robustheit berücksichtigt. Die Variabilität und die Unsicherheit in den Eingangsdaten sind dabei ebenfalls zu berücksichtigen. Des Weiteren sind Modellunsicherheiten darzulegen und aufzuzeigen, wie diesen Rechnung getragen wird.

In Anbetracht der Dosisberechnungen innewohnenden sehr unterschiedlich gearteten konservativen Annahmen und Ungewissheiten sollten Standorte, für die errechnete Expositionen einen Dosiswert von 0,01 mS/a unterschreitet als gleichwertig angesehen werden.

Beim Vergleich von Standorten dürfen Standorte nicht aufgrund von Dosisdifferenzen ausgeschlossen werden, die nur durch Ungewissheiten der zugrunde gelegten Daten verursacht werden.

Für die Gesamtbeurteilung von Standortregionen bzw. Standorten im Rahmen des Vergleichs soll eine vierstufige qualitative Bewertungsskala („sehr geeignet“, „geeignet“, „bedingt geeignet“, „weniger geeignet“) zu verwenden).

Anmerkung:

Eine grobe Richtzahl für die zu untersuchende Anzahl der Standortregionen bzw. der Standorte in den jeweiligen Phasen muss von der Endlagerkommission noch festgelegt werden (bzw. minimal x Standortregionen und maximal y Standortregionen bzw. Standorte sollen in der Phase 1 (oder 2 oder 3) untersucht werden).

#### 4 Literatur

- /1/ Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle und zur Änderung anderer Gesetze – (Standortauswahlgesetz – StandAG) vom 23. Juli 2013
- /2/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle, Stand 30. September 2010
- /3/ Deutsche Arbeitsgemeinschaft Endlagerforschung (DAEF): Aspekte eines Standortauswahlverfahrens für ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle, Köln, Oktober 2014,
- /4/ Arbeitskreis Auswahlverfahren Endlagerstandorte (AkEnd): Auswahlverfahren für Endlagerstandorte, Empfehlungen des AkEnd , Abschlussbericht, Köln, 2002,
- /5/ Bundesamt für Strahlenschutz: Konzeptionelle und sicherheitstechnische Fragen der Endlagerung radioaktiver Abfälle. Wirtsgesteine im Vergleich, Salzgitter 2005
- /6/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit und Bau (BMUB): Programm für eine verantwortungsvolle und sichere Entsorgung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle (Nationales Entsorgungsprogramm), ENTWURF vom 06. Januar 2015
- /7/ Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI (Bericht ENSI 33/075): Anforderungen an provisorische Sicherheitsanalysen und den sicherheitstechnischen Vergleich; Sachplan Geologische Tiefenlager, Etappe 2, Brugg, April 2010
- /8/ Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI (Bericht ENSI 33/154): Präzisierung zur sicherheitstechnischen Methodik für die Auswahl von mindestens zwei Standortgebieten je für HAA und SMA in Etappe s SGT, Sachplan Geologische Tiefenlager, Etappe 2, Brugg, Januar 2013