



BUNDESGESELLSCHAFT
FÜR ENDLAGERUNG

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle

Stand 31.03.2021

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 3

Inhaltsverzeichnis

Deckblatt	1
Revisionsblatt	2
Inhaltsverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis der Anhänge	5
Anhangsverzeichnis	7
Abkürzungsverzeichnis	9
Begriffsbestimmungen	11
1 Einführung	13
1.1 Gegenstand und Zielsetzung	13
1.2 Abgrenzung	14
2 Überblick über betrachtete Regelwerke und Dokumente	16
2.1 Herangezogene Gesetzes- und Regelwerkspassagen	17
2.1.1 Gesetze und Verordnungen	17
2.1.2 Empfehlungen und Stellungnahmen der ESK	21
2.2 Weitere Regelwerke	25
2.3 Forschungsvorhaben und weitere Unterlagen	26
3 Behälterlebenszyklus	27
3.1 Phase vom Beginn der Fertigung bis zum Ende des Einlagerungsvorgangs	27
3.1.1 Fertigung und Anlieferung	27
3.1.2 Beladung und Kontrolle	28
3.1.3 Transport und Einlagerung	28
3.2 Phase der Rückholbarkeit	28
3.3 Phase der Bergbarkeit	29
3.4 Phase bis zum Ende des Bewertungszeitraums	29
3.4.1 Übergangsphase (optional, je nach Endlagerkonzept)	29
3.4.2 Langzeitphase	30
4 Hergeleitete Behälteranforderungen	31
4.1 Produktanforderungen an den Endlagerbehälter	31
4.2 Rahmenbedingungen für die Entwicklung und Herstellung der Endlagerbehälter	36
4.3 Rückholbarkeit und Bergbarkeit	39
4.3.1 Rückholbarkeit	39

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 4

4.3.2	Bergbarkeit	40
4.4	Zuordnung der Behälteranforderungen zum Behälterlebenszyklus	40
5	Zusammenfassung und Ausblick	43
	Literaturverzeichnis	45

Anzahl der Blätter dieses Dokumentes **104**

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 5

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Regelwerkspyramide (BMU 2020a, S. 104) 16

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zuordnung der Behälteranforderungen zum Behälterlebenszyklus 42

Tabellenverzeichnis der Anhänge

Tabelle A. 1: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus dem Atomgesetz (AtG) 47

Tabelle A. 2: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus dem Standortauswahlgesetz (StandAG) 49

Tabelle A. 3: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus der Endlagersicherheitsanforderungsverordnung (EndlSiAnfV) 53

Tabelle A. 4: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus dem Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) 62

Tabelle A. 5: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) 64

Tabelle A. 6: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus dem Bundesberggesetz (BBergG) 65

Tabelle A. 7: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus der Klimabergverordnung (KlimaBergV) 67

Tabelle A. 8: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG) 69

Tabelle A. 9: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus der Atomrechtlichen Entsorgungsverordnung (AtEV) 70

Tabelle A. 10: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus der Empfehlung der Entsorgungskommission: „Anforderungen an Endlagergebäude zur Endlagerung Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle“ (ESK 2016) 71

Tabelle A. 11: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus der Stellungnahme der Entsorgungskommission: „Sicherheitskonzeptionelle Anforderungen an das Barrierensystem eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle“ (ESK 2019) 76

Tabelle A. 12: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus „Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management“ (BMUB 2018) 78

Tabelle A. 13: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus „IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No. SSR-5, Disposal of Radioactive Waste, Specific Safety Requirements“ (IAEA 2011a) 80

Tabelle A. 14: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus „IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No. SSG-14 Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste, Specific Safety Guide“ (IAEA 2011b) 85

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 6

Tabelle A. 15:	Tabellarische Übersicht von Auszügen aus der „Richtlinie des Rates 2014/87/EURATOM“ (Rat der europäischen Union)	86
Tabelle A. 16:	Tabellarische Übersicht von Auszügen aus “ICRP Publication 122: Radiological Protection in Geological Disposal of Long-lived Solid Radioactive Waste” (ICRP 2013)	87
Tabelle A. 17:	Tabellarische Übersicht von Auszügen aus “WENRA Report Radioactive Waste Disposal Facilities Safety Reference Levels” (WENRA 2014)	89
Tabelle A. 18:	Tabellarische Übersicht von Auszügen aus “ADR Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road” (ADR 2020)	92
Tabelle A. 19:	Tabellarische Übersicht von Auszügen aus „Das ENCON-Behälterkonzept – Generische Behältermodelle zur Einlagerung radioaktiver Reststoffe für den interdisziplinären Optionenvergleich (Forschungsplattform ENTRIA)“ (Hassel et al. 2019)	98
Tabelle A. 20:	Tabellarische Übersicht von Auszügen aus dem Abschlussbericht der Endlagerkommission (K-Drs. 268)	100

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 7

Anhangsverzeichnis

Anhang 1	Tabellarische Übersicht von Auszügen aus Gesetzen und Regelwerken mit Bezug zu grundlegenden Anforderungen an einen Endlagerbehälter	47
Anhang 1.1	Nationale Gesetze und Regelwerke	47
Anhang 1.1.1	Atomgesetz	47
Anhang 1.1.2	Standortauswahlgesetz	49
Anhang 1.1.3	Endlagersicherheitsanforderungsverordnung	53
Anhang 1.1.4	Strahlenschutzgesetz	62
Anhang 1.1.5	Strahlenschutzverordnung	64
Anhang 1.1.6	Bundesberggesetz	65
Anhang 1.1.7	Klimabergverordnung	67
Anhang 1.1.8	Wasserhaushaltsgesetz	69
Anhang 1.1.9	Atomrechtliche Entsorgungsverordnung	70
Anhang 1.1.10	Empfehlung der Entsorgungskommission: Anforderungen an Endlagergebäude zur Endlagerung Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle	71
Anhang 1.1.11	Stellungnahme der Entsorgungskommission: Sicherheitskonzeptionelle Anforderungen an das Barrierensystem eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle	76
Anhang 1.2	Internationale Regelwerke	78
Anhang 1.2.1	Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management	78
Anhang 1.2.2	IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No. SSR-5, Disposal of Radioactive Waste, Specific Safety Requirements	80
Anhang 1.2.3	IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No. SSG-14 Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste, Specific Safety Guide	85
Anhang 1.2.4	Richtlinie des Rates 2014/87/EURATOM	86
Anhang 1.2.5	ICRP Publication 122: Radiological Protection in Geological Disposal of Long-lived Solid Radioactive Waste	87
Anhang 1.2.6	WENRA Report Radioactive Waste Disposal Facilities Safety Reference Levels	89
Anhang 1.2.7	ADR Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road	92
Anhang 2	Forschungsvorhaben und weitere Unterlagen zu Behälteranforderungen	95
Anhang 2.1	Zusammenfassung von Forschungsvorhaben und weiteren Unterlagen zu Behälteranforderungen	95
Anhang 2.2	Tabellarische Übersicht von Auszügen aus Forschungsvorhaben und weiteren Unterlagen mit Bezug zu grundlegenden Anforderungen an einen Endlagerbehälter	98

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 8

Anhang 2.2.1	Das ENCON-Behälterkonzept – Generische Behältermodelle zur Einlagerung radioaktiver Reststoffe für den interdisziplinären Optionenvergleich (Forschungsplattform ENTRIA)	98
Anhang 2.2.2	Abschlussbericht der Endlagerkommission	100

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 9

Abkürzungsverzeichnis

ADR	Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road
ALARA	As Low As Reasonably Achievable
AtEV	Atomrechtliche Entsorgungsverordnung
AtG	Atomgesetz
BASE	Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung
BBergG	Bundesberggesetz
BGE	Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
EndSiAnfV	Endlagersicherheitsanforderungsverordnung
EndSiUntV	Endlagersicherheitsuntersuchungsverordnung
ENTRIA	Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen
ESK	Entsorgungskommission
EURATOM	Europäische Atomgemeinschaft
ewG	einschlusswirksamer Gebirgsbereich
HAW	High Active Waste (hochradioaktiver Abfall)
IAEA	International Atomic Energy Agency
ICRP	International Commission on Radiological Protection
KlimaBergV	Klimabergverordnung
KoBrA	Anforderungen und Konzepte für Behälter zur Endlagerung von Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen und ausgedienten Brennelementen in Steinsalz, Tonstein und Kristallingestein
KTA	Kerntechnischer Ausschuss
RESUS	Grundlagenentwicklung für repräsentative vorläufige Sicherheitsuntersuchungen und zur sicherheitsgerichteten Abwägung von Teilgebieten mit besonders günstigen geologischen Voraussetzungen für die sichere Endlagerung hochradioaktiver Abfälle
StandAG	Standortauswahlgesetz
StrlSchG	Strahlenschutzgesetz
StrlSchV	Strahlenschutzverordnung

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 10

WENRA Western European Nuclear Regulators Association

WHG Wasserhaushaltsgesetz

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 11

Begriffsbestimmungen

- Bergung** Ungeplantes Herausholen von radioaktiven Abfällen aus einem Endlager (Begriffsbestimmung gemäß § 2 S. 1 Nr. 4 StandAG)
- Einschlusswirksamer Gebirgsbereich** Der Teil eines Gebirges, der bei Endlagersystemen, die wesentlich auf geologischen Barrieren beruhen, im Zusammenwirken mit den technischen und geotechnischen Verschlüssen den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle in einem Endlager gewährleistet (Begriffsbestimmung gemäß § 2 S. 1 Nr. 9 StandAG)
- Endlagerbehälter** Behälter zur Aufnahme von endzulagernden radioaktiven Abfällen
- Endlagergebäude** Die zur Endlagerung vorgesehenen Behälter mit radioaktiven Abfällen (Begriffsbestimmung gemäß § 2 S. 1 Nr. 4 EndlSiAnfV)
- Endlagersystem** Das den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle durch das Zusammenwirken der verschiedenen Komponenten bewirkende System, das aus dem Endlagerbergwerk, den Barrieren und den das Endlagerbergwerk und die Barrieren umgebenden oder überlagernden geologischen Schichten bis zur Erdoberfläche besteht, soweit sie zur Sicherheit des Endlagers beitragen (Begriffsbestimmung gemäß § 2 S. 1 Nr. 11 StandAG)
- geologische Barrieren** Geologische Einheiten, die eine Ausbreitung von Radionukliden be- oder verhindern (Begriffsbestimmung gemäß § 2 S. 1 Nr. 7 StandAG)
- Konditionierungsanlage** Kerntechnische Anlage zur Behandlung und endlagergerechten Verpackung radioaktiver Abfälle in Endlagerbehälter
- Rückholbarkeit** Die geplante technische Möglichkeit zum Entfernen der eingelagerten Abfallbehälter mit radioaktiven Abfällen während der Betriebsphase¹ (Begriffsbestimmung gemäß § 2 S. 1 Nr. 3 StandAG)
- Sicherheitsfunktion** Eine Eigenschaft einer Komponente des Endlagersystems oder ein im Endlagersystem ablaufender Prozess, die oder der sicherheitsrelevante Anforderungen an ein sicherheitsbezogenes System oder Teilsystem oder an eine Einzelkomponente erfüllt (Begriffsbestimmung gemäß § 2 S. 1 Nr. 8 EndlSiAnfV)
- Standortauswahlverfahren** Mit dem Standortauswahlverfahren soll in einem partizipativen, wissenschaftsbasierten, transparenten, selbsthinterfragenden und lernenden Verfahren für die im Inland verursachten hochradioaktiven Abfälle ein Standort mit der bestmöglichen Sicherheit für eine Anlage zur Endlagerung nach § 9a Abs. 3 S. 1 des Atomgesetzes in der Bundesrepublik Deutschland ermittelt werden (§ 1 Abs. 2 S. 1 StandAG)

¹ Im Rahmen dieses Berichtes wird für Abfallbehälter der Begriff Endlagerbehälter verwendet.

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 12

- Technische und geotechnische Barrieren** Künstlich erstellte Einheiten, die eine Ausbreitung von Radionukliden be- oder verhindern (Begriffsbestimmung gemäß § 2 S. 1 Nr. 8 StandAG)
- Umverpackung** Zusätzliche äußere Verpackung für einen Endlagerbehälter
- Weitere Barrieren** Die Barrieren, die zusätzlich zu den wesentlichen Barrieren und im Zusammenwirken mit ihnen eine Ausbreitung von Radionukliden be- oder verhindern (Begriffsbestimmung gemäß § 2 S. 1 Nr. 2 EndlSiAnfV)
- Wesentliche Barrieren** Die Barrieren, auf denen der sichere Einschluss der radioaktiven Abfälle beruht (Begriffsbestimmung gemäß § 2 S. 1 Nr. 1 EndlSiAnfV)
- Wirtsgestein** Gesteinstyp, der gem. § 1 Abs. 3 StandAG in Deutschland grundsätzlich für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle in Betracht kommt. Dies sind die Wirtsgesteine Steinsalz, Tongestein und Kristallingestein.

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 13

1 Einführung

1.1 Gegenstand und Zielsetzung

Zur Durchführung der Sicherheitsuntersuchungen im Rahmen der Standortsuche für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle sind Annahmen zum Behälterkonzept und dessen Eigenschaften zu treffen. Für die Endlagerung dieser Abfälle werden geeignete Endlagerbehälter in großer Stückzahl notwendig sein. Die Behälter² haben die Aufgabe, die hochradioaktiven Abfälle aufzunehmen, handhabbar zu machen und im Zusammenwirken mit den geotechnischen und geologischen Barrieren sicher im Endlager einzuschließen. Der BGE ist vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) mit Wirkung zum September 2019 die ausschließliche und vollumfängliche Zuständigkeit für die Entwicklung der Endlagerbehälter zugewiesen worden.

Die BGE sieht es als erforderlich an, in einem ersten Schritt die grundlegenden Anforderungen an die Endlagerbehälter zusammenzustellen. Diese Position wurde von der Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe (Endlagerkommission) in ihrem Abschlussbericht bekräftigt: „Voraussetzung für jede Behälterentwicklung oder -anpassung ist das Vorliegen möglichst konkreter Anforderungen auf Basis der aktuellen Sicherheitsanforderungen [...]“ (K-Drs. 268, S. 370). Auch nach der Empfehlung der Entsorgungskommission (ESK) stellt „den ersten Schritt zur Entwicklung und Auslegung von Endlagergebänden und ihren technischen Komponenten [...] die Erhebung der grundlegenden bzw. übergeordneten Anforderungen dar, die diese technische Barriere in ihren Wirkungszeiträumen erfüllen muss.“ (ESK 2016, S. 6).

In dem vorliegenden Bericht sind aus Sichtweise der BGE die grundlegenden Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle qualitativ zusammengestellt und beschrieben. Hierfür wurde zunächst eine möglichst umfassende Sichtung der nationalen und internationalen Regelwerke sowie thematisch passender Forschungsvorhaben vorgenommen (s. Kapitel 2). Anschließend werden in Kapitel 3 die Phasen im Lebenszyklus eines Endlagerbehälters beschrieben. Ausgehend von den gesichteten Regelwerken und Dokumenten werden die Anforderungen an Endlagerbehälter hergeleitet und erläutert (s. Kapitel 4.1 bis 4.3). Diese Behälteranforderungen werden im Folgenden den Phasen im Behälterlebenszyklus zugeordnet (s. Kapitel 4.4). Abschließend erfolgt eine Zusammenfassung des Berichts und ein Ausblick auf das weitere geplante Vorgehen der BGE in Bezug auf die Endlagerbehälterentwicklung (s. Kapitel 5). Im Anhang 1 sind zum einen die Passagen der nationalen und internationalen Gesetze und Regelwerke aufgeführt, welche direkt zur Herleitung von Behälteranforderungen verwendet wurden (s. Anhang 1). Zum anderen sind Passagen oder Zusammenfassungen von Forschungsvorhaben und weiteren Dokumenten zum Thema Endlagerbehälter aufgeführt, die gesichtet wurden, aber nicht für die Herleitung von grundlegenden Behälteranforderungen herangezogen wurden (s. Anhang 2).

² Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird im Folgenden teilweise der Begriff „Behälter“ genannt. Dieser ist in dieser Unterlage gleichzusetzen mit dem Begriff „Endlagerbehälter“.

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 14

Dieser Bericht bildet die Grundlage der Behälterentwicklung für die drei in Frage kommenden Wirtsgesteine Steinsalz, Tongestein und kristallines Wirtsgestein. Ziel der Behälterentwicklung ist die Entwicklung eines genehmigungsfähigen Behälters inklusive der dazugehörigen Produktions-, Verpackungs- und Handhabungstechniken. Die Genehmigungsfähigkeit wird als gegeben betrachtet, wenn alle relevanten Anforderungen, die aus den gültigen Regelwerken abgeleitet wurden (siehe Kapitel 4), in den jeweiligen Phasen des Behälterlebenszyklus unter den entsprechenden Einwirkungen nachweisbar erfüllt werden und darüber hinaus die Anforderungen aus § 9 Abs. 2 des Atomgesetzes (AtG) eingehalten werden.

Zur Durchführung des Standortauswahlverfahrens und der sicherheitsgerichteten Abwägung der Teilgebiete, Standortregionen und Standorte untereinander sind die Endlagerbehälterkonzepte ein wichtiger Bestandteil, auch wenn nach dem Standortentscheid lediglich die standortspezifischen Endlagerbehälterkonzepte für das entsprechende Wirtsgestein benötigt werden.

1.2 Abgrenzung

Der vorliegende Bericht bezieht sich auf die aktuelle Rechtslage in Deutschland. Nach dem „Programm für eine verantwortungsvolle und sichere Entsorgung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle“ (BMU 2015) soll am Endlagerstandort „auch ein Eingangslager mit entsprechender Konditionierungsanlage errichtet werden“. Es wird daher davon ausgegangen, dass die mit hochradioaktiven Abfällen beladenen Transport- und (Zwischen-)Lagerbehälter aus den Zwischenlagern an den Standort des Endlagers angeliefert werden und dass deren Inhalte dort in einer Konditionierungsanlage in Endlagerbehälter umverpackt werden. Das heißt, ein Transport der beladenen Endlagerbehälter (Endlagergebände) über öffentliche Verkehrswege ist nicht notwendig. Entsprechende Vorgaben aus dem Transport- und Gefahrgutrecht werden somit nicht als grundlegende Anforderungen berücksichtigt³.

Der Endlagerbehälter ist eine technische Barriere im Endlagersystem und muss deshalb im Zusammenhang des Endlagerkonzeptes betrachtet werden. Die Grundzüge für in Frage kommende Endlagerkonzepte und ein Ausblick, wie diese im Rahmen der Phasen des Standortauswahlverfahrens weiter ausgearbeitet werden sollen, sind im Bericht „Endlagerkonzepte – Überblick über grundsätzliche Rahmenbedingungen in der ersten Phase des Standortauswahlverfahrens“ (BGE 2020am) beschrieben. Die Endlagerkonzepte sollen in Schritt 2 der Phase I im Standortauswahlverfahren konkretisiert werden. In diesem Bericht kann daher noch nicht auf konkrete Endlagerkonzepte zurückgegriffen werden und es werden nur grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter aufgeführt.

Gemäß § 20 Abs. 1 EndlSiAnfV ist eine Umgebungsüberwachung bzw. ein Monitoring des Endlagers vorzusehen. Ob es in Deutschland ein direktes Monitoring der Endlagergebäude geben wird und ob sich daraus weitere Behälteranforderungen ergeben, ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht

³ Im Rahmen der Spezifikation können diese Anforderungen ggf. dennoch zur Orientierung herangezogen werden (siehe Kapitel 2.2).

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 15

absehbar. Daher wird das Monitoring bei der Beschreibung von Behälteranforderungen vorerst nicht berücksichtigt.

Im vorliegenden Bericht sind alle Anforderungen lösungsneutral aufgeführt. Es werden keine Vorschläge für eine Umsetzung der Anforderungen zur Entwicklung von möglichen Endlagerbehältern gegeben. Bereits bestehende Behälterkonzepte wurden zur Ableitung von Anforderungen nicht mit einbezogen. Bereits existierende Zusammenfassungen von Anforderungen an einen Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle in Deutschland wurden zur Erstellung des Berichts vergleichend betrachtet.

Gemäß § 3 Abs. 1 der atomrechtlichen Entsorgungsverordnung (AtEV) hat der Dritte nach § 9a Abs. 3 S. 2 AtG alle sicherheitstechnischen Anforderungen an für die Endlagerung bestimmten Abfallgebinden festzulegen, Vorgaben für die Behandlung der darin enthaltenen Abfälle festzulegen und die Endlagerfähigkeit der nach diesen Anforderungen und Vorgaben hergestellten Gebinde festzustellen. Das vorliegende Dokument stellt keine Festlegung der sicherheitstechnischen Anforderungen an Abfallgebinde im Sinne von § 3 Abs. 1 AtEV dar, bietet aber eine Grundlage, auf der später entsprechendes entwickelt werden kann.

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle

Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 16

2 Überblick über betrachtete Regelwerke und Dokumente

In der Abbildung 1 ist die Regelwerkspyramide der in Deutschland gültigen Regelungen für die Bereiche nukleare Sicherheit, Endlagerung, Transport radioaktiver Stoffe sowie Schutz vor ionisierender Strahlung abgebildet. Dabei sind die Hierarchie des nationalen Regelwerks, die Behörde oder Institution, die die Regel erlässt sowie ihr Verbindlichkeitsgrad dargestellt (BMU 2020a).

