

Verordnung über Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle

Lukas Schulte

Referat S III 2

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



Vorgeschichte

- 2010: Bundesumweltministerium veröffentlicht *Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle*
- 2013: Erstes Standortauswahlgesetz
Einsetzung der Kommission *Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe* (Endlagerkommission)
- 2016: Abschlussbericht der Endlagerkommission
u.a. mit Empfehlungen zu den Sicherheitsanforderungen
- 2017: Novelliertes Standortauswahlgesetz
auf der Grundlage des Kommissionsberichtes mit
Verordnungsermächtigung für Sicherheitsanforderungen



Grundlage aus dem Standortauswahlgesetz

§ 26 Standortauswahlgesetz (StandAG):

- *„Sicherheitsanforderungen sind die Anforderungen, denen die Errichtung, der Betrieb und die Stilllegung [eines Endlagers] [...] genügen müssen und die damit das bei der Endlagerung zu erreichende Schutzniveau festlegen.“*
- *„Sie bilden die wesentliche Grundlage für die [...] Bewertung, ob an einem Standort in Verbindung mit dem vorgesehenen Endlagerkonzept **der sichere Einschluss der radioaktiven Abfälle** erwartet werden kann.“*

Sicherheitsanforderungen sind eine Grundlage für vorläufige Sicherheitsuntersuchungen im Standortauswahlverfahren



Internationale Vorgaben

“The specific aims of disposal are:

- a) To contain the waste;*
- b) To isolate the waste from the accessible biosphere [...];*
- c) To inhibit, reduce and delay the migration of radionuclides at any time from the waste to the accessible biosphere;*
- d) To ensure that the amounts of radionuclides reaching the accessible biosphere [...] are such that possible radiological consequences are acceptably low at all times.”*

IAEA Specific Safety Requirements 5: Disposal of Radioactive Waste

Entsprechung im Standortauswahlgesetz

IAEA SSR-5

- a) Contain
- b) Isolate from the accessible biosphere
- c) Inhibit, reduce and delay the migration of radionuclides
- d) Ensure that possible radiological consequences are acceptably low

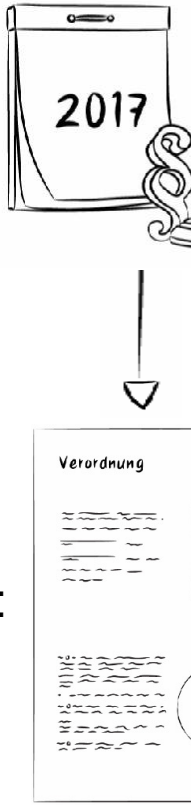
§ 26 StandAG

„Die radioaktiven und sonstigen Schadstoffe in den Abfällen sind [...] mit dem Ziel zu **konzentrieren und einzuschließen**, diese Stoffe **von der Biosphäre fernzuhalten**. Für einen **Zeitraum von einer Million Jahren** muss [...] sichergestellt werden, dass Expositionen [...] **geringfügig im Vergleich zur natürlichen Strahlenexposition** sind.“



Vom Gesetz zur Verordnung

- § 26 StandAG enthält eine Verordnungsermächtigung zur Konkretisierung der Sicherheitsanforderungen
- Sicherheitsanforderungen sind als Verordnung durch das Bundesumweltministerium mit Zustimmung des Bundestages (10.09.2020) erlassen worden
- Anforderungen an die Genehmigung eines Endlagers an einem bereits ausgewählten Standort
- Sind auch im Standortauswahlverfahren schon relevant: *„Ist zu erwarten, dass die Sicherheitsanforderungen an diesem Standort eingehalten werden können?“*





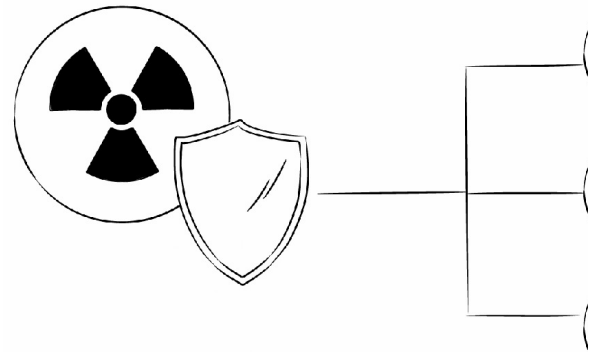
Erstellung des Verordnungsentwurfes

- Ausgangspunkt: BMU-Sicherheitsanforderungen von 2010
 - Endlagerkommission: *„entsprechen [...] grundsätzlich dem Stand von Wissenschaft und Technik und sind kompatibel mit dem internationalen Diskussionsstand“*
 - Aufzählung diverser Einzelaspekte, die bei einer Überarbeitung der Sicherheitsanforderungen berücksichtigt werden sollten (Kommissionsbericht S. 283f)
- Umsetzung der Vorgaben aus dem novellierten StandAG
 - Mögliche **Wirtsgesteine**: Steinsalz, Tongestein und Kristallingestein
 - Für Kristallingestein: Alternatives Endlagerkonzept möglich, das wesentlich auf **technischen und geotechnischen Barrieren** beruht