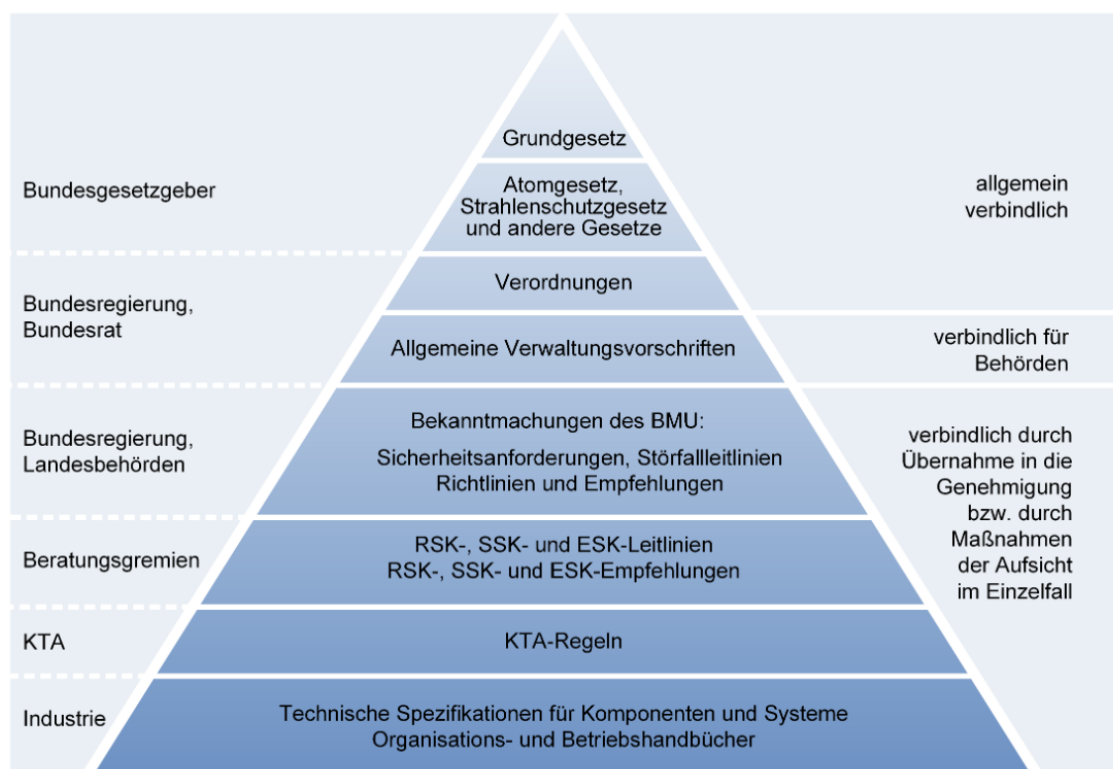


Abbildung 1: Regelwerkspyramide (BMU 2020a, S. 104)

Grundlage des deutschen kerntechnischen Regelwerks bildet in erster Linie das Atomgesetz (AtG). Speziell für die Endlagerung hoch radioaktiver Abfälle sind das Standortauswahlgesetz (StandAG) und die Endlagersicherheitsanforderungsverordnung (EndlSiAnfV) geschaffen worden. Aus dem Bereich des Strahlenschutzes sind das Strahlenschutzgesetz (StrlSchG) und die Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) zu beachten. Aus dem Bereich des Bergrechts sind die Vorgaben des Bundesberggesetzes (BBergG) sowie der zugehörigen Verordnungen wie bspw. der Klimabergverordnung (KlimaBergV) zu beachten. Aus dem Wasserrecht gibt es Anforderungen aus dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG).

Weitere kerntechnische Regelungen liegen in Form der Empfehlungen und Stellungnahmen der ESK, des Regelwerks des Kerntechnischen Ausschusses (KTA-Regelwerk) und in Form von Normen und Arbeitsschutzvorschriften vor.

Neben den genannten nationalen Regelwerken kann zur Herleitung von Behälteranforderungen auf Berichte aus Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, die nicht den Rang von Regelwerken haben, aber zum Stand von Wissenschaft und Technik beitragen können, zurückgegriffen werden.

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 17

Mit Anforderungen an Endlagerbehälter hat sich ebenfalls die Endlagerkommission in ihrem Abschlussbericht im Unterkapitel 6.8 „Anforderungen an Behälter zur Endlagerung“ auseinandergesetzt (K-Drs. 268, S. 365 ff.). Die entsprechenden Ausführungen zu Anforderungen an Endlagerbehälter sind bei der Novellierung des StandAG nicht in das deutsche Regelwerk übernommen worden. Die Anforderungen aus dem Abschlussbericht der Endlagerkommission werden deshalb hier als Unterlage ohne Regelwerksrang behandelt.

Neben dem nationalen Regelwerk gibt es noch eine Vielzahl an internationalen Regelwerken. Genannt seien hier z. B. das „Gemeinsame Übereinkommen über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle“ (engl. „Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management“, (BMUB 2018)), die Safety Standards der International Atomic Energy Agency (IAEA), Richtlinien der EURATOM (Europäische Atomgemeinschaft) oder Publikationen von Organisationen wie die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) oder der Western European Nuclear Regulators Association (WENRA). Alle diese internationalen Regelwerke haben gemeinsam, dass ihre Inhalte weitestgehend in das deutsche Regelwerk übernommen wurden.

2.1 Herangezogene Gesetzes- und Regelwerkspassagen

Für die Herleitung von Behälteranforderungen werden zunächst die regulatorischen Anforderungen aus den deutschen Regelwerken betrachtet. Nachfolgend sind die wesentlichen Regelwerke und ihre jeweils relevanten Paragraphen sinngemäß wiedergegeben. Auszüge der Gesetze und Regelwerke sind im Anhang 1 tabellarisch aufgeführt.

2.1.1 Gesetze und Verordnungen

Atomgesetz

Im AtG werden u. a. die Grundsätze der sicheren Entsorgung der deutschen radioaktiven Abfälle erläutert, wonach im Hinblick auf die langfristige Sicherheit auch Aspekte der passiven Sicherheit zu berücksichtigen sind (§ 2d). Der Bund hat Anlagen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle einzurichten (§ 9a Abs. 3 S. 1). Die Wahrnehmung dieser Aufgabe hat der Bund einem Dritten zu übertragen (§ 9a Abs. 3 S. 2) Diese Übertragung erfolgte am 25.04.2017 auf die Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE). In § 9 Abs. 2 werden die Genehmigungsvoraussetzungen für den Umgang mit Kernbrennstoffen außerhalb von Kernkraftwerken beschrieben. Für eine Genehmigung ist erforderlich, dass die für die Leitung und Beaufsichtigung der Verwendung der Kernbrennstoffe verantwortlichen Personen die hierfür erforderliche Fachkunde besitzen sowie sonst tätige Personen die notwendigen Kenntnisse über die möglichen Gefahren und die anzuwendenden Schutzmaßnahmen besitzen. Darüber hinaus ist nach dem Stand von Wissenschaft und Technik die erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die Verwendung von Kernbrennstoffen zu treffen und der erforderliche Schutz gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter zu gewährleisten. Außerdem darf die Verwendung von Kernbrennstoffen dem öffentlichen Interesse u. a. im Hinblick auf die Reinhaltung des Wassers, der Luft und des Bodens nicht entgegenstehen.

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 18

Standortauswahlgesetz

Im StandAG ist beschrieben, wie die Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle in Deutschland erfolgen soll. Ziel ist die bestmögliche Sicherheit für den dauerhaften Schutz von Mensch und Umwelt vor ionisierender Strahlung und sonstigen schädlichen Wirkungen dieser Abfälle für einen Zeitraum von einer Million Jahren (§ 1 Abs. 2). Die Endlagerung kann in den Wirtsgesteinen Steinsalz, Tongestein oder Kristallingestein erfolgen (§ 1 Abs. 3). Es sind Vorkehrungen zu treffen, die die Rückholbarkeit der Abfälle während der Dauer der Betriebsphase des Endlagers und eine Bergung der Abfälle für 500 Jahren nach dem geplanten Verschluss des Endlagers ermöglichen (§ 1 Abs. 4).

Bei Endlagersystemen, die im wesentlichen auf geologischen Barrieren beruhen, wird der sichere Einschluss der radioaktiven Abfälle durch den einschlusswirksamen Gebirgsbereich (ewG) im Zusammenwirken mit den technischen und geotechnischen Verschlüssen gewährleistet. Für das Wirtsgestein Kristallingestein ist, falls dort kein ewG ausgewiesen werden kann, ein alternatives Konzept, das deutlich höhere Anforderungen an die Langzeitintegrität des Behälters stellt, möglich (§ 23 Abs. 1). In diesem Fall muss der Nachweis geführt werden, dass die technischen und geotechnischen Barrieren den sicheren Einschluss der Radionuklide für eine Million Jahre gewährleisten können (§ 23 Abs. 4).

Für den Endlagerbehälter wird aus Vorsorgegründen von einer Grenztemperatur von 100 °C an der Außenfläche ausgegangen, solange die maximalen physikalisch möglichen Temperaturen in den jeweiligen Wirtsgesteinen aufgrund ausstehender Forschungsarbeiten noch nicht festgelegt worden sind (§ 27 Abs. 4).

Endlagersicherheitsanforderungsverordnung

In der EndSiAnfV, welche auf Grundlage von § 26 Abs. 3 StandAG erlassen wurde, ist festgelegt, dass der Bewertungszeitraum eine Million Jahre ab dem vorgesehenen Verschluss des Endlagers beträgt (§ 3 Abs. 1). Die radioaktiven Abfälle sind im Endlagersystem mit dem Ziel zu konzentrieren und sicher einzuschließen, dass die darin enthaltenen Radionuklide mindestens im Bewertungszeitraum von der Biosphäre ferngehalten werden (§ 4 Abs. 1). Dies ist durch ein robustes, gestaffeltes System verschiedener Barrieren mit unterschiedlichen Sicherheitsfunktionen zu gewährleisten (§ 4 Abs. 2). Dabei können ein oder mehrere einschlusswirksame Gebirgsbereiche oder geeignete technische und geotechnische Barrieren die wesentlichen Barrieren sein (§ 4 Abs. 3).

Es ist zu prüfen und darzustellen, dass die für den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle relevanten Eigenschaften der technischen und geotechnischen Barrieren mindestens in dem Zeitraum erhalten bleiben, in dem diese Barrieren nach dem Sicherheitskonzept erforderlich sind (§ 5 Abs. 1). Zudem sind die für die Langzeitsicherheit erforderlichen Eigenschaften von technischen oder geotechnischen Barrieren im Sicherheitskonzept zu spezifizieren. Die Herstellung und Errichtung der Barrieren nach diesen Spezifikationen muss qualitätsgesichert möglich sein. Die vorgesehene Qualitätssicherung muss dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen. Zudem müssen die Herstellung, die Errichtung und die Funktion der Barrieren erfolgreich erprobt sein (§ 5

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 19

Abs. 4). Auch ist im Fall eines Endlagersystems ohne ewG für die zu erwartenden Entwicklungen im Bewertungszeitraum die Integrität des Systems der wesentlichen technischen und geotechnischen Barrieren zu prüfen und darzustellen sowie seine Robustheit zu begründen (§ 6 Abs. 1). Hinsichtlich der Integrität ist zu prüfen und darzustellen, dass die Sicherheitsfunktionen der wesentlichen technischen und geotechnischen Barrieren nicht erheblich durch die im Einlagerungsbereich möglicherweise ablaufenden hydraulischen, chemischen und physikalischen Prozesse (insbesondere Korrosion und Erosion), die im umgebenden Gebirge auftretende Spannungen, Drücke sowie mögliche Gebirgsbewegungen und die Temperaturentwicklung beeinträchtigt werden (§ 6 Abs. 2).

Des Weiteren müssen sich selbst tragende Kettenreaktionen während des Betriebs und der Stilllegung des Endlagers sowie für zu erwartende und abweichende Entwicklungen im Bewertungszeitraum ausgeschlossen werden können (§ 8 Abs. 1).

Das Sicherheitskonzept soll eine Darstellung aller vorgesehenen Barrieren des Endlagersystems enthalten, insbesondere der wesentlichen Barrieren und ihrer jeweiligen Sicherheitsfunktionen und deren Zusammenwirken. Es ist darzulegen, dass die Sicherheitsfunktionen des Endlagersystems und seiner Barrieren gegenüber inneren und äußeren Einflüssen und Störungen unempfindlich sind und dass das Verhalten der Barrieren gut prognostizierbar ist (§ 10 Abs. 5). Das Sicherheitskonzept hat außerdem einen Ablaufplan für die Errichtung, den Betrieb und die Stilllegung des Endlagers, eine Darstellung der Maßnahmen, mit denen die Rückholbarkeit der eingelagerten radioaktiven Abfälle bis zum Beginn der Stilllegung gewährleistet wird und eine Darstellung der Maßnahmen, die zur Ermöglichung einer Bergung der eingelagerten radioaktiven Abfälle getroffen werden, zu enthalten (§ 10 Abs. 6). Aus dem Sicherheitskonzept ist die technische Auslegung des Endlagers abzuleiten und zu optimieren und hat insbesondere Folgendes zu umfassen (§ 11 Abs. 1):

- Die Definition der wesentlichen und weiteren Barrieren,
- die Positionierung und technische Ausführung der untertägigen Hohlräume, Einlagerungsbereiche und Tageszugänge,
- die Spezifikation von Einrichtungen und Geräten zur Handhabung von Endlagergebänden,
- die sicherheitstechnischen Anforderungen an die Endlagergebäude sowie die Vorgaben für die Behandlung der Abfälle nach § 3 Abs. 1 S. 2 AtEV,
- das Einlagerungskonzept, insbesondere Anordnung, sowie Handhabung und Kontrolle der Endlagergebäude,
- die Maßnahmen zur Gewährleistung der Rückholbarkeit bereits eingelagerter Endlagergebäude und
- die Stilllegungsmaßnahmen einschließlich der Verschlussmaßnahmen.

Das Sicherheitskonzept und die technische Auslegung des Endlagers sind zur Erreichung der Ziele Langzeitsicherheit und Betriebssicherheit zu optimieren (§ 12 Abs. 1).

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 20

Bezüglich einer Rückholung ist in der EndSiAnfV festgelegt, dass die Endlagergebäude bis zum Beginn der Stilllegung rückholbar sein müssen (§ 13 Abs. 1). Die Rückholung muss dabei so geplant werden, dass der dafür voraussichtlich erforderliche technische und zeitliche Aufwand den für die Einlagerung erforderlichen Aufwand nicht unverhältnismäßig übersteigt. Zudem sind die zur Rückholung erforderlichen technischen Einrichtungen während des Betriebs vorzuhalten (§ 13 Abs. 2). Maßnahmen, die der Gewährleistung der Rückholbarkeit dienen, dürfen die Langzeitsicherheit des Endlagers nicht gefährden (§ 13 Abs. 3).

Darüber hinaus sind ausreichend Vorkehrungen für eine Bergung der Endlagergebäude während der Stilllegung und für einen Zeitraum von bis zu 500 Jahren nach dem vorgesehenen Verschluss zu treffen (§ 14 Abs. 1). Die Vorkehrungen sind ausreichend, wenn die Endlagergebäude für zu erwartende Entwicklungen des Endlagersystems für den Zeitraum von 500 Jahren nach dem vorgesehenen Verschluss des Endlagers individuell auffindbar, identifizierbar und mechanisch so stabil sind, dass eine Handhabung ganzer Endlagergebäude möglich ist, ohne dass eine Freisetzung von radioaktiven Aerosolen zu erwarten ist. Ebenfalls muss eine umfangreiche Dokumentation über das aufgefahrene Endlagerbergwerk einschließlich seiner Stilllegung, über sämtliche eingelagerten Endlagergebäude einschließlich ihrer jeweiligen Beladung und Position im Endlagerbergwerk und über die zu erwartenden und abweichenden Entwicklungen des Endlagersystems angelegt werden (§ 14 Abs. 2).

Vor der erstmaligen Annahme von radioaktiven Abfällen ist der Betrieb des Endlagers erfolgreich zur erproben (§ 16 Abs. 1). Dabei muss auch die Handhabung und Einlagerung von Endlagergebäuden ohne radioaktive Beladung durchgeführt worden sein und die Funktionsfähigkeit aller technischen Einrichtungen, die für eine mögliche Rückholung von eingelagerten Endlagergebäuden notwendig sind, sichergestellt sein (§ 16 Abs. 2).

Für die Einlagerung von radioaktiven Abfällen dürfen nur Endlagergebäude in das Endlager eingebracht werden, deren Endlagerfähigkeit festgestellt wurde (§ 18 Abs. 1).

Schließlich ist das Endlager nach Abschluss der Einlagerung so stillzulegen, dass das Endlagersystem den sicheren Einschluss der Abfälle während des Bewertungszeitraumes passiv und wartungsfrei gewährleistet (§ 19 Abs. 1).

Strahlenschutzgesetz

Im StrlSchG ist beschrieben, dass jede unnötige Exposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt zu vermeiden ist (§ 8 Abs. 1). Zudem ist jede Exposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt auch unterhalb der Grenzwerte so gering wie möglich zu halten (§ 8 Abs. 2). Dabei dürfen die Dosisgrenzwerte, die im StrlSchG und in aufgrund des StrlSchG erlassenen Rechtsverordnungen festgelegt sind, nicht überschritten werden (§ 9). Diese Grenzwerte sind in den §§ 77, 78 und 80 aufgeführt.

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 21

Strahlenschutzverordnung

In der StrlSchV ist festgelegt, dass die Grenzwerte der effektiven Dosis der durch Ableitungen radioaktiver Stoffe mit Luft oder Wasser aus kerntechnischen Anlagen jeweils bedingten Exposition für Einzelpersonen der Bevölkerung 0,3 Millisievert im Kalenderjahr betragen (§ 99 Abs. 1).

Bundesberggesetz

Im Bundesberggesetz sind die Voraussetzungen für die Zulassung eines Betriebsplans festgelegt (§ 55) und die Pflichten eines Unternehmers erläutert (§ 61). Zusammengefasst werden darin Pflichten zur Einhaltung der allgemein anerkannten sicherheitstechnischen Regeln, zum Schutz der Mitarbeiter durch Einhaltung der gültigen Arbeitsschutzvorschriften und zum Schutz Dritter vor Gefahren für Leben, Gesundheit und Sachgüter festgelegt.

Klimabergverordnung

In der Klimabergverordnung ist für Bergwerke außerhalb des Salzbergbaus festgelegt, dass bei Effektivtemperaturen über 30 °C Personen nicht beschäftigt werden dürfen (§ 4 Abs. 1). Ausnahmen davon sind gemäß den weiteren Absätzen des Paragraphen möglich. Bei Trockentemperaturen von mehr als 52 °C oder Feuchttemperaturen von mehr als 27 °C dürfen im Salzbergbau Personen nicht beschäftigt werden (§ 5 Abs. 1). Auch hierzu ist erläutert, in welchen Fällen Ausnahmen zugelassen werden können (§ 5 Abs. 2).

Wasserhaushaltsgesetz

Im Wasserhaushaltsgesetz ist die Reinhaltung des Grundwassers geregelt (§ 48). Demnach darf eine Erlaubnis für das Einbringen und Einleiten von Stoffen in das Grundwasser nur erteilt werden, wenn eine nachteilige Veränderung der Wasserbeschaffenheit nicht zu besorgen ist (§ 48 Abs. 1). Stoffe müssen so gelagert oder abgelagert werden, dass eine nachteilige Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit nicht zu besorgen ist (§ 48 Abs. 2).

2.1.2 Empfehlungen und Stellungnahmen der ESK

Die ESK berät das BMU in den Angelegenheiten der nuklearen Entsorgung. Als Ergebnis der Beratungen werden Stellungnahmen, Empfehlungen und Richtlinien verabschiedet, die dem BMU vorgelegt und auf der Homepage der ESK veröffentlicht werden. Wie in der Regelwerkspyramide (Abbildung 1) dargestellt, handelt es sich bei diesen Veröffentlichungen der ESK um Regelwerke. Sie sind jedoch hierarchisch unter den in Kapitel 2.1.1 beschriebenen Gesetzen und Verordnungen angeordnet.

Für die Zusammenstellung der grundlegenden Anforderungen an Endlagerbehälter sind insbesondere die Stellungnahme „Sicherheitskonzeptionelle Anforderungen an das Barrierensystem eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle und deren Umsetzbarkeit“ (ESK 2019) und die Empfehlung „Anforderungen an Endlagergebäude zur Endlagerung Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle“ (ESK 2016) relevant. In ersterer wurden das Ziel eines Barrierensystems und Anforderungen an dieses formuliert sowie die prinzipielle Erfüllbarkeit dieser Anforderungen für bestehende Konzepte

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 22

von Barrierensystemen überprüft. Wesentliche Passagen dieser Stellungnahme werden im Anhang 1.1.11 aufgeführt.

Letztere bezieht sich direkt auf die aus Sicht der ESK notwendigen Anforderungen an Endlagergebäude und stellt damit eine der wesentlichen Unterlagen zur Herleitung der grundlegenden Anforderungen an Endlagerbehälter dar. Die Ergebnisse der Empfehlung werden nachfolgend aufgeführt.

Die Empfehlung der ESK stammt aus dem Jahr 2016, daher erfolgte die Herleitung der regulatorischen Anforderungen anhand der „Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle“ des BMU von 2010 (BMU 2010). Diese wurden mittlerweile durch die EndlSiAnfV ersetzt. Eine Auflistung der von der ESK wiedergegebenen regulatorischen Anforderungen aus den Sicherheitsanforderungen von 2010 erfolgt hier daher nicht. Zudem müssen die von der ESK hergeleiteten Anforderungen an Endlagergebäude vor ihrer Anwendung auf die Übereinstimmung mit den Regelungen der im Oktober 2020 in Kraft getretenen EndlSiAnfV geprüft werden.

In Rahmen der Empfehlung der ESK wird das Endlagergebäude so beschrieben, dass es aus dem Abfallgebäude, welches den Abfall und den Abfallbehälter umfasst, und der äußeren Ummantelung, welche der Integritätswahrung über einen definierten Wirkungszeitraum dient, besteht. Die technische Barriere Endlagergebäude hat im System der gestaffelten Barrieren gemäß ESK folgende grundlegende Funktionen zu erfüllen: Aufnahme der Abfälle; Einschluss der radioaktiven Abfälle; Verhinderung von Radionuklidfreisetzungen und Erhalt der einschlusswirksamen Eigenschaften über den geforderten Wirkungszeitraum der Barriere; Gewährleistung der Anforderungen aus dem betrieblichen Strahlenschutz; Verträglichkeit mit weiteren Barrieren; Ableitung der Zerfallswärme in die Umgebung sowie Erhalt der strukturellen Integrität und Erhalt der Handhabbarkeit in den verschiedenen zeitlichen Phasen. Je nach technischer Realisierung werden die Funktionen durch verschiedene technische Komponenten (modulare Lösung) oder durch eine einzige technische Komponente, das Endlagergebäude (integrale Lösung), erfüllt.

Die ESK teilt die von ihr aufgeführten Anforderungen an Endlagergebäude in die Kategorien

- übergeordnete Anforderungen,
- Anforderungen resultierend aus der Betriebsphase,
- Anforderungen resultierend aus der Nachverschlussphase des Endlagers und
- Anforderungen an die Auslegung und Herstellung

ein.

Als übergeordnete Anforderungen sind von der ESK dabei die folgenden Anforderungen identifiziert worden (ESK 2016, S. 8):

- Einschluss der radioaktiven Abfälle,
- Strukturelle Integrität der Abfallgebäude/Endlagergebäude,
- Ausschluss von Kritikalität,
- Einhaltung der Annahmebedingungen,

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 23

- Handhabbarkeit,
- Handhabbarkeit zur Beladung der Abfallgebinde/Endlagergebinde,
- Abschirmung ionisierender Strahlung,
- Rückholbarkeit der Abfallgebinde/Endlagergebinde,
- Bergbarkeit der Abfallgebinde/Endlagergebinde,
- Temperaturbegrenzung der Abfallgebinde/Endlagergebinde,
- Kennzeichnung der Abfallgebinde/Endlagergebinde,
- Verträglichkeit des Endlagergebindes mit den Barrieren des Endlagersystems.

Zudem hat die ESK folgende Anforderungen identifiziert, die aus der Betriebsphase des Endlagers resultieren (ESK 2016, S. 9 f.):

- Integrität der Abfallgebinde/Endlagergebinde (Einschluss der radioaktiven Abfälle)
Das System Abfallgebinde/Endlagergebinde muss den Einschluss der radioaktiven Abfälle in allen Phasen des Endlagerbetriebs gewährleisten und gasdicht sein. Die Integrität der Gebinde muss auch nach betrieblichen Ereignissen gewährleistet sein.
- Handhabbarkeit
Die Abfallgebinde/Endlagergebinde müssen die sichere Handhabung, den sicheren innerbetrieblichen Transport und die Einlagerung gewährleisten. Die Handhabbarkeit muss auch nach betrieblichen Ereignissen gewährleistet sein.
- Abschirmung ionisierender Strahlung
Das System Abfallgebinde/Endlagergebinde muss derart ausgelegt sein, dass die Strahlenschutzbedingungen erfüllt werden.
- Rückholbarkeit der Abfallgebinde im modularen Konzept / der Endlagergebinde im integralen Konzept für einen gegebenen Zeitraum
Das System Abfallgebinde/Endlagergebinde muss so konzipiert sein, dass es in der Betriebsphase des Endlagers rückholbar, dies setzt für diesen Zeitraum seine Handhabbarkeit voraus. Dabei muss es gasdicht sein und die Maßnahmen zur Rückholbarkeit dürfen die Langzeitsicherheit nicht beeinträchtigen.
- Beladung der Abfallgebinde/Endlagergebinde
Die Abfallgebinde/Endlagergebinde müssen so konzipiert sein, dass ihre Beladung sicher und möglichst einfach erfolgen kann.

Als Anforderungen resultierend aus der Nachverschlussphase des Endlagers wurden von der ESK die folgenden Anforderungen identifiziert (ESK 2016, S. 11 ff.):

- Einschluss der radioaktiven Abfälle in den Endlagergebinden
Die Endlagergebinde müssen die im Sicherheitskonzept festgelegten Einschlusseigenschaften für ihre jeweilige Wirkungsdauer aufweisen.

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 24

- Erhalt der strukturellen Integrität der Endlagergebinde**
Die Endlagergebinde müssen für den Zeitraum, in dem die geforderten Einschlusseigenschaften vorliegen müssen, gegen innere und äußere Einwirkungen so ausgelegt werden, dass ihre Integrität gegeben ist. Die Auslegung der Endlagergebinde und ihrer Teilsysteme muss nach anerkannten Standards erfolgen, so dass die Integrität über den geforderten Zeitraum belastbar begründet werden kann.
- Temperaturbegrenzung**
Die Endlagergebinde müssen so konzipiert sein, dass die maximal zulässige Temperatur des Wirtsgesteins und des Versatzes und die maximal zulässigen Inventar- und Bauteiltemperaturen nicht überschritten werden.
- Begrenzung negativer physikochemischer Einflüsse des Endlagergebundes auf die Barrieren des Endlagersystems**
Die Endlagergebinde dürfen keine unzulässigen negativen Auswirkungen auf die Barrieren des Barrierensystems haben.
- Verwendung geeigneter Materialien**
Das Endlagergebinde muss aus Materialien gefertigt werden, welche den Einschluss und die Integrität unter den internen und externen Belastungen des Endlagers gewährleisten können. Die Materialien sollen im Hinblick auf eine mögliche Gasbildung keine Integritätsgefährdung der Barrieren erwarten lassen.
- Bergbarkeit der Abfälle für 500 Jahre nach Verschluss**
Die strukturelle Integrität der Abfallgebinde/Endlagergebinde muss für einen Zeitraum von 500 Jahren erhalten bleiben. Die zurückzuholenden Gebinde müssen so konzipiert werden, dass die Freisetzung von radioaktiven Aerosolen bei der Bergung vermieden werden kann. Maßnahmen zur Gewährleistung der Bergbarkeit dürfen die Langzeitsicherheit nicht unzulässig beeinträchtigen.
- Ausschluss der Kritikalität über den gesamten Nachweiszeitraum**
Die Abfallgebinde/Endlagergebinde müssen so konzipiert sein, dass eine Kritikalität des Inventars über den gesamten Nachweiszeitraum ausgeschlossen ist.
- Kennzeichnung der Abfallgebinde/Endlagergebinde**
Die Abfallgebinde/Endlagergebinde müssen gekennzeichnet werden. Anhand der Kennzeichnung muss das Abfallgebinde/Endlagergebinde im Falle einer Bergung eindeutig identifizierbar sein.

Zuletzt wurden von der ESK noch folgende Anforderungen an die Auslegung und Herstellung hergeleitet (ESK 2016, S. 14 f.):

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 25

- **Erfüllung der Endlagerungsbedingungen**
Das System Abfallgebinde/Endlagergebinde muss den Endlagerungsbedingungen genügen und das System bzw. seine Dokumentation müssen die Überprüfung auf Einhaltung der Endlagerungsbedingungen ermöglichen.
- **Auslegung der Abfallgebinde/Endlagergebinde**
Die Auslegung der Abfallgebinde/Endlagergebinde muss derart vorgenommen werden, dass die Annahmebedingungen und die Anforderungen, resultierend aus den Anforderungen der Langzeitsicherheit und dem Betrieb, erfüllt werden.
- **Qualitätsnachweis**
Es muss der Nachweis geführt werden, dass das Endlagergebinde mit der geforderten Qualität hergestellt worden ist.
- **Kennzeichnung**
Die Abfallgebinde/Endlagergebinde müssen mit einer eindeutigen, unverwechselbaren und für den Zeitraum der Bergbarkeit von 500 Jahren dauerhaften Kennzeichnung versehen werden.

2.2 Weitere Regelwerke

Hier werden die Regelwerke aufgeführt, die zunächst als noch nicht relevant für die Herleitung von Endlagerbehälteranforderungen angesehen werden. Diese könnten allerdings zu einem späteren Zeitpunkt, z. B. im Genehmigungsverfahren, relevant werden.

Das umfangreiche Regelwerk des Kerntechnischen Ausschusses (KTA) wird als noch nicht relevant angesehen. Der KTA hat die Aufgabe, für die Aufstellung von sicherheitstechnischen Regeln und deren Anwendung auf dem Gebiet der Kerntechnik zu sorgen. Bislang konzentriert sich das KTA-Regelwerk auf die Auslegung, den Bau und den Betrieb von Kernkraftwerken. Teile des KTA-Regelwerks sind aber z. B. auch für die Zwischenlagerung von ausgedienten Brennelementen angewandt worden. Inwiefern das KTA-Regelwerk auf die Endlagerung anzuwenden ist, kann zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht abgeschätzt werden und wird sich im Verlauf des Genehmigungsverfahrens zeigen. Ebenfalls noch nicht absehbar ist, wie lang das Regelwerk des KTA nach dem Ende des Leistungsbetriebs der deutschen Kernkraftwerke 2022 noch gepflegt wird und damit überhaupt anwendbar sein wird. Auch wenn das KTA-Regelwerk nicht unmittelbar auf einen Endlagerbehälter anwendbar ist, wäre grundsätzlich denkbar, dass die Berücksichtigung einer schutzzielorientierten Übertragung und Anwendung dieser Regelwerke einen wichtigen methodischen Beitrag zur vollständigen Betrachtung aller sicherheitstechnisch wichtigen Aspekte leisten könnte.

Wie in Kapitel 1.2 beschrieben, wird davon ausgegangen, dass die Konditionierungsanlage am Endlagerstandort errichtet wird. Daher ist ein Transport der Endlagergebinde über öffentliche Verkehrswege nicht notwendig. Somit sind entsprechende Anforderungen aus dem Transport- und Gefahrgutrecht nicht zwingend zu berücksichtigen. Im Rahmen der Zulassung/Genehmigung des Endlagerbehälters kann es jedoch aus Gründen der Genehmigungsstrategie von Vorteil sein, sich an den

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 26

dort vorgeschriebenen Anforderungen zu orientieren oder sogar eine entsprechende Bauartzulassung anzustreben, obwohl der öffentliche Straßentransport nicht erfolgen soll. Als Orientierung für mögliche Quantifizierungen von Behälteranforderungen analog zum Transport- und Gefahrgutrecht sind in Anhang 1.2.7 Auszüge der Regelungen für den internationalen Straßentransport von gefährlichen Gütern (ADR 2020) aufgeführt. In der ADR werden u. a. Anforderungen an Behältnisse für den Transport von radioaktiven Stoffen auf öffentlichen Straßen gestellt. Im Rahmen dieses Berichts werden sie jedoch nicht zur Spezifizierung der Behälteranforderungen herangezogen.

Zum jetzigen Zeitpunkt wurden sonstige technische Regelwerke, z. B. Normen oder Arbeitsschutzvorschriften, ebenfalls noch nicht zur Herleitung von Behälteranforderungen herangezogen. Weitere Anforderungen an die Endlagerbehälter könnten sich auch aus Auflagen der Genehmigungsbehörden ergeben, was derzeit jedoch noch nicht absehbar ist.

2.3 Forschungsvorhaben und weitere Unterlagen

Weitere Dokumente, in denen Anforderungen an Endlagerbehälter thematisiert werden, wurden im Rahmen der Forschungsplattform „Entsorgungsoptionen für radioaktive Reststoffe: Interdisziplinäre Analysen und Entwicklung von Bewertungsgrundlagen“ (ENTRIA, (Hassel et al. 2019)) und des Abschlussberichts der Kommission Lagerung hochradioaktiver Abfallstoffe (K-Drs. 268) verfasst. Die Zusammenfassungen der in den jeweiligen Unterlagen beschriebenen wesentlichen Behälteranforderungen befinden sich im Anhang 2 dieses Berichtes.

Darüber hinaus wird zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Unterlage das Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Anforderungen und Konzepte für Behälter zur Endlagerung von Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen und ausgedienten Brennelementen in Steinsalz, Tonstein und Kristallin-gestein“ (KoBrA) durch die BGE TECHNOLOGY GmbH und die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung bearbeitet. Das Vorhaben hat unter anderem zum Ziel „unter Berücksichtigung des geltenden gesetzlichen und untergesetzlichen Regelwerkes die Anforderungen an Endlagerbehälter [...] eines HAW-Endlagers [(Endlager für hochradioaktive Abfälle)] in Steinsalz, Tonstein und Kristallin-gestein [...] herzuleiten“ (KIT 2020). Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Unterlage sind die Abschlussberichte der Arbeitspakete sowie der zusammenfassende Abschlussbericht jedoch noch nicht veröffentlicht, sodass das Vorhaben KoBrA hier nicht berücksichtigt wird.

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 27

3 Behälterlebenszyklus

In diesem Kapitel werden die Phasen, die ein einzelner Endlagerbehälter in seinem Produktleben durchläuft, beschrieben.

Bevor es zur Serienproduktion der Endlagerbehälter kommt, sind einige Schritte für die Planung und Genehmigung der Behälter durchzuführen. In der Konzeptplanung werden zunächst generische Konzepte entwickelt, die mit Voranschreiten des Standortauswahlverfahrens weiter konkretisiert werden. Für einen oder mehrere Standorte wird dann ein entsprechendes Behälterdesign nach dem standortabhängigen Endlager- und Sicherheitskonzept festgelegt (Entwurfsplanung). Für dieses Design sind Genehmigungsunterlagen zu erstellen (Genehmigungsplanung), parallel werden Behälterprototypen gefertigt, welche für Demonstrationsversuche und praktische Nachweise benötigt werden, um entsprechende Zulassungen/Genehmigungen für den Endlagerbehälter (Genehmigungsphase) zu erlangen. Mit Erteilung der Genehmigung durch die zuständige Behörde und Abschluss der Fertigungsplanung kann mit der Serienproduktion der Endlagerbehälter begonnen werden. Erst hier beginnt der eigentliche Lebenszyklus des Endlagerbehälters. Er wird im Rahmen der Herleitung der grundlegenden Anforderungen an Endlagerbehälter in die folgenden chronologischen Phasen gegliedert:

- Phase vom Beginn der Fertigung bis zum Ende des Einlagerungsvorgangs
- Phase der Rückholbarkeit
- Phase der Bergbarkeit
- Phase bis zum Ende des Bewertungszeitraums

In den einzelnen Phasen wirken unterschiedliche Einwirkungen⁴ auf den Endlagerbehälter und es gelten spezifische regulatorische Vorgaben. In Folge dessen sind die Anforderungen an den Endlagerbehälter abhängig von den Phasen im Behälterlebenszyklus. Hierauf wird weiter unten in Kapitel 4.4 eingegangen. Im Folgenden werden zunächst die Phasen des Behälterlebenszyklus beschrieben.

3.1 Phase vom Beginn der Fertigung bis zum Ende des Einlagerungsvorgangs

3.1.1 Fertigung und Anlieferung

Nach Erteilung der Zulassung/Genehmigung des Endlagerbehälters und Abschluss der Fertigungsplanung wird mit der Fertigung der einzelnen Behälter begonnen. Dazu sind zunächst die für die Behälterfertigung notwendigen Materialien und Werkstoffe herzustellen und im Sinne der Qualitätssicherung auf eine Einhaltung der geforderten Materialeigenschaften zu prüfen. Anschließend wird der Endlagerbehälter entsprechend der festgeschriebenen Prozessabläufe hergestellt. Die Behälterfertigung ist durch begleitende Qualitätssicherungsmaßnahmen zu überwachen und der gefertigte Behälter muss auf die Einhaltung der geforderten Eigenschaften überprüft werden.

⁴ Dies können insbesondere thermische, mechanische, radiologische, chemische und biologische Einwirkungen sein.

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 28

Nach der Prüfung und Freigabe wird der gefertigte Endlagerbehälter zum Standort der Konditionierungsanlage transportiert und dort bis zu seinem Einsatzzeitpunkt gelagert. Unter Umständen sind Maßnahmen vorzusehen, um eine Veränderung der Behältereigenschaften (z. B. durch Korrosion) über den Lagerzeitraum zu minimieren bzw. auszuschließen. In dieser Phase ist der Endlagerbehälter leer und enthält noch keine radioaktiven Abfälle.

3.1.2 Beladung und Kontrolle

In der Konditionierungsanlage werden zunächst die angelieferten hochradioaktiven Abfälle entsprechend der dann geltenden Anforderungen an das Endlagergebäude konditioniert. Anschließend wird der Endlagerbehälter mit den konditionierten ausgedienten Kernbrennstoffen und Wiederaufarbeitungsabfällen beladen.

Nach der Beladung wird der Behälter entsprechend den noch festzulegenden Anforderungen verschlossen, um die radioaktiven Stoffe sicher einzuschließen und das Endlagergebäude herzustellen. Das Beladen und der Verschluss der Endlagergebäude werden durch Qualitätssicherungsmaßnahmen überwacht.

Nach dem Verschluss des Endlagergebäudes wird dieses auf eventuelle Oberflächenkontamination überprüft. Wird eine Kontamination des Endlagergebäudes festgestellt, wird eine Dekontamination durchgeführt. Die Ursache der Kontamination wird ermittelt und nach Möglichkeit beseitigt.

Das fertiggestellte Endlagergebäude wird abschließend einer Prüfung auf Einhaltung der geltenden Endlagerungsbedingungen unterzogen. Insbesondere werden die Integrität und die Dichtheit des Gebäudes sowie die anforderungsgerechte Ausführung des Verschlusses überprüft. Ist die Endlagerfähigkeit festgestellt worden, wird das Endlagergebäude zum innerbetrieblichen Transport zum Endlager freigegeben.

3.1.3 Transport und Einlagerung

Das geprüfte Endlagergebäude wird innerbetrieblich von der Konditionierungsanlage zum Pufferlager transportiert, dort gelagert und bereitgestellt, bis das Gebäude zur Einlagerung abgerufen wird.

Nach Abruf des Endlagergebäudes zur Einlagerung wird dieses zunächst übertägig bis zum Zugang nach Untertage (Schacht oder Rampe) transportiert. Anschließend erfolgt der Transport bis zum Füllort der Einlagerungssohle. Daran schließt sich der untertägige Transport des Gebäudes zum Einlagerungsort im Endlager an. Hier wird das Gebäude mittels dafür vorgesehener Betriebsmittel gemäß dem geplanten Einlagerungskonzept eingelagert. Die Einlagerungsorte werden ebenfalls entsprechend des geplanten Einlagerungskonzeptes mit Versatz verfüllt.

3.2 Phase der Rückholbarkeit

Diese Phase beginnt nach der Einlagerung des Endlagergebäudes und endet mit dem Beginn der Stilllegung des Endlagers. Gemäß EndSiAnfV muss das Endlagergebäude bis zum Beginn der Stilllegung des Endlagers rückholbar sein. Das heißt, dass das Einlagerungskonzept als solches so

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 29

ausgelegt wird, dass eine Rückholbarkeit durch ggf. zusätzliche technische und/oder organisatorische Maßnahmen gewährleistet ist. Der voraussichtlich erforderliche technische und zeitliche Aufwand für diese Maßnahmen soll den Aufwand für die Einlagerung nicht unverhältnismäßig übersteigen und die Langzeitsicherheit des Endlagers nicht gefährden. Das Gebinde befindet sich nach Abschluss der Einlagerungsarbeiten in der Phase der Rückholbarkeit und muss jederzeit wieder aus dem Endlager entfernt werden können. Für die zuerst eingelagerten Endlagergebände wird die Phase der Rückholbarkeit mehrere Jahrzehnte entsprechend der Betriebsdauer des Endlagers andauern. Für die zuletzt eingelagerten Endlagergebände dauert die Phase der Rückholbarkeit ab ihrer Einlagerung am Einlagerungsort im Endlager bis zum Beginn ihrer Rückholung oder bis zum Beginn der Stilllegung des Endlagers. Mit dem Beginn der Stilllegung des Endlagers treten die Endlagergebände in die Phase der Bergbarkeit und müssen die in dieser Phase zu berücksichtigenden Anforderungen erfüllen.

3.3 Phase der Bergbarkeit

Mit der Stilllegung des Endlagers beginnt die Phase der Bergbarkeit. Ab diesem Zeitpunkt befinden sich alle Endlagergebände in der gleichen Phase ihres Lebenszyklus. Für die Zeit der Stilllegung des Endlagers und darüber hinaus 500 Jahre nach dem vorgesehenen Verschluss des Endlagers muss die Möglichkeit einer Bergung vorgesehen werden. Dafür müssen Vorkehrungen getroffen werden, sodass das Endlagergebände in diesem Zeitraum auffindbar und mechanisch so stabil ist, dass es ohne Freisetzung von radioaktiven Aerosolen geborgen werden kann. Die Bergbarkeit ist durch ausreichende Vorkehrungen zu gewährleisten und zu begründen, ein technisches Konzept zur Bergung ist nicht zu erarbeiten. Neben der Berücksichtigung der Bergbarkeit in der Endlagerplanung und der Auslegung der Endlagerbehälter ist eine langzeitlebende Dokumentation zu erstellen. Bei der Auslegung ist das unterschiedliche Alter der Endlagergebände zu beachten. Die zuerst eingelagerten Gebände werden zu Beginn der Bergbarkeitsphase bereits seit einigen Jahrzehnten den Bedingungen des Endlagers ausgesetzt sein, die zu den 500 Jahren ab vorgesehenem Verschluss des Endlagers dazukommen. Nach der Stilllegung ist der passive und wartungsfreie sichere Einschluss der radioaktiven Abfälle durch das Endlagersystem zu gewährleisten.

3.4 Phase bis zum Ende des Bewertungszeitraums

3.4.1 Übergangsphase (optional, je nach Endlagerkonzept)

Bei einigen Endlagerkonzepten ist nach Ende der Phase der Bergbarkeit gemäß ESK (ESK 2019) noch eine Übergangsphase für das Endlagergebände zu berücksichtigen. Bei diesen Endlagerkonzepten wird die Langzeitsicherheit durch die Barrierewirkung des Wirtsgesteins in Kombination mit Verschluss- und Versatz-/Verfüllmaterialien übernommen. Diese geotechnischen Barrieren benötigen eine gewisse Zeit, bis sie ihre volle Wirksamkeit entfalten. Der hierfür notwendige Zeitraum kann je nach Art der geotechnischen Barrieren über die 500 Jahre der Bergbarkeit hinausgehen, weshalb im Anschluss ggf. ein Übergangszeitraum notwendig ist, in dem im Vergleich zur Langzeitphase erhöhte Anforderungen an die Integrität des Endlagerbehälters erfüllt werden müssen. In diesem

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 30

Zeitraum gewährleistet das Endlagersystem den passiven und wartungsfreien sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle.

3.4.2 Langzeitphase

Diese Phase reicht vom Ende der Phase der Bergbarkeit bzw. der ggf. notwendigen Übergangsphase bis zum Ende des Bewertungszeitraums von einer Million Jahren. In diesem Zeitraum gewährleistet das Endlagersystem den passiven und wartungsfreien sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle.

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 31

4 Hergeleitete Behälteranforderungen

In diesem Kapitel werden aus den herangezogenen Gesetzes- und Regelwerkspassagen grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter hergeleitet. Es wird keine Gewichtung der Anforderungen vorgenommen, weshalb die Auflistung hier in alphabetischer Reihenfolge ohne Priorisierung erfolgt. Die Anforderungen werden dabei in die zwei Kategorien „Produktanforderungen an den Endlagerbehälter“ und „Rahmenbedingungen für die Entwicklung und Herstellung der Endlagerbehälter“ eingeteilt.

4.1 Produkthanforderungen an den Endlagerbehälter

Mit den Produkthanforderungen an den Endlagerbehälter sind die Anforderungen erfasst, die direkt den Endlagerbehälter betreffen und von diesem erfüllt werden müssen.