„Sicherer Einschluss“

- Zentrales Konzept der Sicherheitsanforderungen, deckt die genannten Forderungen ab
- Endlagersystem muss den sicheren Einschluss durch ein **robustes, gestaffeltes System verschiedener Barrieren** mit unterschiedlichen Sicherheitsfunktionen **passiv und wartungsfrei** gewährleisten.
- Der sichere Einschluss der radioaktiven Abfälle ist für einen Zeitraum von **einer Million Jahren** zu gewährleisten
- **Konkrete, quantifizierte Kriterien** für den sicheren Einschluss





Langzeitsicherheit

Berücksichtigung von möglichen zukünftigen Entwicklungen des Endlagers und seiner Umgebung

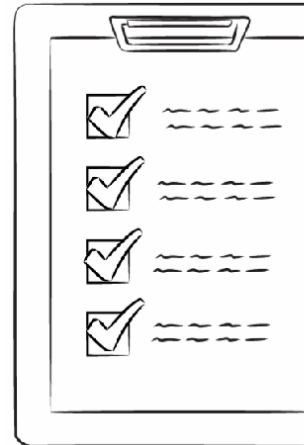
- Zu erwartende Entwicklungen:
„normale“ geologische/klimatische Entwicklung des Standortes, künstliche Barrieren verhalten sich (weitgehend) wie ausgelegt
- Abweichende Entwicklungen:
in ähnlichen Situationen selten aufgetreten, insbesondere ungünstige Annahmen zur zukünftigen Entwicklung
- Selbst Entwicklungen, die nach menschlichem Ermessen auszuschließen sind, sind vorsorglich zu betrachten



Prüfpflichten

Aspekte des Sicherheitsberichtes:

- Sicherer Einschluss der radioaktiven Abfälle
- Integrität und Robustheit des Barrierensystems
- Mögliche zusätzliche effektive Jahresdosis durch Austragungen
- Ausschluss von Kritikalität
- Betriebssicherheit (Störfallanalyse)



Die Prüfung ist jeweils für sämtliche zu erwartenden und abweichenden Entwicklungen durchzuführen

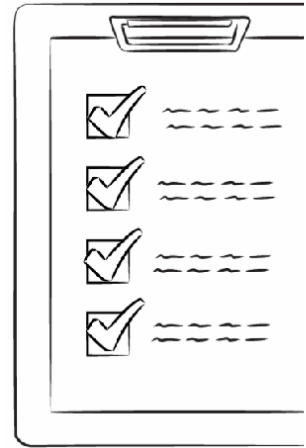
Teils abgestufte Anforderungen für abweichende Entwicklungen



Prüfpflichten

Aspekte des Sicherheitsberichtes:

- Sicherer Einschluss der radioaktiven Abfälle
- Integrität und Robustheit des Barrierensystems
- Mögliche zusätzliche effektive Jahresdosis durch Austragungen
- Ausschluss von Kritikalität
- Betriebssicherheit (Störfallanalyse)



Die Prüfung ist jeweils für sämtliche zu erwartenden und abweichenden Entwicklungen durchzuführen

Teils abgestufte Anforderungen für abweichende Entwicklungen



Schwerpunkte für heute

TAG C hat um vertiefte Informationen zu folgenden Aspekten gebeten:

- § 4: Sicherer Einschluss, insbesondere Austragungsindikatoren nach Abs. 5
- § 7: Dosiswerte im Bewertungszeitraum
- § 21: Endlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle (SMA) am selben Standort



Sicherer Einschluss

- Sicherer Einschluss der Abfälle ist zentrales Ziel des Endlagers (vgl. § 26 Abs. 1 StandAG, IAEA SSR 5)
- Sicherer Einschluss muss *unter Tage innerhalb der wesentlichen Barrieren* erfolgen
 - Kein Kredit von möglicher Verdünnung auf dem Weg zur Oberfläche
- Frage: wie kann dies quantifiziert und damit später konkret geprüft werden?
 - Es braucht einen quantifizierbaren Indikator
 - Bisher keine vergleichbare Regelung – weder national noch international



Austragungsindikator

Wie kann die „Dichtheit“ der wesentlichen Barrieren quantifiziert werden?



Anteil der Masse und Anzahl der Atome, die maximal aus dem Bereich der wesentlichen Barrieren ausgetragen werden

- Viele mögliche Indikatoren geprüft (s. [GRS-A-3985](#))
- Möglichst intuitiv verständlicher Indikator
- Für alle Wirtsgesteine in gleicher Weise anwendbar

Wichtig:

- „Gemessen“ wird an der Grenze der wesentlichen Barrieren, also unter Tage
- Ausgetragene Radionuklide sind noch lange nicht an der Oberfläche



Austragungsgrenzen nach § 4 Abs. 5

Welche Austragungen sind maximal zulässig?