Abschirmung ionisierender Strahlung

Für die Endlagerung gelten die Grundsätze des Strahlenschutzgesetzes. Demnach ist gemäß § 8 Abs. 1 StrlSchG „jede unnötige Exposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt zu vermeiden“. Nach Abs. 2 ist auch „jede Exposition und Kontamination von Mensch und Umwelt unterhalb der Grenzwerte so gering wie möglich zu halten“. Nach § 9 StrlSchG ist jeder, der „eine Tätigkeit plant, ausübt oder ausüben lässt“, dazu verpflichtet, „dafür zu sorgen, dass die Dosisgrenzwerte nicht überschritten werden, die in diesem Gesetz und in den auf Grund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen festgelegt sind“. Daher ist auch durch den Endlagerbehälter eine hinreichende Abschirmung zu gewährleisten. Bei der Auslegung der Abschirmung sind auch Interventionsmöglichkeiten im Falle von Betriebsstörungen oder Störfällen zu berücksichtigen. Die Abschirmung kann dabei aus betrieblicher Sicht auch durch weitere Komponenten erfolgen, wie z. B. eine zusätzliche Umverpackung (sollte sich im Rahmen der Behälterentwicklung für ein solches Konzept entschieden werden, ist die Entwicklung der Umverpackung integraler Bestandteil der Behälterentwicklung). Die Abschirmung ist so auszulegen, dass die Grenzwerte für das Betriebspersonal und die Bevölkerung nach StrlSchG so weit wie möglich unterschritten werden.

Aufnahme der hochradioaktiven Abfälle

Die zu entwickelnden Endlagerbehälter sind für die Aufnahme der in Deutschland vorhandenen hochradioaktiven Abfälle, vgl. § 1 Abs. 2 StandAG, vorgesehen. Die ESK weist in ihrer Stellungnahme dem Endlagergebäude die Funktion der „Aufnahme der Abfälle“ zu. Ebenfalls müssen gemäß der ESK die „Abfallgebäude/Endlagergebäude [...] so konzipiert sein, dass ihre Beladung mit Abfällen bzw. eine Umladung der Abfälle sicher und möglichst einfach erfolgen kann“ (ESK 2016, S. 10). Bei diesem Vorgang sollte der Aufwand der Konditionierung der hochradioaktiven Abfälle möglichst gering gehalten werden. Die Endlagerbehälter in ihrer Gesamtheit müssen daher geeignet sein, die verschiedenen Typen der hochradioaktiven Abfälle, die in Deutschland zu entsorgen sind, aufzunehmen. Gegebenenfalls können dafür unterschiedliche Behältertypen notwendig sein oder es können unterschiedliche Inneneinbauten (Körbe) in verschiedenen Behältern vorgesehen werden.

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 32

Einschluss radioaktiver Abfälle und Integrität des Endlagerbehälters

Die Endlagerbehälter müssen die hochradioaktiven Abfälle und darin enthaltenen Radionuklide für einen vom Endlagerkonzept abhängigen Zeitraum einschließen und damit die Freisetzung von radioaktiven Stoffen verhindern. Dazu ist eine entsprechende Dichtheit und Integrität des Endlagerbehälters erforderlich. Wie lange diese Sicherheitsfunktion gewährleistet werden muss, ist davon abhängig, ob der Endlagerbehälter nach der Begriffsbestimmung in § 2 EndlSiAnfV als wesentliche oder weitere Barriere im Endlagerkonzept eingestuft wird. Für Endlagerkonzepte gemäß § 4 Abs. 3 Nr. 1 EndlSiAnfV, bei denen „die wesentlichen Barrieren zum Erreichen des sicheren Einschlusses der radioaktiven Abfälle ein oder mehrere einschlusswirksame Gebirgsbereiche“ (ewG) sind, ist nach § 5 Abs. 1 EndlSiAnfV „zu prüfen und darzustellen, dass die für den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle relevanten Eigenschaften der technischen [...] Barrieren mindestens in dem Zeitraum erhalten bleiben, in dem diese Barrieren nach dem Sicherheitskonzept erforderlich sind“. Die für die Langzeitsicherheit erforderlichen Eigenschaften von technischen Barrieren sind nach § 5 Abs. 4 EndlSiAnfV im Sicherheitskonzept zu spezifizieren. Für den Zeitraum der Bergbarkeit sind dabei nach § 14 Abs. 2 EndlSiAnfV Vorkehrungen zu treffen, sodass bei der Handhabung der Endlagergebäude „keine Freisetzung von radioaktiven Aerosolen“ zu erwarten ist.“ Für die Zeiträume von Einlagerung und Rückholbarkeit muss der Behälter gemäß Empfehlung der ESK (ESK 2016) gasdicht verschlossen bleiben. Für Endlagerkonzepte im Wirtsgestein Kristallingestein, bei denen nach § 23 Abs. 4 StandAG in Verbindung mit § 4 Abs. 3 Nr. 2 EndlSiAnfV „kein einschlusswirksamer Gebirgsbereich ausgewiesen werden kann“ und die wesentlichen Barrieren „für die jeweilige geologische Umgebung geeignete technische und geotechnische Barrieren sind“, ist gemäß § 6 Abs. 1 EndlSiAnfV „die Integrität des Systems der wesentlichen technischen und geotechnischen Barrieren“ für die zu erwartenden Entwicklungen⁵ zu prüfen und darzustellen und seine Robustheit zu begründen. Dabei ist nach Abs. 2 „zu prüfen und darzustellen, dass die Sicherheitsfunktionen der wesentlichen technischen und geotechnischen Barrieren nicht erheblich beeinträchtigt werden durch die im Einlagerungsbereich möglicherweise ablaufenden hydraulischen, chemischen und physikalischen Prozesse, insbesondere Korrosion und Erosion“, durch „im umgebenden Gebirge auftretende Spannungen, Drücke und mögliche Gebirgsbewegungen“ und durch „die Temperaturentwicklung“. Bei der Ausweisung des Endlagerbehälters als wesentliche Barriere, im Zusammenwirken mit den geotechnischen und den weiteren technischen Barrieren nach einem entsprechenden Sicherheitskonzept, muss der Erhalt der Barrierewirkung und damit der sichere Einschluss der Radionuklide für bis zu 1 Million Jahre gewährleistet werden. Unter Integrität wird dabei nach den Begriffsbestimmungen gemäß § 2 Abs. 5 EndlSiAnfV „der Erhalt der für den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle relevanten Eigenschaften der Barrieren des Endlagersystems“ verstanden. Aus den Vorgaben

⁵ „Die für die Auslegung des Endlagers und die Bewertung der Langzeitsicherheit relevanten Entwicklungen des Endlagersystems und der geologischen Situation am Endlagerstandort innerhalb des Bewertungszeitraumes“ sind in zu erwartende und abweichende Entwicklungen einzuordnen (§ 3 Abs. 2 EndlSiAnfV). „Als zu erwartende Entwicklungen einzuordnen sind diejenigen Entwicklungen, die sicher oder in der Regel eintreten werden, insbesondere hinsichtlich der geologischen und klimatischen Situation, der geologischen, technischen und geotechnischen Barrieren sowie der einzulagernden Abfälle.“ (§ 3 Abs. 3 EndlSiAnfV). „Als abweichende Entwicklungen einzuordnen sind diejenigen Entwicklungen, die nicht zu erwarten sind, aber hinsichtlich der geologischen und klimatischen Situation, der technischen und geotechnischen Barrieren sowie der einzulagernden Abfälle eintreten können.“ (§ 3 Abs. 4 EndlSiAnfV).

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 33

wird abgeleitet, dass zur Aufrechterhaltung der Integrität und Dichtheit der Endlagerbehälter insbesondere eine ausreichende mechanische Stabilität der Endlagerbehälter, eine geeignete Materialauswahl mit entsprechender Korrosionsbeständigkeit und ein geeigneter Verschluss des Behälters Voraussetzung sind. Die Integrität der Behälter muss auch unter den Einwirkungen von Störfällen erfüllt werden.

Handhabbarkeit

Für die Bergung wird gemäß § 14 Abs. 2 EndlSiAnfV gefordert, dass die Endlagergebinde mechanisch so stabil sind, „dass eine Handhabung ganzer Endlagergebinde möglich ist“. Dabei sollen die Gebinde „bei ihrer Handhabung keine Freisetzung von radioaktiven Aerosolen erwarten lassen“. Für die Einlagerung und die Rückholung wird die Handhabbarkeit der Endlagergebinde in den Regelwerken nicht explizit angesprochen. Sie ergibt sich aber aus der Notwendigkeit, die Gebinde zur Einlagerung in das Endlagerbergwerk zu verbringen bzw. diese bei der Rückholung wieder herauszuholen. Auch davor ist die Handhabbarkeit zur Sicherstellung der Beladung der Behälter erforderlich.

Die ESK stellt in ihrer Empfehlung Anforderungen der Handhabbarkeit an die Endlagergebinde. Demnach müssen „die Abfallgebinde/Endlagergebinde die sichere Handhabung (z. B. Umladung, Einlagerung) und den sicheren innerbetrieblichen Transport (z. B. Transport zum Schacht, Schachttransport, Transport zum Einlagerungsort) und die Einlagerung gewährleisten“. Hierbei sind nach ESK besonders die Abmessungen, das Gewicht und das Design des Gebindes von Bedeutung. Weiterhin muss die Handhabbarkeit auch nach dem Endlagerbetrieb zur Gewährleistung von Rückholbarkeit und Bergbarkeit erhalten bleiben (ESK 2016).

Um die Handhabbarkeit der Endlagergebinde mit dem darin konditionierten radioaktiven Inventar sicherzustellen, ist primär der Einschluss der Radionuklide zu gewährleisten. Zudem ist die mechanische Stabilität der Endlagergebinde zu beachten. Es müssen Anschlagpunkte vorhanden sein, welche die Handhabungslasten aufnehmen können. Ebenfalls müssen für die Endlagergebinde Abmessungen und Massen gewählt werden, welche nachweislich sicher gehandhabt werden können. Die Gebinde müssen entsprechend der Störfallbetrachtungen gegen mögliche Handhabungsstörfälle ausgelegt sein. Weiterhin ist die Einhaltung gewisser Grenzwerte für die Abschirmung ionisierender Strahlung und für die Temperatur der Behälteroberfläche erforderlich, um den Arbeitsschutz für an der Handhabung beteiligtes Personal zu gewährleisten.

Herstellbarkeit

Die Endlagergebinde müssen in ausreichender Stückzahl qualitätsgesichert hergestellt werden können. Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von sicherheitsbeeinflussenden Fertigungsfehlern sollte möglichst gering sein. Durch den Qualitätssicherungsprozess müssen diese sicher entdeckt werden können. Die Herstellbarkeit von Barrieren muss in Abhängigkeit des Sicherheitskonzepts gemäß § 5 Abs. 4 EndlSiAnfV oder § 6 Abs. 4 EndlSiAnfV vor Genehmigung des Endlagerbetriebes demonstriert werden, dies gilt auch für das Endlagergebinde. Die verwendeten Fertigungsverfahren müssen dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen.

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 34

Identifizierbarkeit

Gemäß der Empfehlung der ESK ist eine Anforderung an die Kennzeichnung der Endlagergebinde zu stellen, damit das Gebinde „im Falle einer Bergung eindeutig identifizierbar“ ist. Die Kennzeichnung muss dabei gemäß ESK „eindeutig[], unverwechselbar[] und für den Zeitraum der Bergbarkeit von 500 Jahren dauerhaft[]“ sein (ESK 2016).

Gemäß § 14 Abs. 1 EndlSiAnfV sind „ausreichende Vorkehrungen dafür zu treffen, dass eine Bergung der eingelagerten Endlagergebinde während der Stilllegung und für einen Zeitraum von 500 Jahren nach dem vorgesehenen Verschluss des Endlagers möglich ist“. Gemäß Abs. 2 sind die Vorkehrungen ausreichend, wenn nach Nr. 1 Buchst. a „für die zu erwartenden Entwicklungen des Endlagersystems die eingelagerten Endlagergebinde [...] individuell aufgefunden und identifiziert werden können“. Daher ist es als notwendig anzusehen, dass die Gebinde mit einer Kennzeichnung zu versehen sind, die für mehr als 500 Jahre unter den zu erwartenden Entwicklungen und Bedingungen des Endlagers identifizierbar bleibt. Zur Sicherstellung der eindeutigen Zuordenbarkeit der Endlagergebinde müssen die Endlagerbehälter spätestens bei der Beladung mit den radioaktiven Abfällen gekennzeichnet werden.

Neben der Kennzeichnung der Gebinde ist gemäß § 14 Abs. 2 EndlSiAnfV eine „umfassende Dokumentation“ mit den dort spezifizierten Parametern anzulegen.

Kritikalitätsausschluss

Der Ausschluss sich selbst tragender Kettenreaktionen ist für die reaktivste Anordnung der in den radioaktiven Abfällen enthaltenen Kernbrennstoffe zu gewährleisten. Dabei ist gemäß § 8 Abs. 1 EndlSiAnfV „zu prüfen und darzustellen, dass sich selbst tragende Kettenreaktionen während des Betriebs und der Stilllegung des Endlagers sowie für die zu erwartenden und die abweichenden Entwicklungen“ des Endlagersystems „im Bewertungszeitraum ausgeschlossen sind“. Grundsätzlich ist der Kritikalitätsausschluss durch das Behälterdesign und die Konditionierung während und nach der Beladung mit radioaktiven Abfällen zu gewährleisten. Dabei gilt der Kritikalitätsausschluss als gewährleistet, wenn der effektive Neutronenmultiplikationsfaktor, berechnet nach der Anlage „Berechnung des Neutronenmultiplikationsfaktors“ zur EndlSiAnfV, „im Zeitraum von 500 Jahren nach dem geplanten Verschluss des Endlagers“ gemäß § 8 Abs. 2 Nr. 1 kleiner ist als 0,95. Für den „überrigen Bewertungszeitraum“ muss der effektive Neutronenmultiplikationsfaktor gemäß Abs. 2 Nr. 2 kleiner als sein 0,98.

Robustheit

Unter Robustheit wird gemäß § 2 Abs. 9 EndlSiAnfV „die Unempfindlichkeit der Sicherheitsfunktionen des Endlagersystems und seiner Barrieren gegenüber inneren und äußeren Einflüssen und Störungen“ verstanden. Darunter wird im Rahmen dieses Berichts weiterhin verstanden, dass bei der Auslegung der Endlagergebinde mögliche Einwirkungen mit einem noch zu bestimmenden Sicherheitsfaktor berücksichtigt werden. Die zu berücksichtigten Einwirkungen müssen innerhalb der zu erwartenden oder abweichenden Entwicklungen des Endlagersystems liegen und alle zukünftigen Entwicklungen abdecken, die gemäß Begründung zu § 3 Abs. 4 aus dem Entwurf der

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 35

EndlSiAnV innerhalb der Grenzen der praktischen Vernunft möglich erscheinen (BMU 2020b). Unter Robustheit wird ebenfalls verstanden, dass auch mehrere zeitgleich oder nacheinander liegende Einwirkungen nicht die Schutzfunktionen des Endlagergebundes in relevanter Weise beeinträchtigen. Zudem darf eine zu erwartende Variationsbreite der Randbedingungen auf ein robustes Endlagergebäude nur einen vernachlässigbaren Einfluss auf das Verhalten des Endlagergebundes haben.

Die Robustheit der Endlagergebäude kann dabei auch kurzfristig durch weitere Komponenten erhöht werden, die z. B. bei Handhabungsvorgängen angebracht werden können.

Temperatur an der Behälteraußenwand

Die maximale Temperatur an der Behälteraußenfläche muss zum Schutz weiterer Barrieren, wie z. B. des Wirtsgesteins als geologische Barriere oder der geotechnischen Barrieren, begrenzt werden. Aktuell wird gemäß § 27 Abs. 4 StandAG für alle Wirtsgesteine „aus Vorsorgegründen von einer Grenztemperatur von 100 °C an der Außenfläche der Behälter ausgegangen“. Durch die Ergebnisse noch ausstehender Forschungsarbeiten zu den „maximalen physikalisch möglichen Temperaturen in den jeweiligen Wirtsgesteinen“ ist eine Anpassung dieser Grenztemperatur wirtsgesteinspezifisch noch denkbar.

Weiterhin darf die Behälteroberflächentemperatur Transport- und Handhabungsvorgänge nicht erheblich beeinträchtigen. An allen berührbaren Behälteroberflächen ist daher die Oberflächentemperatur zu begrenzen. Zur Erfüllung dieser Anforderung können auch gesonderte Maßnahmen (z. B. eine Umverpackung) zum Einsatz kommen.

Temperatur im Behälterinneren

Durch die Zerfallswärme des radioaktiven Inventars kommt es zu erhöhten Temperaturen im Behälterinneren. Innerhalb des Behälters können sich weitere sicherheitsrelevante Barrieren befinden. Dies sind zum Beispiel die Brennstabhüllrohre oder die Glasmatrix der Wiederaufarbeitungsabfälle (s. ESK-Empfehlung „Sicherheitskonzeptionelle Anforderungen an das Barrierensystem eines Endlagers für hoch radioaktive Abfälle und deren Umsetzbarkeit“ (ESK 2019)). Diese können durch zu hohe Temperaturen im Behälterinneren Schaden nehmen und dadurch ihre Barrierewirkung verlieren. In Folge dessen müssen die Endlagergebäude so konzipiert sein, dass „die maximal zulässigen Inventar- und Bauteiltemperaturen nicht überschritten werden“ (ESK 2016).

Verträglichkeit mit anderen Barrieren

Unter anderen Barrieren sind im Rahmen dieses Berichtes alle wesentlichen und weiteren Barrieren des Endlagersystems außer dem Endlagerbehälter selber zu verstehen.

Gemäß der Empfehlung der ESK muss eine „Minimierung der physikochemischen Reaktionen zwischen Abfallgebäude/Endlagergebäude (Schweißnähten etc.) und dem Versatzmaterial und Wirtsgestein“ gewährleistet sein (ESK 2016). Die Endlagergebäude dürfen deshalb keine unzulässigen negativen Einwirkungen auf die Barrieren des Barrierensystems verursachen.

Zur Vermeidung von Strahlenschäden und Radiolyse an anderen Barrieren ist eine gewisse Abschirmung durch den Endlagerbehälter notwendig. Ebenfalls ist Korrosion und damit zusammengehörige

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 36

Gasproduktion zur Vermeidung eines Gasdruckaufbaus im Endlager zu begrenzen, da der Druckaufbau andere Barrieren schädigen kann. Weiterhin ist die Materialverträglichkeit aller eingebrachten Materialien mit dem Chemismus im Endlager zu beachten. Dieser darf nicht erheblich beeinträchtigt werden. Positive Einflüsse auf den Chemismus im Endlager sind zu berücksichtigen.

4.2 Rahmenbedingungen für die Entwicklung und Herstellung der Endlagerbehälter

Unter den Rahmenbedingungen für die Entwicklung und Herstellung der Endlagerbehälter sind Anforderungen zu verstehen, die nicht direkt vom Endlagerbehälter zu erfüllen sind, sondern im Rahmen des Prozesses der Entwicklung und Herstellung zu beachten sind.

Beitrag zur Integrität des Endlagersystems

Nach den Begriffsbestimmungen in § 2 EndlSiAnfV wird zwischen wesentlichen und weiteren Barrieren unterschieden. Dabei sind wesentliche Barrieren als die Barrieren definiert, „auf denen der sichere Einschluss der radioaktiven Abfälle beruht“. Als weitere Barrieren sind Barrieren definiert, welche „zusätzlich zu den wesentlichen Barrieren und im Zusammenwirken mit ihnen eine Ausbreitung von Radionukliden be- oder verhindern“. Der Endlagerbehälter soll seinen Beitrag zur Integrität des gesamten Endlagers leisten. Dazu ist zunächst im Sicherheits- und Endlagerkonzept wirtsgesteinsabhängig festzulegen, welcher Komponente welche Barrierewirkung zugeschrieben wird und ob der Endlagerbehälter zu den wesentlichen oder den weiteren Barrieren zählt. Je nachdem ob das zu bewertende Endlagerkonzept unter § 4, Abs. 3 Nr. 1 EndlSiAnfV und/oder § 4 Abs. 3 Nr. 2 EndlSiAnfV fällt, ist im Sicherheitskonzept entweder nach § 5 EndlSiAnfV oder § 6 EndlSiAnfV zu spezifizieren, welche für den sicheren Einschluss relevanten Eigenschaften welcher Barriere für welchen Zeitraum erforderlich sind. Zudem darf das Endlagergebäude die Integrität der anderen Barrieren nicht erheblich beeinträchtigen. Hierbei sei noch auf die Anforderung „Verträglichkeit mit weiteren Barrieren“ hingewiesen (s. Kapitel 4.1). Darunter sind die einzelnen zu berücksichtigenden Aspekte aufgeführt.

Berücksichtigung des Standes von Wissenschaft und Technik

Gemäß § 12 Abs. 4 EndlSiAnfV und § 27 Abs. 2 StandAG ist bei der Auslegung und Optimierung des Endlagersystems als Teil der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen der „Stand von Wissenschaft und Technik“ zu berücksichtigen. Nach § 9 Abs. 2 Nr. 3 AtG darf eine Anlage nur genehmigt werden, wenn „die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die Verwendung der Kernbrennstoffe getroffen ist.“ Gemäß dem Handbuch der Rechtsförmlichkeit des Bundesministeriums der Justiz und für Verbraucherschutz (BMJ 2008) umschreibt die Generalklausel „Stand von Wissenschaft und Technik“ „das höchste Anforderungsniveau und wird daher in Fällen mit sehr hohem Gefährdungspotential verwendet. Stand von Wissenschaft und Technik ist der Entwicklungsstand fortschrittlichster Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen, die nach Auffassung führender Fachleute aus Wissenschaft und Technik auf der Grundlage neuester wissenschaftlich vertretbarer Erkenntnisse im Hinblick auf das gesetzlich vorgegebene Ziel für erforderlich gehalten werden und das Erreichen des Zieles gesichert erscheinen lassen.“

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 37

Dokumentation

Gemäß § 38 Abs. 1 StandAG müssen „Daten und Dokumente, die für die End- und Zwischenlagerung radioaktiver Abfälle bedeutsam sind oder werden können (Speicherdaten), [...] vom Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung dauerhaft gespeichert“ werden. Es ist daher notwendig, die Behälterentwicklung und die Eigenschaften des Endlagergebundes zu dokumentieren und die anfallende Dokumentation dem BASE zur Verfügung zu stellen. Besonders relevant ist die Dokumentation für die mögliche Bergung gemäß § 14 Abs. 2 Nr. 2 EndlSiAnfV, da die Bergung von zukünftigen Generationen auf Basis dieser geplant werden muss.

Erprobung

In Abhängigkeit des Sicherheitskonzepts gemäß § 5 Abs. 4 EndlSiAnfV oder § 6 Abs. 4 EndlSiAnfV müssen „die Herstellung, die Errichtung und die Funktion der Barrieren [...] erfolgreich erprobt sein“. In § 5 Abs. 4 EndlSiAnfV gibt es allerdings die Ausnahme, dass die Robustheit „anderweitig nachgewiesen werden kann“ falls Sicherheitsreserven bestehen, „die den Verzicht auf eine Erprobung erlauben“. Es sind Prototypentests notwendig, um das Verhalten des Behälters in verschiedenen Situationen z. B. bei Störfällen oder die generelle technische Machbarkeit z. B. der Einlagerung zu zeigen. Im Rahmen der Bauartzulassung und des Genehmigungsverfahrens werden Erprobungen und Demonstrationsversuche als Nachweise notwendig werden. Zudem muss bei der Erprobung des Endlagerbetriebs gemäß § 16 Abs. 2 Nr. 2 EndlSiAnfV „die Handhabung und Einlagerung von Endlagergebunden ohne radioaktive Beladung durchgeführt werden“.

Nachweisbarkeit⁶

Auf Grundlage von § 27 StandAG sind im Rahmen des Standortauswahlverfahrens vorläufige Sicherheitsuntersuchungen durchzuführen. Gemäß Abs. 2 soll im Rahmen dieser Untersuchungen „das Endlagersystem in seiner Gesamtheit betrachtet und entsprechend dem Stand von Wissenschaft und Technik hinsichtlich seiner Sicherheit bewertet“ werden. Damit ist für das Endlagergebunde als Teil des Endlagersystems zu zeigen, dass die zuvor beschriebenen Anforderungen und die daraus resultierenden Eigenschaften unter den Einwirkungen der zugeschriebenen Phasen erfüllt werden. Der Sicherheitsnachweis wird ein Hauptbestandteil des späteren Genehmigungsverfahrens sein.

Prognostizierbarkeit

Die Eigenschaften des Endlagergebundes und die Einwirkungen, denen dieses widerstehen muss, müssen gut prognostizierbar sein. Ein Sicherheitsnachweis für das Endlagergebunde ist nur führbar, wenn sowohl das Verhalten der Endlagergebunde in ihrer Umgebung als auch die zu berücksichtigenden Einwirkungen gut prognostizierbar sind.

⁶ In der EndlSiAnfV wurde der Begriff „Nachweiszeitraum“ durch „Bewertungszeitraum“ ersetzt.

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 38

Prüfbarkeit

Die geforderten Eigenschaften des Endlagergebundes müssen überprüfbar sein. Dies beinhaltet sicherheitsrelevante Funktionen wie z. B. Dichtheit oder mechanische Stabilität des Endlagergebundes. Die Überprüfung muss nach dem Stand der Technik erfolgen.

Qualitätssicherung

Gemäß der Empfehlung der ESK muss „die Auslegung der Endlagergebäude und ihrer Teilsysteme (z. B. Schweißnähte, Dichtsysteme) nach anerkannten Standards erfolgen, so dass die Integrität der Gebäude über den geforderten Zeitraum belastbar begründet werden kann“. Ebenso „muss der Nachweis geführt werden, dass das Endlagergebäude mit der geforderten Qualität hergestellt worden ist“ (ESK 2016).

Durch die Qualitätssicherung ist sicherzustellen, dass die Endlagergebäude entsprechend den Anforderungen hergestellt werden. In Abhängigkeit des Sicherheitskonzepts gemäß § 5 Abs. 4 EndlSiAnfV oder § 6 Abs. 4 EndlSiAnfV hat „die Herstellung und die Errichtung der Barrieren [...] qualitätsgesichert“ zu erfolgen. Demzufolge müssen während des gesamten Herstellungsprozesses, bei der Beladung, der Einlagerung und dem Versatz der Behälter/Gebäude sowie dem Bau des weiteren Barrierensystems entsprechende Parameter überprüft werden, um Fehlerquellen zu finden und zu beseitigen. Die Qualitätssicherung hat dabei unter Hinzuziehung von gültigen technischen Regelwerken sowie eigenem betrieblichen Regelwerk zu erfolgen. Dabei muss die vorgesehene Qualitätssicherung gemäß § 5 Abs. 4 EndlSiAnfV oder § 6 Abs. 4 EndlSiAnfV „dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen“.

Störfallbetrachtungen

Gemäß der ESK muss „die Integrität der Abfallgebäude/Endlagergebäude [...] auch nach betrieblichen Ereignissen (Störungen, Störfällen) gewährleistet sein“ (ESK 2016). Neben den Einwirkungen aus dem Normalbetrieb des Endlagers sind daher Sicherheitsfunktionen auch für Betriebsstörungen und Störfälle zu gewährleisten. Dabei wird gemäß § 17 Abs. 1 EndlSiAnfV nach „anormalem Betrieb, Auslegungsstörfällen oder auslegungsüberschreitenden Unfällen und Ereignissen“ unterschieden. Unter anormalem Betrieb werden Betriebsstörungen verstanden, z. B. Defekte an der Einlagerungstechnik oder Notbremsvorgänge, die für kurzfristige Unterbrechungen des Einlagerungsvorganges sorgen. Während dieser darf das Endlagergebäude keinen Schaden nehmen und muss Sicherheitsfunktionen wie Einschluss, Abschirmung, Wärmeabfuhr, Unterkritikalität und Handhabbarkeit gewährleisten. Nach Rückkehr in den Normalbetrieb kann das Gebäude wie vorgesehen eingelagert werden. Auslegungsstörfälle sind in der Auslegung der Endlagergebäude zu berücksichtigen. Während der Auslegungsstörfälle bleiben die Sicherheitsfunktionen des Endlagergebundes erhalten und dieser könnte weiter eingelagert werden. Die Eintrittswahrscheinlichkeit von Auslegungsstörfällen ist trotzdem soweit wie möglich zu begrenzen. Bei einem auslegungsüberschreitenden Störfall sind Schäden am Endlagergebäude nicht mehr auszuschließen, die Gewährleistung von Sicherheitsfunktionen ist nicht mehr garantiert. Für ein auslegungsüberschreitendes Ereignis können nur Vorkehrungen zur Gefahrenabwehr getroffen werden. Auslegungsüberschreitende Ereignisse sind zu verhindern.

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 39

4.3 Rückholbarkeit und Bergbarkeit

Neben den bereits beschriebenen Anforderungen, müssen die Endlagergebäude rückholbar und bergbar sein. Nachfolgend wird beschrieben, was unter den Anforderungen Rückholbarkeit und Bergbarkeit zu verstehen ist und wie mit diesen umgegangen wird.

4.3.1 Rückholbarkeit

Gemäß § 13 Abs. 1 EndlSiAnfV „müssen Endlagergebäude, die in das Endlager eingelagert wurden, bis zum Beginn der Stilllegung des Endlagers rückholbar sein“. Gemäß Abs. 2 „ist die Rückholung so zu planen, dass der dafür voraussichtlich erforderliche Aufwand den für die Einlagerung erforderlichen Aufwand nicht unverhältnismäßig übersteigt. Die für eine Rückholung erforderlichen technischen Einrichtungen sind während des Betriebs vorzuhalten.“ Gemäß Abs. 3 „dürfen Maßnahmen, die der Gewährleistung der Rückholbarkeit dienen, [...] die Langzeitsicherheit des Endlagers nicht gefährden.“

In den Regelwerken ist nicht aufgeführt, wann die Rückholbarkeit eingelagerter Endlagergebäude aus Sicht des Gesetzgebers gegeben ist. Die Rückholbarkeit der Endlagergebäude wird hier nicht als einzelne Anforderung aufgefasst, sondern ergibt sich als Kombination verschiedener Einzelanforderungen. Von den Produkthanforderungen an den Endlagerbehälter müssen insbesondere der Einschluss radioaktiver Abfälle und die Integrität des Endlagerbehälters sowie die Handhabbarkeit der Endlagergebäude für die Rückholung weiterhin gegeben sein. Ebenfalls ist die Anforderung Robustheit an die Endlagergebäude zu stellen.

Zum jetzigen Zeitpunkt wird angenommen, dass für die Rückholung der Endlagergebäude Personaleinsatz in der Umgebung der Endlagergebäude erforderlich sein wird. Um den Rückholungsbetrieb des Endlagers durchführen zu können, ist daher ebenfalls eine Anforderung an die entsprechende Abschirmung der Endlagergebäude zu stellen. Diese muss durch das Endlagergebäude weiterhin sichergestellt werden bzw. muss für die Rückholung wiederhergestellt werden können. Durch den Personaleinsatz ergeben sich zudem Anforderungen an die Außentemperatur an der Behälteroberfläche. Eventuell eingesetztes Personal darf durch erhöhte Temperaturen an der Behälteroberfläche nicht gefährdet werden, des Weiteren müssen die Grenztemperaturen der KlimaBergV berücksichtigt werden. Zum Schutz des Personals könnten z. B. Umverpackungen (s. Produkthanforderung „Temperatur an der Behälteraußenwand“) und persönliche Schutzausrüstung zum Einsatz kommen. Auch könnte eine entsprechende Kühlung der Bewitterung notwendig sein.

Durch die Berücksichtigung der Anforderung zum Kritikalitätsausschluss gemäß § 8 EndlSiAnfV kann der Ausschluss der Kritikalität auch während der Rückholung als abgedeckt angesehen werden.

Die Rahmenbedingungen für Entwicklung und Herstellung der Endlagergebäude sind als bereits erfüllt zu betrachten, da anzunehmen ist, dass nur Endlagergebäude eingelagert wurden, die diese Anforderungen erfüllen.

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 40

4.3.2 Bergbarkeit

Gemäß § 14 Abs. 1 EndlSiAnfV „sind ausreichende Vorkehrungen dafür zu treffen, dass eine Bergung der eingelagerten Endlagergebände während der Stilllegung und für einen Zeitraum von 500 Jahren nach dem vorgesehenen Verschluss des Endlagers möglich ist.“ Die Vorkehrungen sind ausreichend, wenn „für die zu erwartenden Entwicklungen des Endlagersystems die eingelagerten Endlagergebände für einen Zeitraum von 500 Jahren nach dem vorgesehenen Verschluss des Endlagers“ (Abs. 2 S. 1), „individuell aufgefunden und identifiziert werden können“ (Abs. 2 S. 1 Buchst. a). Demnach ist für die Bergbarkeit der Endlagergebände die Produkthanforderung Identifizierbarkeit erforderlich. Nach Abs. 2 S. 1 Buchst. b müssen die Endlagergebände „mechanisch so stabil sein, dass eine Handhabung ganzer Endlagergebände möglich ist“. Demnach sind für eine Bergbarkeit der Endlagergebände auch die Produkthanforderungen Integrität des Endlagerbehälters und Handhabbarkeit des Endlagergebändes erforderlich. Ebenso kann auf die Anforderung Robustheit geschlossen werden. Nach S. 1 Buchst. c sollen die Gebände „bei ihrer Handhabung keine Freisetzung von radioaktiven Aerosolen erwarten lassen“. Dies ist für den gesamten Zeitraum der Bergbarkeit zu gewährleisten.

Die Anforderung der Bergbarkeit ergibt sich demnach als Kombination der Anforderungen Einschluss radioaktiver Abfälle und Integrität des Endlagerbehälters, Handhabbarkeit, Identifizierbarkeit und Robustheit.

Durch die Berücksichtigung der Anforderung zum Kritikalitätsausschluss gemäß § 8 EndlSiAnfV kann der Ausschluss der Kritikalität auch während der Bergung als abgedeckt angesehen werden.

Neben den Produkthanforderungen ist für die Ermöglichung einer Bergung vor allem eine Dokumentation, in der die Positionen der Endlagergebände und ihre Eigenschaften gespeichert werden, erforderlich. Die Dokumentation soll zur Auffindbarkeit der Endlagergebände dienen.

4.4 Zuordnung der Behälteranforderungen zum Behälterlebenszyklus

Nicht alle hergeleiteten Behälteranforderungen sind auch durchgängig für alle Phasen des Behälterlebenszyklus zu erfüllen. Häufig sind die Behälteranforderungen nur für einige aufeinanderfolgende Phasen erforderlich und verlieren mit dem Erreichen bestimmter Zeitpunkte ihre Relevanz für die Sicherheit des Endlagersystems. Daher ist eine Einordnung der Behälteranforderungen zu den Phasen des Behälterlebenszyklus entsprechend Kapitel 3 erforderlich.

Die Zuordnung ist in der Tabelle 1 dargestellt, welche wie folgt aufgebaut ist:

In den Zeilen sind die in Kapitel 4.1 hergeleiteten Behälteranforderungen aufgeführt. In den Spalten werden die Behälteranforderungen den Phasen des Behälterlebenszyklus von der Fertigung bis zum Ende des Bewertungszeitraums zugeordnet. Dabei bedeutet „x“, dass die Anforderung in der entsprechenden Phase des Behälterlebenszyklus grundsätzlich erfüllt werden muss. „(x)“ bedeutet, dass die Anforderung in bestimmten, aber nicht in allen Konzepten notwendig ist. Unter Konzept ist hierbei das Konzept zur Umsetzung der jeweiligen Behälteranforderung bzw. das gewählte Sicherheitskonzept des Endlagers zu verstehen. So kann z. B. die Temperatur an der Behälteraußenwand

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 41

bis zur Einlagerung je nach Konzept durch den Behälter selber oder durch eine zusätzliche Umverpackung oder eine externe Kühlung reguliert werden (Konzept zur Umsetzung der Behälteranforderungen). Liegt ein ewG vor, werden spätestens nach dem Ende der Übergangsphase keine Anforderungen an den Einschluss der radioaktiven Abfälle durch den Behälter gestellt. Ohne ewG muss der Behälter hingegen bis zum Ende des Bewertungszeitraums die radioaktiven Abfälle einschließen. Es ergeben sich unterschiedliche Anforderungen in Abhängigkeit des Sicherheitskonzepts des Endlagers. Die entsprechenden Zusammenhänge sind in den Beschreibungen der jeweiligen Behälteranforderung erläutert.


Nicht Teil der Tabelle sind die Anforderungen, die als Rahmenbedingungen für Entwicklung und Herstellung kategorisiert wurden (Kapitel 4.2). Für die Phasen, die an die Phase der Herstellung anschließen, kann davon ausgegangen werden, dass die Anforderungen an die Entwicklung und die Herstellung bereits erfüllt wurden und dieses mit dem Sicherheitsnachweis und dem Abschluss der Zulassungs-/Genehmigungsverfahren des Endlagers und des Endlagerbehälters bestätigt wurde. Einzig die Dokumentation und die Qualitätssicherung sind während des Endlagerbetriebs weiterzuführen.

Tabelle 1: Zuordnung der Behälteranforderungen zum Behälterlebenszyklus

Zuordnung der Behälteranforderungen zum Behälterlebenszyklus		Phasen des Behälterlebenszyklus						
		Phase bis zur Einlagerung			Phase der Rückholbarkeit	Phase der Bergbarkeit	Phase bis Ende des Bewertungszeitraums	
		Fertigung und Anlieferung	Beladung und Kontrolle	Transport und Einlagerung			Übergangsphase	Langzeitphase
Produktanforderungen	Abschirmung ionisierender Strahlung ¹	-	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)
	Aufnahme der hochradioaktiven Abfälle	-	x	-	-	-	-	-
	Einschluss radioaktiver Abfälle und Integrität des Endlagerbehälters	-	x	x	x	x	(x)	(x)
	Handhabbarkeit	x	x	x	x	x	-	-
	Herstellbarkeit	x	x	-	-	-	-	-
	Identifizierbarkeit	-	x	x	x	x	-	-
	Kritikalitätsausschluss	-	x	x	x	x	x	x
	Robustheit ¹	-	(x)	x	x	x	(x)	(x)
	Temperatur an der Behälteraußenwand ¹	-	x	x	x	x	x	x
	Temperatur im Behälterinneren	-	x	x	x	x	x	x
Verträglichkeit mit anderen Barrieren	-	-	x	x	x	x	x	

¹ ggf. durch weitere Maßnahmen (z. B. Verpackungen) umsetzbar

x Anforderung muss erfüllt werden
(x) Erfüllung der Anforderung ist abhängig vom Konzept erforderlich

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle		 BUNDEGESELLSCHAFT FÜR ENDLAGERUNG	
Projekt	PSP-Element	Funktion / Thema	Komponente
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AAANNA
SG	0330		
		Baugruppe	Aufgabe
		ANN	MAH
		UA	RZ
		Lfd. Nr.	0001
		Rev	00
			Blatt: 42

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 43

5 Zusammenfassung und Ausblick

Ziel dieses Berichtes ist es, die grundlegenden Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Stoffe zusammenzustellen. Die Anforderungen wurden auf Grundlage der bestehenden Gesetze und Regelwerke mit Bezug zu Endlagerbehältern hergeleitet und in die Kategorien *Produktanforderungen an den Endlagerbehälter* und *Rahmenbedingungen für die Entwicklung und Herstellung der Endlagerbehälter* eingeteilt. In Abhängigkeit des Behälterlebenszyklus müssen die folgenden Produktanforderungen erfüllt werden (vgl. Kapitel 4.1):

- Abschirmung ionisierender Strahlung
- Aufnahme der hochradioaktiven Abfälle
- Einschluss radioaktiver Abfälle und Integrität des Endlagerbehälters
- Handhabbarkeit
- Herstellbarkeit
- Identifizierbarkeit
- Kritikalitätsausschluss
- Robustheit
- Temperatur an der Behälteraußenwand
- Temperatur im Behälterinneren
- Verträglichkeit mit weiteren Barrieren

Darüber hinaus sind während der Entwicklung und Herstellung der Endlagerbehälter folgenden Rahmenbedingungen zu erfüllen (vgl. Kapitel 4.2):

- Beitrag zur Integrität des Endlagersystems
- Berücksichtigung des Standes von Wissenschaft und Technik
- Dokumentation
- Erprobung
- Nachweisbarkeit
- Prognostizierbarkeit
- Prüfbarkeit
- Qualitätssicherung
- Störfallbetrachtungen

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 44

Die Produkthanforderungen an den Endlagerbehälter und die Rahmenbedingungen für die Entwicklung und Herstellung der Endlagerbehälter bilden in Verbindung mit der Rückholbarkeit und Bergbarkeit (vgl. Kapitel 4.3) eine erste Grundlage für die Entwicklung von Endlagerbehältern.

Die Anforderungen sind bei der Entwicklung von Endlagerbehälterkonzepten heranzuziehen und müssen konkretisiert und, wo möglich, quantifiziert werden. Darüber hinaus müssen etwaige Randbedingungen der verschiedenen Wirtsgesteine (Steinsalz, Tongestein und kristallines Wirtsgestein) ermittelt und die daraus resultierenden Anforderungen an die Endlagerbehälter berücksichtigt werden. Die verschiedenen Wirtsgesteinskonfigurationen lassen zudem verschiedene Endlagerkonzepte möglich erscheinen, die wiederum einen direkten Einfluss auf die Konkretisierung der Behälteranforderungen haben. Um diesem Umstand gerecht zu werden, soll die Endlagerbehälterentwicklung wirtsgesteinsspezifisch bearbeitet werden, jeweils eine eigenständige Bearbeitung für die drei möglichen Wirtsgesteine. Dabei wird mit dem kristallinen Wirtsgestein begonnen. Die BGE hat hierfür im Januar 2021 eine Ausschreibung mit dem Titel „Entwicklung von Endlagerbehälterkonzepten für die geologische Tiefenlagerung von hochradioaktiven Abfällen in kristallinem Wirtsgestein“ veröffentlicht. Die Auftragsvergabe wird für Mitte des Jahres 2021 angestrebt.

Im Rahmen der Bearbeitung des Auftrags durch den Auftragnehmer soll zunächst der Stand von Wissenschaft und Technik dargestellt und eine Konkretisierung der Anforderungen erarbeitet werden. Im Anschluss soll eine Anpassung, Optimierung und Erweiterung vorhandener Endlagerbehälterkonzepte und eine Ideensammlung für neue Endlagerbehälterkonzepte erfolgen. Die Konzepte sind mit den in diesem Bericht hergeleiteten und bis dahin gegebenenfalls konkretisierten Anforderungen abzugleichen. Dabei müssen alle Anforderungen erfüllt werden. Von den so erarbeiteten Behälterkonzepten sollen ein bis drei Behälterkonzepte (pro Wirtsgestein) ausgewählt werden, die weiter auszuarbeiten sind. Für die ausgearbeiteten Endlagerbehälterkonzepte soll ein Sicherheits- und Nachweiskonzept⁷ einschließlich eines Arbeitsprogramms für die nachlaufende Nachweisführung erstellt werden.

⁷ In der EndlSiAnfV wurde der Begriff „Nachweiszeitraum“ durch „Bewertungszeitraum“ ersetzt

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 45

Literaturverzeichnis

ADR (2020): Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road. Economic Commission for Europe, Inland Transport Committee, United Nations. Geneva, Switzerland

AtEV: Atomrechtliche Entsorgungsverordnung vom 29. November 2018 (BGBl. I S. 2034, 2172)

AtG: Atomgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), das zuletzt durch Artikel 239 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist

BergG: Bundesberggesetz vom 13. August 1980 (BGBl. I S. 1310), das zuletzt durch Artikel 237 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist

BGE (2020am): Endlagerkonzepte. Überblick über grundsätzliche Rahmenbedingungen in der ersten Phase des Standortauswahlverfahrens Peine: Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH

BMJ (2008): Bekanntmachung des Handbuchs der Rechtsförmlichkeit. Bundesministerium der Justiz. Berlin

BMU (2010): Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bonn

BMU (2015): Programm für eine verantwortungsvolle und sichere Entsorgung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle (Nationales Entsorgungsprogramm). Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Bonn

BMU (2020a): Bericht der Bundesregierung für die siebte Überprüfungskonferenz im Mai 2021 zur Erfüllung des Gemeinsamen Übereinkommens über die Sicherheit der Behandlung abgebrannter Brennelemente und über die Sicherheit der Behandlung radioaktiver Abfälle. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. Bonn

BMU (2020b): Entwurf der Verordnung über Sicherheitsanforderungen und vorläufige Sicherheitsuntersuchungen für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle - Stand 06.04.2020

BMUB (2018): Report of the Federal Republic of Germany for the Sixth Review Meeting in May 2018. Joint Convention of the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Bonn

EndSiAnfV: Endlagersicherheitsanforderungsverordnung vom 6. Oktober 2020 (BGBl. I S. 2094)

ESK (2016): Anforderungen an Endlagergebäude zur Endlagerung wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle, Empfehlung der Entsorgungskommission – redaktionell überarbeitete Fassung vom 20.01.2017. Entsorgungskommission. Bonn

ESK (2019): Sicherheitskonzeptionelle Anforderungen an das Barrierensystem eines Endlagers für hoch radioaktive Abfälle und deren Umsetzbarkeit, Stellungnahme der Entsorgungskommission. Entsorgungskommission. Bonn

Hassel, T., Köhler, A. & Kurt, Ö. S. (2019): Das ENCON-Behälterkonzept – Generische Behältermodelle zur Einlagerung radioaktiver Reststoffe für den interdisziplinären Optionenvergleich. Entria-Arbeitsbericht-16. Institut für Werkstoffkunde, Leibniz Universität Hannover. Hannover

IAEA (2011a): Disposal of Radioactive Waste. IAEA Safety Standards for protecting people and the environment. Specific Safety Requirements No. SSR-5. International Atomic Energy Agency. Vienna, Austria

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 46

IAEA (2011b): Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste. IAEA Safety Standards for protecting people and the environment. Specific Safety Guide No. SSG-14. International Atomic Energy Agency. Vienna, Austria

ICRP (2013): Radiological protection in geological disposal of long-lived solid radioactive waste. Ann. ICRP 42(3). ICRP Publication 122. The International Commission on Radiological Protection. o. O.