Obergrenze so streng wie möglich, aber nicht strenger

- Endlager soll nicht unmöglich gemacht werden
- Keine „Vor-/Nachteile“ für einzelne Wirtsgesteine
- Keine Unterwanderung der StandAG-Kriterien
- Details der Ableitung: [VO-Begründung](#) und GRS-A-3985
- Obergrenze für gesamten Bewertungszeitraum: 10^{-4}
 - Bei einem Gesamtinventar von ca. 13 000 t hochradioaktiver Abfälle sind das im Schnitt 1,3 g im Jahr – tief unter Tage!
- Jährliche Obergrenze: 10^{-9} (\cong 13 g)
 - Verhindert, dass die gesamte zulässige Austragung in einem sehr kurzen Zeitraum erfolgt



Dosiswerte

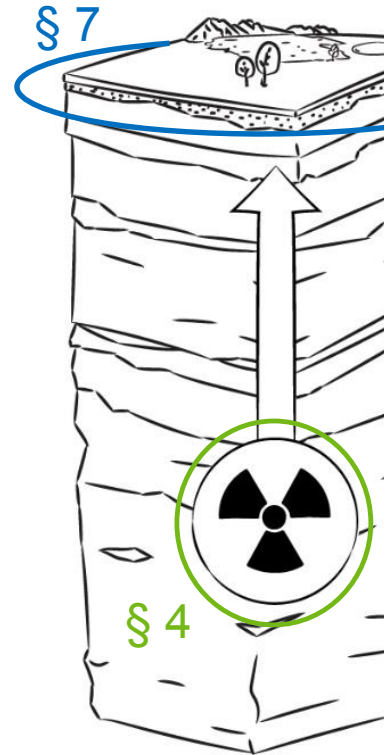
Auch hier: Indikatorwerte

- Keine Prognose realer Dosisbelastungen für zukünftig lebende Personen
- Sondern: Rechenmodell zur Bewertung der Radionuklide, die nach einer Austragung aus den wesentlichen Barrieren in die Biosphäre gelangen können
 - Berechnungsgrundlage zur Dosisabschätzung ist in Erarbeitung – Entwurf des BASE s. [hier](#)



Bewertung und Begrenzung an zwei Stellen:

- § 4 – Austragung: unter Tage
- § 7 – Dosis: in der Biosphäre





Dosiswerte

Dosiswerte für repräsentative Person sollen geringfügig im Vergleich zur natürlichen Strahlenbelastung (ca. 2100 $\mu\text{Sv/a}$) sein:

- im Bereich von 10 $\mu\text{Sv/a}$ für zu erwartende Entwicklungen
- 100 $\mu\text{Sv/a}$ für abweichende Entwicklungen

Werte aus BMU-Sicherheitsanforderungen von 2010 übernommen:

- Endlagerkommission: „Hinsichtlich des Strahlenschutzes sind die in den Sicherheitsanforderungen festgelegten Werte für die Langzeitbeurteilung im internationalen Vergleich eher hoch, also scharf“ (Abschlussbericht S. 283)
- ICRP 104: Dosen zwischen 10 und 100 $\mu\text{Sv/a}$ werden als vernachlässigbar angesehen



Kein Grund zur Änderung der etablierten Dosiswerte



Endlagerung von SMA am selben Standort

§ 1 Abs. 6 StandAG: Endlagerung von SMA am selben Standort ist zulässig, wenn die gleiche bestmögliche Sicherheit wie bei der alleinigen Endlagerung hochradioaktiver Abfälle gewährleistet ist

EndlSiAnfV regelt aber nur Endlagerung hochradioaktiver Abfälle

- Ziel von § 21 EndlSiAnfV: ausschließen, dass eventuelle Endlagerung von SMA am selben Standort nachteilige Auswirkungen auf die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle hat
- Konkrete Anforderungen an die Endlagerung von SMA sind nicht Gegenstand der EndlSiAnfV!



Keine Beeinträchtigungen durch Endlagerung von SMA

Voraussetzungen für die zusätzliche Endlagerung von SMA am selben Standort:

- Separates Endlagerbergwerk für SMA mit eigener Infrastruktur und getrennten Abläufen
 - Ausnahme: SMA haben deutlich geringeres Volumen als hochradioaktive Abfälle (z.B. Betriebsabfälle aus Konditionierung; **nicht** Asse-Abfälle oder Urantails)
- Keine Beeinträchtigung der Robustheit des Endlagersystems für zu erwartende Entwicklungen
- Keine Erhöhung der Austragungen für zu erwartende und abweichende Entwicklungen