K-Drs. 268: Abschlussbericht der Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe. Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe Berlin, 5. Juli 2016

KIT (2020): Berichtszeitraum: 1. Januar - 30. Juni 2020. BMWi geförderte FuE-Vorhaben zur „Entsorgung radioaktiver Abfälle“. PTE Nr. 59. KIT, Karlsruher Institut für Technologie. Karlsruhe

KlimaBergV: Klima-Bergverordnung vom 9. Juni 1983 (BGBl. I S. 685), die durch Artikel 5 Absatz 2 der Verordnung vom 18. Oktober 2017 (BGBl. I S. 3584) geändert worden ist

Rat der europäischen Union: 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

StandAG: Standortauswahlgesetz vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 7. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2760) geändert worden ist

StrlSchG: Strahlenschutzgesetz vom 27. Juni 2017 (BGBl. I S. 1966), das zuletzt durch Artikel 5 Absatz 1 des Gesetzes vom 23. Oktober 2020 (BGBl. I S. 2232) geändert worden ist

StrlSchV: Strahlenschutzverordnung vom 29. November 2018 (BGBl. I S. 2034, 2036), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 20. November 2020 (BGBl. I S. 2502) geändert worden ist

WENRA (2014): Radioactive Waste Disposal Facilities Safety Reference Levels. Western European Nuclear Regulators Association. Stockholm, Sweden

WHG: Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1408) geändert worden ist

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 47
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				MAH	RZ	0001	00	

Anhang 1 Tabellarische Übersicht von Auszügen aus Gesetzen und Regelwerken mit Bezug zu grundlegenden Anforderungen an einen Endlagerbehälter

Anhang 1.1 Nationale Gesetze und Regelwerke

In Anhang 1.1 sind zunächst die nationalen Gesetze und Regelwerke mit Bezug zum Endlagerbehälter aufgeführt. Es werden Auszüge aus den jeweiligen Gesetzen und Regelwerken tabellarisch dargestellt. Dabei werden Schlüsselwörter bzw. -texte zum Thema fett formatiert.

Anhang 1.1.1 Atomgesetz

Tabelle A. 1: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus dem Atomgesetz (AtG)

Atomgesetz		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
§ 2a Abs. 1	Besteht nach dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung eine Verpflichtung zur Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung für Vorhaben, die einer Genehmigung oder Planfeststellung nach diesem Gesetz oder einer auf Grund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnung bedürfen (UVP-pflichtige Vorhaben), ist die Umweltverträglichkeitsprüfung unselbständiger Teil der Verfahren zur Erteilung der nach diesem Gesetz oder der nach einer auf Grund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnung erforderlichen Genehmigung oder Planfeststellung. [...]	Umweltverträglichkeitsprüfung
§ 2d Nr. 3	[...] abgebrannte Brennelemente und radioaktive Abfälle werden sicher entsorgt , wobei im Hinblick auf die langfristige Sicherheit auch die Aspekte der passiven Sicherheit zu berücksichtigen sind ,	Entsorgung radioaktiver Abfälle
§ 2d Nr. 4	[...] die Durchführung von Maßnahmen erfolgt nach einem abgestuften Konzept ,	abgestuftes Verfahren
§ 2d Nr. 5	[...] die Kosten der Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle werden nach Maßgabe der hierzu erlassenen Rechtsvorschriften einschließlich des Entsorgungsfondsgesetzes von den Abfallerzeugern getragen und	Kostenübernahme
§ 2d Nr. 6	[...] in Bezug auf alle Stufen der Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle wird ein faktengestützter und dokumentierter Entscheidungsprozess angewendet.	faktengestützter und dokumentierter Entscheidungsprozess

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 48

Atomgesetz		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
§ 9 Abs. 2	<p>Die Genehmigung darf nur erteilt werden, wenn</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. keine Tatsachen vorliegen, aus denen sich Bedenken gegen die Zuverlässigkeit des Antragstellers und der für die Leitung und Beaufsichtigung der Verwendung der Kernbrennstoffe verantwortlichen Personen ergeben, und die für die Leitung und Beaufsichtigung der Verwendung der Kernbrennstoffe verantwortlichen Personen die hierfür erforderliche Fachkunde besitzen, 2. gewährleistet ist, daß die bei der beabsichtigten Verwendung von Kernbrennstoffen sonst tätigen Personen die notwendigen Kenntnisse über die möglichen Gefahren und die anzuwendenden Schutzmaßnahmen besitzen, 3. die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch die Verwendung der Kernbrennstoffe getroffen ist, 4. die erforderliche Vorsorge für die Erfüllung gesetzlicher Schadensersatzverpflichtungen getroffen ist, 5. der erforderliche Schutz gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter gewährleistet ist, 6. überwiegende öffentliche Interessen, insbesondere im Hinblick auf die Reinhaltung des Wassers, der Luft und des Bodens, der Wahl des Ortes der Verwendung von Kernbrennstoffen nicht entgegenstehen. 	Genehmigungsvoraussetzungen
§ 9a Abs. 3	<p>Die Länder haben Landessammelstellen für die Zwischenlagerung der in ihrem Gebiet angefallenen radioaktiven Abfälle, der Bund hat Anlagen zur Sicherstellung und zur Endlagerung radioaktiver Abfälle einzurichten; [...]</p>	Zuständigkeit des Bundes für die Endlagerung
§ 9a Abs. 3	<p>[...] der Bund hat die Wahrnehmung seiner Aufgaben einem Dritten zu übertragen, der in privater Rechtsform zu organisieren und dessen alleiniger Gesellschafter der Bund ist. Der Bund überträgt diesem Dritten die hierfür erforderlichen hoheitlichen Befugnisse im Weg der Beleihung; insoweit untersteht der Dritte der Aufsicht des Bundes. Der mit der Wahrnehmung der Aufgaben betraute Dritte nimmt die sich daraus ergebenden Pflichten grundsätzlich selbst wahr. [...]</p>	Übertragung der Aufgaben des Bundes an einen Dritten

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 49
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				MAH	RZ	0001	00	

Anhang 1.1.2 Standortauswahlgesetz

Tabelle A. 2: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus dem Standortauswahlgesetz (StandAG)

Standortauswahlgesetz		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
§ 1 Abs. 2	Mit dem Standortauswahlverfahren soll [...] ein Standort mit der bestmöglichen Sicherheit für eine Anlage zur Endlagerung nach § 9a Abs. 3 S. 1 des Atomgesetzes in der Bundesrepublik Deutschland ermittelt werden. Der Standort mit der bestmöglichen Sicherheit ist der Standort, der im Zuge eines vergleichenden Verfahrens aus den in der jeweiligen Phase nach den hierfür maßgeblichen Anforderungen dieses Gesetzes geeigneten Standorten bestimmt wird und die bestmögliche Sicherheit für den dauerhaften Schutz von Mensch und Umwelt vor ionisierender Strahlung und sonstigen schädlichen Wirkungen dieser Abfälle für einen Zeitraum von einer Million Jahren gewährleistet. [...]	bestmögliche Sicherheit, Schutz für 1 Mio. Jahre
§ 1 Abs. 2	[...] [Es] werden zwischen der Bundesrepublik Deutschland und anderen Staaten keine Abkommen geschlossen, mit denen nach den Bestimmungen der Richtlinie 2011/70/EU-RATOM des Rates vom 19. Juli 2011 über einen Gemeinschaftsrahmen für die verantwortungsvolle und sichere Entsorgung abgebrannter Brennelemente und radioaktiver Abfälle (ABl. L 199 vom 2.8.2011, S. 48) eine Verbringung radioaktiver Abfälle einschließlich abgebrannter Brennelemente zum Zweck der Endlagerung außerhalb Deutschlands ermöglicht würde.	innerhalb Deutschlands
§ 1 Abs. 3	In Deutschland kommen grundsätzlich für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle die Wirtsgesteine Steinsalz, Tongestein und Kristallingestein in Betracht.	mögliche Wirtsgesteine
§ 1 Abs. 4	[...] Endlagerung in tiefen geologischen Formationen in einem für diese Zwecke errichteten Endlagerbergwerk mit dem Ziel des endgültigen Verschlusses [...]	Lagerung in tiefen geologischen Formationen
§ 1 Abs. 4	[...] Möglichkeit einer Rückholbarkeit für die Dauer der Betriebsphase des Endlagers [...]	Rückholung
§ 1 Abs. 4	[...] Möglichkeit einer Bergung für 500 Jahre nach dem geplanten Verschluss des Endlagers [...]	Bergung
§ 1 Abs. 5	[...] Die Festlegung des Standortes wird für das Jahr 2031 angestrebt.	Standortentscheid

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 50

Standortauswahlgesetz		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
§ 2 Nr. 1	Endlagerung die Einlagerung radioaktiver Abfälle in eine Anlage des Bundes nach § 9a Abs. 3 S. 1 des Atomgesetzes (Endlager), wobei eine Rückholung nicht beabsichtigt ist;	Definition Endlagerung
§ 2 Nr. 3	Rückholbarkeit die geplante technische Möglichkeit zum Entfernen der eingelagerten Abfallbehälter mit radioaktiven Abfällen während der Betriebsphase ;	Definition Rückholbarkeit
§ 2 Nr. 4	Bergung ungeplantes Herausholen von radioaktiven Abfällen aus einem Endlager ;	Definition Bergung
§ 2 Nr. 7	geologische Barrieren geologische Einheiten, die eine Ausbreitung von Radionukliden be- oder verhindern ;	Definition geologische Barrieren
§ 2 Nr. 8	technische und geotechnische Barrieren künstlich erstellte Einheiten, die eine Ausbreitung von Radionukliden be- oder verhindern ;	Definition technische Barrieren
§ 2 Nr. 9	einschlusswirksamer Gebirgsbereich der Teil eines Gebirges, der bei Endlagersystemen, die wesentlich auf geologischen Barrieren beruhen, im Zusammenwirken mit den technischen und geotechnischen Verschlüssen den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle in einem Endlager gewährleistet ;	Definition ewG
§ 2 Nr. 11	Endlagersystem das den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle durch das Zusammenwirken der verschiedenen Komponenten bewirkende System , das aus dem Endlagerbergwerk, den Barrieren und den das Endlagerbergwerk und die Barrieren umgebenden oder überlagernden geologischen Schichten bis zur Erdoberfläche besteht , soweit sie zur Sicherheit des Endlagers beitragen;	Definition Endlagersystem
§ 2 Nr. 15	Sicherheitsanforderungen die nach § 26 Abs. 3 durch Rechtsverordnung zu erlassenden Bestimmungen , die festlegen, welches Sicherheitsniveau ein Endlager für hochradioaktive Abfälle in tiefen geologischen Formationen zur Erfüllung der atomrechtlichen Anforderungen einzuhalten hat ;	Definition Sicherheitsanforderungen
§ 23 Abs. 1	[...] Für das Wirtsgestein Kristallgestein ist unter den Voraussetzungen des Absatzes 4 für den sicheren Einschluss ein alternatives Konzept zu einem einschlusswirksamen Gebirgsbereich möglich, das deutlich höhere Anforderungen an die Langzeitintegrität des Behälters stellt.	Behälter in Kristallgestein
§ 23 Abs. 4	Ist in einem Gebiet absehbar, dass kein einschlusswirksamer Gebirgsbereich ausgewiesen werden kann, es sich aber für	Nachweis 1 Mio. Jahre für techni-

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 51

Standortauswahlgesetz		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
	<i>ein wesentlich auf technischen oder geotechnischen Barrieren beruhendes Endlagersystem eignet, muss anstelle der Mindestanforderung nach Abs. 5 Nr. 1 der Nachweis geführt werden, dass die technischen und geotechnischen Barrieren den sicheren Einschluss der Radionuklide für eine Million Jahre gewährleisten können. Der Nachweis ist spätestens in der Begründung für den Vorschlag nach § 18 Abs. 3 zu führen. [...]</i>	sche und geotechnische Barrieren (falls kein ewG)
§ 24 Abs. 2	<i>Im Fall des § 23 Abs. 4 tritt an die Stelle des Abwägungskriteriums nach Anlage 2 die rechnerische Ableitung, welches Einschlussvermögen die technischen und geotechnischen Barrieren voraussichtlich erreichen. Erkenntnisse zur Fertigungsqualität der technischen und geotechnischen Barrieren sowie zu deren Alterung unter Endlagerbedingungen am jeweiligen Standort sind zu berücksichtigen. [...]</i>	Nachweis 1 Mio. Jahre für technische und geotechnische Barrieren (falls kein ewG)
§ 23 Abs. 5 Nr. 5	<i>[...] es dürfen keine Erkenntnisse oder Daten vorliegen, welche die Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs, insbesondere die Einhaltung der geowissenschaftlichen Mindestanforderungen zur Gebirgsdurchlässigkeit, Mächtigkeit und Ausdehnung des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs über einen Zeitraum von einer Million Jahren zweifelhaft erscheinen lassen.</i>	Erhalt der Barrierewirkung
§ 26 Abs. 2 Nr. 1	<i>[...] Die radioaktiven und sonstigen Schadstoffe in den Abfällen sind in einem einschlusswirksamen Gebirgsbereich oder nach Maßgabe von § 23 Abs. 1 in Verbindung mit Abs. 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.</i>	Fernhalten radioaktiver Stoffe von der Biosphäre (Schutzziel 1)
§ 26 Abs. 2 Nr. 2	<i>[...] Es ist zu gewährleisten, dass die Auswirkungen der Endlagerung auf Mensch und Umwelt im Ausland nicht größer sind als im Inland zulässig.</i>	Auswirkungen der Endlagerung im Ausland (Schutzziel 2)
§ 26 Abs. 2 Nr. 3	<i>[...] Es ist zu gewährleisten, dass für die eingelagerten Abfälle die Möglichkeit der Rückholung während der Betriebsphase besteht und dass für einen Zeitraum von 500 Jahren nach dem vorgesehenen Verschluss des Endlagers ausreichende Vorkehrungen für eine mögliche Bergung der Abfälle vorgesehen werden.</i>	Rückholung und Bergung (Schutzziel 3)

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 52

Standortauswahlgesetz		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
§ 26 Abs. 2 Nr. 4	<i>[...] 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.</i>	keine Wartungsarbeiten in Nachverschlussphase (Schutzziel 4)
§ 27 Abs. 2	<i>In den vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen gemäß Abs. 1 wird das Endlagersystem in seiner Gesamtheit betrachtet und entsprechend dem Stand von Wissenschaft und Technik hinsichtlich seiner Sicherheit bewertet. Dazu wird das Verhalten des Endlagersystems unter verschiedenen Belastungssituationen und unter Berücksichtigung von Datenunsicherheiten, Fehlfunktionen sowie zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten im Hinblick auf den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle untersucht. [...]</i>	vorläufige Sicherheitsuntersuchungen
§ 27 Abs. 3	<i>Vorläufige Sicherheitsuntersuchungen werden auf der Grundlage abdeckender Annahmen zu Menge, Art und Eigenschaften der radioaktiven Abfälle durchgeführt. Der Detaillierungsgrad der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen nimmt von Phase zu Phase des Auswahlverfahrens zu.</i>	Annahmen zum Inventar bei vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen
§ 27 Abs. 4	<i>Solange die maximalen physikalisch möglichen Temperaturen in den jeweiligen Wirtsgesteinen aufgrund ausstehender Forschungsarbeiten noch nicht festgelegt worden sind, wird aus Vorsorgegründen von einer Grenztemperatur von 100 Grad Celsius an der Außenfläche der Behälter ausgegangen.</i>	Grenztemperatur Behälteraußenfläche
§ 28 Abs. 4	<i>Bei der Umsetzung des Standortauswahlverfahrens sind die Grundsätze der Wirtschaftlichkeit und Sparsamkeit zu beachten.</i>	Wirtschaftlichkeit und Sparsamkeit

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 53

Anhang 1.1.3 Endlagersicherheitsanforderungsverordnung

Tabelle A. 3: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus der Endlagersicherheitsanforderungsverordnung (EndLSiAnfV)

Endlagersicherheitsanforderungsverordnung		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
§2 Nr. 1	wesentliche Barrieren die Barrieren, auf denen der sichere Einschluss der radioaktiven Abfälle beruht;	Definition wesentliche Barrieren
§2 Nr. 2	weitere Barrieren die Barrieren, die zusätzlich zu den wesentlichen Barrieren und im Zusammenwirken mit ihnen eine Ausbreitung von Radionukliden be- oder verhindern;	Definition weitere Barrieren
§2 Nr. 4	Endlagergebäude die zur Endlagerung vorgesehenen Behälter mit radioaktiven Abfällen;	Definition Endlagergebäude
§2 Nr. 5	Integrität der Erhalt der für den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle relevanten Eigenschaften der Barrieren des Endlagersystems;	Definition Integrität
§2 Nr. 8	Sicherheitsfunktion eine Eigenschaft einer Komponente des Endlagersystems oder ein im Endlagersystem ablaufender Prozess, die oder der sicherheitsrelevante Anforderungen an ein sicherheitsbezogenes System oder Teilsystem oder an eine Einzelkomponente erfüllt;	Definition Sicherheitsfunktion
§2 Nr. 9	Robustheit die Unempfindlichkeit der Sicherheitsfunktionen des Endlagersystems und seiner Barrieren gegenüber inneren und äußeren Einflüssen und Störungen.	Definition Robustheit
§ 3 Abs. 1	Der Bewertungszeitraum beträgt eine Million Jahre ab dem vorgesehenen Verschluss des Endlagers.	Bewertungszeitraum
§ 3 Abs. 2 bis 7	(2) Die für die Auslegung des Endlagers und die Bewertung der Langzeitsicherheit relevanten Entwicklungen des Endlagersystems und der geologischen Situation am Endlagerstandort innerhalb des Bewertungszeitraumes sind systematisch zu ermitteln, zu beschreiben und einzuordnen als 1. zu erwartende Entwicklungen oder 2. abweichende Entwicklungen. Die Einordnung ist zu begründen. (3) Als zu erwartende Entwicklungen einzuordnen sind diejenigen Entwicklungen, die sicher oder in der Regel eintreten werden, insbesondere hinsichtlich der geologischen und klimatischen Situation, der geologischen, technischen und geotechnischen Barrieren sowie der einzulagernden Abfälle.	Einordnung möglicher Entwicklungen

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 54

Endlagersicherheitsanforderungsverordnung		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
	<p>(4) Als abweichende Entwicklungen einzuordnen sind diejenigen Entwicklungen, die nicht zu erwarten sind, aber hinsichtlich der geologischen und klimatischen Situation, der technischen und geotechnischen Barrieren sowie der einzulagernden Abfälle eintreten können.</p> <p>(5) Zusätzlich zu den zu erwartenden und den abweichenden Entwicklungen sind hypothetische Entwicklungen und Entwicklungen auf der Grundlage zukünftiger menschlicher Aktivitäten zu beschreiben, soweit deren Berücksichtigung der weiteren Optimierung des Endlagersystems oder der Überprüfung der Robustheit des Endlagersystems dienen kann.</p> <p>(6) Hypothetische Entwicklungen sind Entwicklungen, die selbst unter ungünstigen Annahmen nach menschlichem Ermessen auszuschließen sind.</p> <p>(7) Entwicklungen auf der Grundlage zukünftiger menschlicher Aktivitäten sind 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.</p>	
§ 4 Abs. 1	Die einzulagernden radioaktiven Abfälle sind im Endlagersystem mit dem Ziel zu konzentrieren und sicher einzuschließen, die darin enthaltenen Radionuklide mindestens im Bewertungszeitraum von der Biosphäre fernzuhalten .	Einschluss der radioaktiven Abfälle
§ 4 Abs. 2	Das vorgesehene Endlagersystem hat den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle passiv und wartungsfrei durch ein robustes, gestaffeltes System verschiedener Barrieren mit unterschiedlichen Sicherheitsfunktionen zu gewährleisten.	Barriersystem
§ 4 Abs. 3	Die wesentlichen Barrieren zum Erreichen des sicheren Einschlusses der radioaktiven Abfälle sind <ol style="list-style-type: none"> 1. ein oder mehrere einschlusswirksame Gebirgsbereiche oder 2. im Fall des Wirtsgesteins Kristallingestein, sofern kein einschlusswirksamer Gebirgsbereich ausgewiesen werden kann, für die jeweilige geologische Umgebung geeignete technische und geotechnische Barrieren. 	wesentliche Barrieren
§ 4 Abs. 4	Der sichere Einschluss muss innerhalb der wesentlichen Barrieren nach Abs. 3 so erfolgen, dass die Radionuklide aus den radioaktiven Abfällen weitestgehend am Ort ihrer ursprünglichen Einlagerung verbleiben .	Einschluss Radionuklide

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 55

Endlagersicherheitsanforderungsverordnung		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
§ 4 Abs. 5	<i>Für die zu erwartenden Entwicklungen ist zu prüfen und darzustellen, dass im Bewertungszeitraum</i> 1. insgesamt höchstens ein Anteil von 10⁻⁴ und 2. jährlich höchstens ein Anteil von 10⁻⁹ <i>sowohl der Masse als auch der Anzahl der Atome aller ursprünglich eingelagerten Radionuklide aus dem Bereich der wesentlichen Barrieren ausgetragen wird. In diesen Anteilen sind auch radioaktive Zerfallsprodukte der ursprünglich eingelagerten Radionuklide zu berücksichtigen.</i>	Einschluss Radionuklide bei zu erwartenden Entwicklungen
§ 4 Abs. 6	<i>Für die abweichenden Entwicklungen ist zu prüfen und darzustellen, dass das Endlagersystem im Bewertungszeitraum seine Funktion nach den Absätzen 1 bis 4 beibehält.</i>	abweichende Entwicklungen
§ 5 Abs. 1	<i>[...] Es ist zu prüfen und darzustellen, dass die für den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle relevanten Eigenschaften der technischen und geotechnischen Barrieren mindestens in dem Zeitraum erhalten bleiben, in dem diese Barrieren nach dem Sicherheitskonzept erforderlich sind.</i>	Integrität
§ 5 Abs. 3 und 4	(3) Bei der Prüfung und Darstellung sind sämtliche im Endlagerbereich aufzufahrenden oder bereits bestehenden Hohlräume und die zu ihrer Abdichtung und ihrem Verschluss vorgesehenen technischen und geotechnischen Barrieren zu berücksichtigen. (4) Die für die Langzeitsicherheit erforderlichen Eigenschaften von technischen oder geotechnischen Barrieren sind im Sicherheitskonzept zu spezifizieren. Es ist zu prüfen und darzustellen, dass die Herstellung und Errichtung der Barrieren nach diesen Spezifikationen in der erforderlichen Anzahl qualitätsgesichert möglich sind. Die vorgesehene Qualitätssicherung muss dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen. Die Herstellung, die Errichtung und die Funktion der Barrieren müssen erfolgreich erprobt sein, soweit ihre Robustheit nicht anderweitig nachgewiesen werden kann und keine Sicherheitsreserven in einem Umfang bestehen, die den Verzicht auf eine Erprobung erlauben.	Sicherheitskonzept technische Barrieren mit ewG
§ 6 Abs. 1	<i>Im Fall des § 4 Abs. 3 Nr. 2 [Kristallin ohne ewG] ist für die zu erwartenden Entwicklungen im Bewertungszeitraum die Integrität des Systems der wesentlichen technischen und geotechnischen Barrieren zu prüfen und darzustellen und seine Robustheit zu begründen. Die für den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle relevanten Eigenschaften der weiteren Barrieren des Endlagersystems und insbesondere des Gebirges im Einlagerungsbereich sind zu spezifizieren. Es ist zu prüfen und darzustellen, dass diese Eigenschaften mindestens in dem Zeitraum erhalten bleiben, in dem sie nach dem Sicherheitskonzept erforderlich sind.</i>	Prüfung Integrität und Robustheit (technische Barriere ist wesentliche Barriere)

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 56

Endlagersicherheitsanforderungsverordnung		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
§ 6 Abs. 2 und 3	<p>(2) Hinsichtlich der Integrität des Systems der wesentlichen technischen und geotechnischen Barrieren ist zu prüfen und darzustellen, dass die Sicherheitsfunktionen der wesentlichen technischen und geotechnischen Barrieren nicht erheblich beeinträchtigt werden durch</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. die im Einlagerungsbereich möglicherweise ablaufenden hydraulischen, chemischen und physikalischen Prozesse, insbesondere Korrosion und Erosion, 2. im umgebenden Gebirge auftretende Spannungen, Drücke und mögliche Gebirgsbewegungen und 3. die Temperaturentwicklung. <p>(3) Bei der Prüfung und Darstellung sind die geologische und hydrogeologische Umgebung, die Eigenschaften der weiteren Barrieren des Endlagersystems sowie die Eigenschaften der einzulagernden Abfälle zu berücksichtigen.</p>	Prüfung Integrität und Robustheit (technische Barriere ist wesentliche Barriere) – zu beachtende Einflüsse
§ 6 Abs. 4	Die für die Langzeitsicherheit erforderlichen Eigenschaften der wesentlichen technischen und geotechnischen Barrieren sind im Sicherheitskonzept zu spezifizieren.[...]	Ausarbeitung Sicherheitskonzept
§ 6 Abs. 4	[...] Es ist zu prüfen und darzustellen, dass die Herstellung und Errichtung der Barrieren nach diesen Spezifikationen in der erforderlichen Anzahl qualitätsgesichert möglich sind. Die vorgesehene Qualitätssicherung muss dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen. [...]	qualitätsgesicherte Herstellung und Errichtung
§ 6 Abs. 4	[...] Die Herstellung und Errichtung der Barrieren muss unter realistischen Bedingungen erfolgreich erprobt sein. Ihre Funktion unter diesen Bedingungen ist zu prüfen und darzustellen .	Erprobung
§ 7 Abs. 1	Es ist zu prüfen und darzustellen, dass Expositionen auf Grund von Austragungen von Radionukliden aus den eingelagerten radioaktiven Abfällen geringfügig im Vergleich zur natürlichen Strahlenexposition sind. Hierzu ist darzustellen, in welchem Gebiet zusätzliche Strahlenexpositionen auftreten können. Es ist als Indikator die zusätzliche jährliche effektive Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung abzuschätzen, die während des Bewertungszeitraums durch Austragungen von Radionukliden aus den eingelagerten radioaktiven Abfällen auftreten kann. [...]	Exposition
§ 7 Abs. 2	Die Abschätzung ist sowohl für die zu erwartenden Entwicklungen als auch für die abweichenden Entwicklungen vorzunehmen. Expositionen auf Grund von Austragungen von Radionukliden aus den eingelagerten radioaktiven Abfällen sind geringfügig im Sinne von Abs. 1 S. 1, wenn	Bewertung der Exposition
	<ol style="list-style-type: none"> 1. für die zu erwartenden Entwicklungen die abgeschätzte zusätzliche effektive Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung höchstens im Bereich von 10 Mikrosievert pro Kalenderjahr liegt und 2. für die abweichenden Entwicklungen die abgeschätzte 	

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 57

Endlagersicherheitsanforderungsverordnung		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
	zusätzliche effektive Dosis für Einzelpersonen der Bevölkerung 100 Mikrosievert pro Kalenderjahr nicht überschreitet.	
§ 8 Abs. 1	<i>Es ist zu prüfen und darzustellen, dass sich selbst tragende Kettenreaktionen während des Betriebs und der Stilllegung des Endlagers sowie für die zu erwartenden und die abweichenden Entwicklungen im Bewertungszeitraum ausgeschlossen sind.</i>	Ausschluss sich selbst tragende Kettenreaktion
§ 8 Abs. 2	<i>Um eine sich selbst tragende Kettenreaktion auszuschließen zu können, muss der berechnete Neutronenmultiplikationsfaktor kleiner sein als 1. 0,95 im Zeitraum von 500 Jahren nach dem geplanten Verschluss des Endlagers und 2. 0,98 während des übrigen Bewertungszeitraumes. [...]</i>	Bewertung des Ausschlusses einer sich selbst tragenden Kettenreaktion
§ 10 Abs. 1	<i>In einem Sicherheitskonzept ist darzulegen, wie das Ziel der Konzentration und des sicheren Einschlusses der radioaktiven Abfälle nach § 4 Abs. 1 erreicht werden soll. Dabei ist das gesamte Endlagersystem während der Errichtung, des Betriebes und der Stilllegung sowie im Bewertungszeitraum zu berücksichtigen.</i>	Erstellung Sicherheitskonzept
§ 10 Abs. 2, 5 und 6	<i>(2) Basis für die Erstellung des Sicherheitskonzeptes sind die zu erwartenden Entwicklungen des Endlagersystems im Bewertungszeitraum. Die abweichenden Entwicklungen sind einzubeziehen. (5) Das Sicherheitskonzept muss eine Darstellung aller vorgesehenen Barrieren des Endlagersystems, insbesondere der wesentlichen Barrieren nach § 4 Abs. 3, ihrer jeweiligen Sicherheitsfunktionen und ihres Zusammenwirkens, enthalten. [...] Es ist darzulegen, dass die Sicherheitsfunktionen des Endlagersystems und seiner Barrieren gegenüber inneren und äußeren Einflüssen und Störungen unempfindlich sind und dass das Verhalten der Barrieren gut prognostizierbar ist. (6) Das Sicherheitskonzept hat im Übrigen zu enthalten: 1. einen Ablaufplan für die Errichtung, den Betrieb und die Stilllegung des Endlagers, der darlegt, wie die Sicherheit des Endlagers nach § 17 sichergestellt werden kann und wie die radioaktiven Abfälle in einem sicheren Zustand gehalten werden können, 2. eine Darstellung der Maßnahmen, mit denen die Rückholbarkeit der eingelagerten radioaktiven Abfälle nach § 13 bis zum Beginn der Stilllegung gewährleistet wird, und 3. eine Darstellung der Vorkehrungen, die zur Ermöglichung einer Bergung der eingelagerten radioaktiven Abfälle nach § 14 getroffen werden.</i>	Inhalte des Sicherheitskonzeptes

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 58

Endlagersicherheitsanforderungsverordnung		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
§ 11 Abs. 1	<p><i>Die technische Auslegung des Endlagers ist aus dem Sicherheitskonzept abzuleiten und zu optimieren. Sie hat insbesondere Folgendes zu umfassen:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <i>1. die Definition der wesentlichen Barrieren nach § 4 Abs. 3 unter Berücksichtigung der Endlagergebäude, der Einlagerungstechnik und der Einlagerungsgeometrie, dabei [...]</i> <i>b) im Fall des § 4 Abs. 3 Nr. 2 Spezifikationen der wesentlichen technischen und geotechnischen Barrieren,</i> <i>2. die Definition der weiteren Barrieren des Endlagersystems unter Berücksichtigung der Endlagergebäude, der Einlagerungstechnik und der Einlagerungsgeometrie,</i> <i>3. die Positionierung und technische Ausführung aller untertägigen Hohlräume, insbesondere der für die Einlagerung von Endlagergebäuden bestimmten Bereiche, sowie aller Tageszugänge,</i> <i>4. die Spezifikation der Einbauten und Geräte, die der Handhabung von Endlagergebäuden dienen,</i> <i>5. die sicherheitstechnischen Anforderungen an die Endlagergebäude sowie die Vorgaben für die Behandlung der darin enthaltenen Abfälle nach § 3 Abs. 1 S. 2 der Atomrechtlichen Entsorgungsverordnung vom 29. November 2018 (BGBl. I S. 2034, 2172) in der jeweils geltenden Fassung,</i> <i>6. das Einlagerungskonzept, insbesondere Anordnung sowie Handhabung und Kontrolle der Endlagergebäude,</i> <i>7. die Maßnahmen zur Gewährleistung der Rückholbarkeit bereits eingelagerter Endlagergebäude und</i> <i>8. die Stilllegungsmaßnahmen einschließlich Verschlussmaßnahmen.</i> 	Technische Auslegung (inkl. Handhabung der Endlagergebäude)
§ 11 Abs. 5	<p><i>Für alle vorgesehenen technischen Komponenten des Endlagers sind die Bedingungen für einen sicheren Betrieb zu dokumentieren, zu begründen und bei der Auslegung des Endlagers zu berücksichtigen.</i></p>	Dokumentation der Bedingungen für den sicheren Betrieb
§ 12 Abs. 1	<p><i>Das Sicherheitskonzept und die technische Auslegung des Endlagers sind unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalls und unter Beachtung der Ausgewogenheit der Maßnahmen zur Erreichung folgender Ziele zu optimieren:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <i>1. die Langzeitsicherheit des Endlagers, insbesondere die Qualität des sicheren Einschlusses der radioaktiven Abfälle und Robustheit des Endlagersystems, sowie</i> <i>2. die Betriebssicherheit des Endlagers.</i> 	Hauptziele (Optimierung Sicherheitskonzept und technische Auslegung)
§ 13 Abs. 1 bis 3	<ol style="list-style-type: none"> <i>(1) Endlagergebäude, die in das Endlager eingelagert wurden, müssen bis zum Beginn der Stilllegung des Endlagers rückholbar sein.</i> <i>(2) Die Rückholung ist so zu planen, dass der dafür voraussichtlich erforderliche technische und zeitliche Aufwand</i> 	Rückholung

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 59

Endlagersicherheitsanforderungsverordnung		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
	<p>den für die Einlagerung erforderlichen Aufwand nicht unverhältnismäßig übersteigt. Die für eine Rückholung erforderlichen technischen Einrichtungen sind während des Betriebes vorzuhalten.</p> <p>(3) Maßnahmen, die der Gewährleistung der Rückholbarkeit dienen, dürfen die Langzeitsicherheit des Endlagers nicht gefährden.</p>	
§ 14 Abs. 1 und 3	<p>(1) Es sind ausreichende Vorkehrungen dafür zu treffen, dass eine Bergung der eingelagerten Endlagergebäude während der Stilllegung und für einen Zeitraum von 500 Jahren nach dem vorgesehenen Verschluss des Endlagers möglich ist. [...]</p> <p>(3) Maßnahmen, die der Ermöglichung einer Bergung dienen, dürfen die Langzeitsicherheit des Endlagers nicht gefährden.</p>	Bergung
§ 14 Abs. 2	<p>Die Vorkehrungen sind ausreichend, wenn</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. für die zu erwartenden Entwicklungen des Endlagersystems die eingelagerten Endlagergebäude für einen Zeitraum von 500 Jahren nach dem vorgesehenen Verschluss des Endlagers <ol style="list-style-type: none"> a) individuell aufgefunden und identifiziert werden können, b) mechanisch so stabil sind, dass eine Handhabung ganzer Endlagergebäude möglich ist, und c) bei ihrer Handhabung keine Freisetzung von radioaktiven Aerosolen erwarten lassen [...] 	Vorkehrungen Bergung
§ 14 Abs. 2	<p>[...] 2. eine umfassende Dokumentation angelegt wird über</p> <ol style="list-style-type: none"> a) das aufgefahrene Endlagerbergwerk einschließlich seiner Stilllegung, b) sämtliche eingelagerten Endlagergebäude einschließlich ihrer jeweiligen Beladung und Position im Endlagerbergwerk und c) die zu erwartenden und die abweichenden Entwicklungen des Endlagersystems <p>Die Dokumentation muss an mindestens zwei räumlich und organisatorisch voneinander getrennten Stellen möglichst langfristig verfügbar und lesbar gehalten werden.</p>	Dokumentation Bergung
§ 16 Abs. 1 und 2	<p>(1) Vor der erstmaligen Annahme von radioaktiven Abfällen zum Zweck der Endlagerung muss der Betrieb des Endlagers erfolgreich erprobt worden sein.</p> <p>(2) Bei der Erprobung des Betriebes</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. muss die Errichtung des Endlagers nach § 15 abgeschlossen sein, 2. muss die Handhabung und Einlagerung von Endlagergebänden ohne radioaktive Beladung durchgeführt werden, 3. muss die Funktionsfähigkeit aller technischen Einrich- 	Probetrieb

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 60
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				MAH	RZ	0001	00	

Endlagersicherheitsanforderungsverordnung		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
	<i>tungen, die für eine mögliche Rückholung von eingelagerten Endlagergebänden erforderlich sind, sichergestellt werden [...]</i>	
§ 17 Abs. 1	<p><i>Die für die Sicherheit des Endlagers relevanten Anlagenzustände während der Errichtung, des Betriebs und der Stilllegung sind systematisch zu ermitteln, zu beschreiben und einzuordnen als</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <i>1. Normalbetrieb,</i> <i>2. anomaler Betrieb,</i> <i>3. Auslegungsstörfälle oder</i> <i>4. auslegungsüberschreitende Unfälle und Ereignisse.</i> 	Auslegungszustände
§ 17 Abs. 2 bis 4	<p><i>(2) Für diese Anlagenzustände sind entsprechend gestaffelte Abwehr- und Schutzmaßnahmen als Teil des Sicherheitskonzeptes zu entwickeln und umzusetzen.</i></p> <p><i>(3) In dem Sicherheitskonzept sind</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <i>1. für den Normalbetrieb Maßnahmen vorzusehen, die den bestimmungsgemäßen Betrieb des Endlagers gewährleisten und das Eintreten anderer Anlagenzustände vermeiden,</i> <i>2. für den anomalen Betrieb Maßnahmen vorzusehen, die das Eintreten von Störfällen verhindern und das Endlager in den Normalbetrieb zurückführen,</i> <i>3. für Auslegungsstörfälle Maßnahmen entsprechend § 104 Abs. 1 S. 1 und 2 der Strahlenschutzverordnung vom 29. November 2018 (BGBl. I S. 2034, 2036) [...] in der jeweils geltenden Fassung vorzusehen, die den Störfall beherrschen und das Endlager in einen sichereren Anlagenzustand zurückführen,</i> <i>4. für auslegungsüberschreitende Unfälle und Ereignisse Maßnahmen vorzusehen, die die Auswirkungen des Ereignisses auf die Umgebung soweit wie möglich begrenzen.</i> <p><i>(4) Die Maßnahmen dürfen die Langzeitsicherheit des Endlagersystems nicht erheblich und nicht mehr als unvermeidlich beeinträchtigen.</i></p>	Abwehr- und Schutzmaßnahmen
§ 18 Abs. 1	<i>Es dürfen nur solche Endlagergebände in das Endlagerbergwerk eingebracht werden, deren Endlagerfähigkeit nach § 3 Abs. 1 S. 2 der Atomrechtlichen Entsorgungsverordnung festgestellt worden ist.</i>	Endlagerfähigkeit
§ 18 Abs. 3	<i>Die Handhabung von Endlagergebänden ist von den bergmännischen Arbeiten im Endlagerbergwerk und sonstigen baulichen Arbeiten auf dem Gelände des Endlagers zu trennen.</i>	Trennung der Endlagergebände – Handhabung von bergmännischen Arbeiten

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 61
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				MAH	RZ	0001	00	

Endlagersicherheitsanforderungsverordnung		
Quellenan- gabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
§ 19 Abs. 1	<i>Nach Abschluss der Einlagerung von radioaktiven Abfällen ist das Endlager so stillzulegen, dass das Endlagersystem den sicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle nach § 4 während des Bewertungszeitraumes passiv und wartungsfrei gewährleistet.</i>	passiver und wartungsfreier Einschluss
§ 20 Abs. 1	<i>Das Endlager und seine Umgebung sind im Rahmen eines Monitorings kontinuierlich zu überwachen. Das Monitoring hat insbesondere solche beobachtbaren Parameter zu überwachen, die frühzeitig auf Abweichungen von den zu erwartenden Entwicklungen des Endlagersystems hindeuten können. [...]</i>	Monitoring

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 62

Anhang 1.1.4 Strahlenschutzgesetz

Tabelle A. 4: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus dem Strahlenschutzgesetz (StrlSchG)

Strahlenschutzgesetz		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
§ 4 Abs. 1 Nr. 6	<i>[...] [Tätigkeiten sind] die Errichtung, der Betrieb und die Stilllegung von Anlagen des Bundes zur Sicherstellung und zur Endlagerung radioaktiver Abfälle nach § 9b des Atomgesetzes [...]</i>	Anwendungsgebiet des StrlSchG
§ 6 Abs. 1	<i>Neue Tätigkeitsarten, mit denen Expositionen von Mensch und Umwelt verbunden sein können, müssen unter Abwägung ihres wirtschaftlichen, gesellschaftlichen oder sonstigen Nutzens gegen die möglicherweise von ihnen ausgehende gesundheitliche Beeinträchtigung gerechtfertigt sein. [...]</i>	Abwägung Nutzens ggü. gesundheitlicher Beeinträchtigung
§ 8 Abs. 1	<i>Wer eine Tätigkeit plant, ausübt oder ausüben lässt, ist verpflichtet, jede unnötige Exposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt zu vermeiden.</i>	Vermeidung von Exposition und Kontamination
§ 8 Abs. 2	<i>Wer eine Tätigkeit plant, ausübt oder ausüben lässt, ist verpflichtet, jede Exposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt auch unterhalb der Grenzwerte so gering wie möglich zu halten. Hierzu hat er unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalls [...]</i>	Geringhaltung von Expositionen
§ 8 Abs. 2 Nr. 1	<i>[...] bei Tätigkeiten nach § 4 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 bis 7 und 9 den Stand von Wissenschaft und Technik zu beachten, [...]</i>	Stand von Wissenschaft und Technik
§ 9	<i>Wer eine Tätigkeit plant, ausübt oder ausüben lässt, ist verpflichtet, dafür zu sorgen, dass die Dosisgrenzwerte nicht überschritten werden, die in diesem Gesetz und in den auf Grund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen festgelegt sind.</i>	Dosisbegrenzung
§ 77	<i>Der Grenzwert für die Summe der in allen Kalenderjahren ermittelten effektiven Dosen beruflich exponierter Personen beträgt 400 Millisievert. Die zuständige Behörde kann im Benehmen mit einem ermächtigten Arzt eine zusätzliche berufliche Exposition zulassen, wenn diese nicht mehr als 10 Millisievert effektive Dosis im Kalenderjahr beträgt und die beruflich exponierte Person einwilligt. Die Einwilligung ist schriftlich zu erteilen.</i>	Grenzwert für die Berufslebensdosis
§ 78 Abs. 1 bis 5	<i>(1) Der Grenzwert der effektiven Dosis beträgt für beruflich exponierte Personen 20 Millisievert im Kalenderjahr. Die zuständige Behörde kann im Einzelfall für ein einzelnes Jahr eine effektive Dosis von 50 Millisievert zulassen, wobei in fünf aufeinander folgenden Jahren insgesamt 100 Millisievert nicht überschritten werden dürfen. (2) Der Grenzwert der Organ-Äquivalentdosis beträgt für beruflich exponierte Personen 1. für die Augenlinse 20 Millisievert im Kalenderjahr,</i>	Grenzwerte für beruflich exponierte Personen

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 63

Strahlenschutzgesetz

Quellenan- gabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
	<p>2. für die Haut, gemittelt über jede beliebige Hautfläche von einem Quadratzentimeter, unabhängig von der exponierten Fläche, (lokale Hautdosis) 500 Millisievert im Kalenderjahr und</p> <p>3. für die Hände, die Unterarme, die Füße und Knöchel jeweils 500 Millisievert im Kalenderjahr.</p> <p>Für die Organ-Äquivalentdosis der Augenlinse gilt Abs. 1 S. 2 entsprechend.</p> <p>(3) Für beruflich exponierte Personen unter 18 Jahren beträgt der Grenzwert der effektiven Dosis 1 Millisievert im Kalenderjahr. Der Grenzwert der Organ-Äquivalentdosis beträgt</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. für die Augenlinse 15 Millisievert im Kalenderjahr, 2. für die lokale Hautdosis 50 Millisievert im Kalenderjahr, 3. für die Hände, die Unterarme, die Füße und Knöchel jeweils 50 Millisievert im Kalenderjahr. <p>Abweichend davon kann die zuständige Behörde für Auszubildende und Studierende im Alter zwischen 16 und 18 Jahren einen Grenzwert von 6 Millisievert im Kalenderjahr für die effektive Dosis und jeweils 150 Millisievert im Kalenderjahr für die Organ-Äquivalentdosis der Haut, der Hände, der Unterarme, der Füße und Knöchel zulassen, wenn dies zur Erreichung des Ausbildungszieles notwendig ist.</p> <p>(4) Bei gebärfähigen Frauen beträgt der Grenzwert für die Organ-Äquivalentdosis der Gebärmutter 2 Millisievert im Monat. Für ein ungeborenes Kind, das auf Grund der Beschäftigung der Mutter einer Exposition ausgesetzt ist, beträgt der Grenzwert der effektiven Dosis vom Zeitpunkt der Mitteilung über die Schwangerschaft bis zu deren Ende 1 Millisievert.</p> <p>(5) Die Befugnis der zuständigen Behörde nach der Rechtsverordnung nach § 79 Abs. 1 S. 2 Nr. 1, unter außergewöhnlichen, im Einzelfall zu beurteilenden Umständen zur Durchführung notwendiger spezifischer Arbeitsvorgänge Expositionen zuzulassen, die von den Grenzwerten der Absätze 1 und 2 und Abs. 4 S. 1 abweichen, bleibt unberührt.</p>	
§ 80 Abs. 1	<p>Für Einzelpersonen der Bevölkerung beträgt der Grenzwert der Summe der effektiven Dosen 1 Millisievert im Kalenderjahr durch Expositionen aus [...] der planfeststellungsbedürftigen Errichtung, dem planfeststellungsbedürftigen Betrieb oder der planfeststellungsbedürftigen Stilllegung der in § 9a Abs. 3 des Atomgesetzes genannten Anlagen des Bundes [...]</p>	Grenzwerte für die Bevölkerung

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 64

Anhang 1.1.5 Strahlenschutzverordnung

Tabelle A. 5: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV)

Strahlenschutzverordnung		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
§ 99 Abs. 1 bis 4	<p>(1) Für die Planung, die Errichtung, den Betrieb, die Stilllegung, den sicheren Einschluss und den Abbau von kerntechnischen Anlagen, Anlagen im Sinne des § 9a Abs. 3 S. 1 erster Halbsatz zweiter Satzteil des Atomgesetzes, Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlung und Einrichtungen betragen die Grenzwerte der effektiven Dosis der durch Ableitungen radioaktiver Stoffe mit Luft oder Wasser aus diesen Anlagen oder Einrichtungen jeweils bedingten Exposition für Einzelpersonen der Bevölkerung 0,3 Millisievert im Kalenderjahr.</p> <p>(2) Sind für die Einhaltung des Dosisgrenzwerts nach § 80 Abs. 1 des Strahlenschutzgesetzes mehrere Tätigkeiten zu betrachten, so hat die zuständige Behörde darauf hinzuwirken, dass auch die Dosisgrenzwerte des Absatzes 1 durch die Gesamtheit der Ableitungen radioaktiver Stoffe aus diesen Tätigkeiten mit Luft oder mit Wasser eingehalten werden.</p> <p>(3) Der Strahlenschutzverantwortliche hat für die Einhaltung der Grenzwerte des Absatzes 1 zu sorgen.</p> <p>(4) Der Strahlenschutzverantwortliche hat dafür zu sorgen, dass radioaktive Stoffe nicht unkontrolliert in die Umwelt abgeleitet werden.</p>	Begrenzung der Ableitung radioaktiver Stoffe

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 65
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				MAH	RZ	0001	00	

Anhang 1.1.6 Bundesberggesetz

Tabelle A. 6: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus dem Bundesberggesetz (BBergG)

Bundesberggesetz		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
§ 55 Abs. 1	<p>Die Zulassung eines Betriebsplanes im Sinne des § 52 ist zu erteilen, wenn</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. für die im Betriebsplan vorgesehene Aufsuchung oder Gewinnung von Bodenschätzen die erforderliche Berechtigung nachgewiesen ist, 2. nicht Tatsachen die Annahme rechtfertigen, daß <ol style="list-style-type: none"> a) der Unternehmer, bei juristischen Personen und Personhandelsgesellschaften eine der nach Gesetz, Satzung oder Gesellschaftsvertrag zur Vertretung berechtigten Personen, die erforderliche Zuverlässigkeit und, falls keine unter Buchst. b fallende Person bestellt ist, auch die erforderliche Fachkunde oder körperliche Eignung nicht besitzt, b) eine der zur Leitung oder Beaufsichtigung des zuzulassenden Betriebes oder Betriebsteiles bestellten Personen die erforderliche Zuverlässigkeit, Fachkunde oder körperliche Eignung nicht besitzt, 3. die erforderliche Vorsorge gegen Gefahren für Leben, Gesundheit und zum Schutz von Sachgütern, Beschäftigter und Dritter im Betrieb, insbesondere durch die den allgemein anerkannten Regeln der Sicherheitstechnik entsprechenden Maßnahmen, sowie dafür getroffen ist, daß die für die Errichtung und Durchführung eines Betriebes auf Grund dieses Gesetzes erlassenen oder geltenden Vorschriften und die sonstigen Arbeitsschutzvorschriften eingehalten werden, 4. keine Beeinträchtigung von Bodenschätzen, deren Schutz im öffentlichen Interesse liegt, eintreten wird, 5. für den Schutz der Oberfläche im Interesse der persönlichen Sicherheit und des öffentlichen Verkehrs Sorge getragen ist, 6. die anfallenden Abfälle ordnungsgemäß verwendet oder beseitigt werden, 7. die erforderliche Vorsorge zur Wiedernutzbarmachung der Oberfläche in dem nach den Umständen gebotenen Ausmaß getroffen ist, 8. die erforderliche Vorsorge getroffen ist, daß die Sicherheit eines nach den §§ 50 und 51 zulässigerweise bereits geführten Betriebes nicht gefährdet wird, 9. gemeinschaftliche Einwirkungen der Aufsuchung oder Gewinnung nicht zu erwarten sind und bei einem Betriebsplan für einen Betrieb im Bereich des Festlandssockels oder der Küstengewässer ferner, 10. der Betrieb und die Wirkung von Schiffahrtsanlagen und -zeichen nicht beeinträchtigt werden, 	Zulassung eines Betriebsplans

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 66

Bundesberggesetz		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
	<p>11. die Benutzung der Schiffahrtswege und des Luftraumes, die Schifffahrt, der Fischfang und die Pflanzen- und Tierwelt nicht unangemessen beeinträchtigt werden,</p> <p>12. das Legen, die Unterhaltung und der Betrieb von Unterwasserkabeln und Rohrleitungen sowie ozeanographische oder sonstige wissenschaftliche Forschungen nicht mehr als nach den Umständen unvermeidbar beeinträchtigt werden und</p> <p>13. sichergestellt ist, daß sich die schädigenden Einwirkungen auf das Meer auf ein möglichst geringes Maß beschränken. [...]</p>	
§ 61 Abs. 1	<p>Der Unternehmer ist für die ordnungsgemäße Leitung des Betriebes verantwortlich; ihm obliegt die Sicherheit und Ordnung im Betrieb. Er ist verpflichtet,</p> <p>1. für die ordnungsgemäße Errichtung des Betriebes und den ordnungsgemäßen Betriebsablauf zu sorgen, insbesondere</p> <p>a) unter Beachtung der allgemein anerkannten sicherheitstechnischen, arbeitsmedizinischen und arbeitshygienischen Regeln sowie der sonstigen gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnisse die erforderlichen Maßnahmen und Vorkehrungen zu treffen, um Beschäftigte und Dritte vor Gefahren für Leben, Gesundheit und Sachgüter zu schützen, soweit die Eigenart des Betriebes dies zuläßt,</p> <p>b) durch innerbetriebliche Anordnungen sicherzustellen, daß die verantwortlichen Personen ihre Aufgaben erfüllen und ihre Befugnisse wahrnehmen können,</p> <p>2. bei Zuständen oder Ereignissen im Betrieb, die eine unmittelbare Gefahr für Leben oder Gesundheit Beschäftigter oder Dritter herbeizuführen geeignet sind oder herbeigeführt haben, die zur Abwehr der Gefahr oder zur Rettung von Verunglückten geeigneten Maßnahmen zu treffen, [...]</p>	Allgemeine Pflichten des Unternehmers, Arbeitsschutz

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 67
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				MAH	RZ	0001	00	

Anhang 1.1.7 Klimabergverordnung

Tabelle A. 7: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus der Klimabergverordnung (KlimaBergV)

Klimabergverordnung		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
§ 4 Abs. 1	Bei Effektivtemperaturen von mehr als 30 Grad C dürfen außerhalb des Salzbergbaus Personen nicht beschäftigt werden	Obere Klimawerte für eine Beschäftigung außerhalb des Salzbergbaus
§ 4 Abs. 2 bis 4	<p>(2) Abweichend von Abs. 1 dürfen Personen im Einzelfall bis zu einer Effektivtemperatur von 32 Grad C beschäftigt werden,</p> <p>1. wenn sie im Rahmen ihrer Beschäftigung ohne eine Unterbrechung, die mindestens 6 Wochen betragen muß, höchstens 4 Monate Effektivtemperaturen von mehr als 30 Grad C ausgesetzt sind,</p> <p>2. wenn ihre Beschäftigungszeit täglich höchstens 5 Stunden beträgt, sofern sie davon mehr als 2 1/2 Stunden bei Effektivtemperaturen von mehr als 30 Grad C verbringen und</p> <p>3. wenn in Abbaubetrieben außerdem höchstens ein Drittel der jeweiligen Beschäftigten Effektivtemperaturen von mehr als 30 Grad C ausgesetzt ist.</p> <p>(3) Ausrichtungs-, Vorrichtungs-, Herrichtungs- und Raubetriebe dürfen nicht länger als 6 Monate ohne Unterbrechung geführt werden, wenn die Effektivtemperatur der Wetter vor Ort mehr als 30 Grad C beträgt. Als Unterbrechung zählt nur eine Zeit von mindestens 6 Wochen.</p> <p>(4) In Einzelfällen kann die zuständige Behörde</p> <p>1. Ausnahmen von Abs. 1 zulassen, wenn durch besondere Einrichtungen sichergestellt ist, daß für den einzelnen Beschäftigten die Klimabelastung in ihrer physiologischen Gesamtwirkung nicht so groß ist, wie bei einer Effektivtemperatur von mehr als 30 Grad C,</p> <p>2. ein Überschreiten der in Abs. 3 festgelegten Betriebsdauer genehmigen, soweit dies wegen unvorhergesehener Ereignisse trotz zusätzlicher Maßnahmen zur Einhaltung der Frist unvermeidlich ist.</p>	Ausnahmen für obere Klimawerte für eine Beschäftigung außerhalb des Salzbergbaus
§ 5 Abs. 1	Bei Trockentemperaturen von mehr als 52 Grad C oder Feuchttemperaturen von mehr als 27 Grad C dürfen im Salzbergbau Personen nicht beschäftigt werden.	Obere Temperaturwerte für eine Beschäftigung im Salzbergbau
§ 5 Abs. 2	In Einzelfällen kann die zuständige Behörde Ausnahmen von Abs. 1 zulassen, wenn durch besondere Einrichtungen sichergestellt ist, daß für den einzelnen Beschäftigten die Temperaturbelastung in ihrer physiologischen Gesamt-	Ausnahmen für obere Temperaturwerte für eine Beschäftigung im Salzbergbau

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 68
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				MAH	RZ	0001	00	

Klimabergverordnung		
Quellenan- gabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
	<i>wirkung nicht so groß ist, wie bei einer Trockentempera- tur von mehr als 52 Grad C oder einer Feuchttemperatur von mehr als 27 Grad C.</i>	

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 69
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				MAH	RZ	0001	00	

Anhang 1.1.8 Wasserhaushaltsgesetz

Tabelle A. 8: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG)

Wasserhaushaltsgesetz		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
§ 48 Abs. 1 und 2	<p>(1) Eine Erlaubnis für das Einbringen und Einleiten von Stoffen in das Grundwasser darf nur erteilt werden, wenn eine nachteilige Veränderung der Wasserbeschaffenheit nicht zu besorgen ist. [...]</p> <p>(2) Stoffe dürfen nur so gelagert oder abgelagert werden, dass eine nachteilige Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit nicht zu besorgen ist. [...]</p>	Reinhaltung des Grundwassers

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 70
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				MAH	RZ	0001	00	

Anhang 1.1.9 Atomrechtliche Entsorgungsverordnung

Tabelle A. 9: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus der Atomrechtlichen Entsorgungsverordnung (AtEV)

Atomrechtliche Entsorgungsverordnung		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
§ 3 Abs. 1	<i>[...] Der Dritte nach § 9a Abs. 3 S. 2 zweiter Halbsatz des Atomgesetzes legt alle sicherheitstechnischen Anforderungen an Abfallgebinde, die für die Endlagerung bestimmt sind, sowie die Vorgaben für die Behandlung der darin enthaltenen Abfälle fest und stellt die Endlagerfähigkeit der nach diesen Anforderungen und Vorgaben hergestellten Abfallgebinde fest.</i>	Festlegung der sicherheitstechnischen Anforderungen der Abfallgebinde
§ 3 Abs. 2	<i>Bei der Behandlung und Verpackung radioaktiver Abfälle zur Herstellung endlagerfähiger Abfallgebinde sind Verfahren anzuwenden, deren Anwendung der Dritte nach § 9a Abs. 3 S. 2 zweiter Halbsatz des Atomgesetzes zugestimmt hat. Für radioaktive Abfälle, die nach § 5 Abs. 4 an Landessammelstellen abgeliefert worden sind und die nach Abs. 1 S. 2 behandelt und verpackt wurden, trägt der Bund die Kosten, die sich aus einer nachträglichen Änderung der Anforderungen und Vorgaben ergeben. § 1 Abs. 3 gilt entsprechend.</i>	Zustimmung zu Verfahren zur Behandlung und Verpackung der radioaktiven Abfälle
§ 3 Abs. 3	<i>Behälter oder sonstige Einheiten zur Verpackung radioaktiver Abfälle sind mit einer Kennzeichnung nach Anlage Teil B zu versehen. § 1 Abs. 3 gilt entsprechend.</i>	Kennzeichnung der Behälter

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 71
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				MAH	RZ	0001	00	

Anhang 1.1.10 Empfehlung der Entsorgungskommission: Anforderungen an Endlagergebäude zur Endlagerung Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle

Tabelle A. 10: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus der Empfehlung der Entsorgungskommission: „Anforderungen an Endlagergebäude zur Endlagerung Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle“ (ESK 2016)

Empfehlung der Entsorgungskommission: Anforderungen an Endlagergebäude zur Endlagerung Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
Kapitel 1: Die Rolle der Endlagergebäude für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle als technische Barriere im Endlagersystem S. 2 ff.	<p>Das Endlagergebäude besteht aus</p> <p><i>a dem Abfallgebäude, welches den Abfall und den Abfallbehälter umfasst, und</i></p> <p><i>b der äußeren Ummantelung, welche der Integritätswahrung über einen definierten Wirkungszeitraum dient. Sie muss die Rückholbarkeit während der Betriebsphase und die Bergbarkeit für den Zeitraum von 500 Jahren nach Einlagerung ermöglichen.</i></p>	Endlagergebäude
	<p>Die technische Barriere Endlagergebäude für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle hat im System der gestaffelten Barrieren folgende grundlegenden Funktionen zu erfüllen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Aufnahme der Abfälle, 2 Einschluss der radioaktiven Abfälle, Verhinderung von Radionuklidfreisetzungen und Erhalt der einschlusswirksamen Eigenschaften über den geforderten Wirkungszeitraum der Barriere, 3 Gewährleistung der Anforderungen aus dem betrieblichen Strahlenschutz, 4 Verträglichkeit mit weiteren Barrieren, 5 Ableitung der Zerfallswärme in die Umgebung, 6 Erhalt der strukturellen Integrität und Erhalt der Handhabbarkeit in den verschiedenen zeitlichen Phasen (im Sinne der Stabilität und Festigkeit der Außenhülle) während innerbetrieblicher Handhabungsvorgänge inklusive Rückholung in der Betriebsphase und Bergung über einen Zeitraum von 500 Jahren nach Einlagerung, um die Anforderungen [...] zu erfüllen. 	Funktionen des Endlagergebäudes
	<p>Die technische Realisierung des Endlagergebäudes kann modular oder integral erfolgen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Im Fall der modularen Lösung [...] werden die grundlegenden Funktionen durch verschiedene technische Komponenten erfüllt. [...] • Im Fall der integralen Lösung [...] werden sämtliche grundlegenden Funktionen durch eine einzige technische Komponente, das Endlagergebäude, erfüllt. 	Modulare und integrale Lösung
Kapitel 2.1: Übergeord-	<p>Diese Phasen der Endlagerung sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Betriebsphase - Beladung und Transport am Endlagerstandort, 	Phasen der Endlagerung

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 72
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				MAH	RZ	0001	00	

Empfehlung der Entsorgungskommission: Anforderungen an Endlagergebäude zur Endlagerung Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle

Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
neue Anforderungen S. 6 ff.	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Einlagerung, Verfüllen und Versetzen der untertägigen Einlagerungsorte und</i> - <i>Phase bis das Endlager endgültig verschlossen ist (Zeitraum der geforderten Rückholbarkeit der Abfallgebäude/Endlagergebäude).</i> • Nachverschlussphase <ul style="list-style-type: none"> - <i>Zeitraum von 500 Jahren, in dem die Bergbarkeit gewährleistet sein muss,</i> - <i>Übergangsphase: vom Wirtsgestein abhängiger Zeitraum, bis das geotechnische System die Barrierenfunktion übernimmt, und</i> - <i>stationäre Langzeitphase bis zum Ende des Nachweiszeitraums.</i> 	
Kapitel 2.2: Anforderungen resultierend aus der Betriebsphase S. 9 f.	Integrität der Abfallgebäude / Endlagergebäude (Einschluss der radioaktiven Abfälle)	Einschluss
	Das System Abfallgebäude / Endlagergebäude muss den Einschluss der radioaktiven Abfälle in allen Phasen des Endlagerbetriebs gewährleisten.	
	Das System Abfallgebäude/Endlagergebäude muss gasdicht sein.	Gasdichtheit
	Die Integrität der Abfallgebäude/Endlagergebäude muss auch nach betrieblichen Ereignissen (Störungen, Störfällen) gewährleistet sein.	Einschluss auch bei Störungen / Störfall
	Handhabbarkeit	Anforderungen an die Handhabung
	Die Abfallgebäude/Endlagergebäude müssen die sichere Handhabung (z.B. Umladung, Einlagerung) und den sicheren innerbetrieblichen Transport (z.B. Transport zum Schacht, Schachttransport, Transport zum Einlagerungsort) und die Einlagerung gewährleisten. Hierbei sind insbesondere ihre Abmessungen, ihr Gewicht und ihr Design von Bedeutung.	
	Die Handhabbarkeit der Abfallgebäude/Endlagergebäude muss auch nach betrieblichen Ereignissen (Störungen, Störfällen) gewährleistet sein.	Handhabung nach Störungen / Störfällen
	Abschirmung der ionisierenden Strahlung	Abschirmung
Das System Abfallgebäude/Endlagergebäude muss derart ausgelegt sein, dass die Strahlenschutzbedingungen erfüllt werden.		
Rückholbarkeit der Abfallgebäude [...] [/] Endlagergebäude [...] für einen gegebenen Zeitraum	Rückholbarkeit	

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 73

Empfehlung der Entsorgungskommission: Anforderungen an Endlagergebäude zur Endlagerung Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle

Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
	<i>Das System Abfallgebäude/Endlagergebäude muss so konzipiert sein, dass es während der Betriebsphase des Endlagers rückholbar ist. Dies setzt insbesondere seine Handhabbarkeit während des genannten Zeitraumes voraus.</i>	Handhabbarkeit zur Rückholung
	<i>Das System Abfallgebäude/Endlagergebäude muss gasdicht sein.</i>	Gasdichtheit
	<i>Maßnahmen zur Rückholbarkeit dürfen die Langzeitsicherheit nicht beeinträchtigen.</i>	Langzeitsicherheit
	Beladung der Abfallgebäude / Endlagergebäude	Beladung
	<i>Die Abfallgebäude/Endlagergebäude müssen so konzipiert sein, dass ihre Beladung mit Abfällen bzw. eine Umladung der Abfälle sicher und möglichst einfach erfolgen kann.</i>	Beladbarkeit
Kapitel 2.3: Anforderungen resultierend aus der Nachverschlussphase S. 11 ff.	Einschluss der radioaktiven Abfälle	Einschluss in der Nachbetriebsphase
	<i>Die Endlagergebäude müssen die im Sicherheitskonzept festgelegten Einschlusseigenschaften für ihre jeweilige Wirkungsdauer aufweisen.</i>	
	Erhalt der strukturellen Integrität der Endlagergebäude	Integrität
	<i>Die Endlagergebäude müssen für den Zeitraum, in dem die geforderten Einschlusseigenschaften vorliegen müssen, gegen innere und äußere Einwirkungen so ausgelegt werden, dass ihre Integrität gegeben ist.</i>	Erhalt der Integrität
	<i>Die Auslegung der Endlagergebäude und ihrer Teilsysteme (z.B. Abfallgebäude, Schweißnähte, Dichtsysteme, Residualspannungen) muss nach anerkannten Standards erfolgen, so dass die Integrität über den geforderten Zeitraum belastbar begründet werden kann.</i>	Auslegung nach anerkannten Standards
	Temperaturbegrenzung	maximal Temperatur
	<i>Die Endlagergebäude müssen so konzipiert sein, dass die maximal zulässige Temperatur des Wirtsgesteins und des Versatzes nicht überschritten werden und die maximal zulässigen Inventar- und Bauteiltemperaturen nicht überschritten werden.</i>	
	Begrenzung negativer physikochemischer Einflüsse des Endlagergebäudes auf die Barrieren des Endlagersystems	Barrierenverträglichkeit

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 74

Empfehlung der Entsorgungskommission: Anforderungen an Endlagergebäude zur Endlagerung Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle

Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
	<i>Die Endlagergebäude dürfen keine unzulässigen negativen Auswirkungen auf die Barrieren des Barrierensystems haben (z.B. auf Salz-oder Bentonit-Versatz).</i>	
	Verwendung geeigneter Materialien	Materialauswahl
	<i>Das Endlagergebäude muss aus Materialien gefertigt werden, welche den Einschluss und die Integrität unter den internen und externen Belastungen des Endlagers gewährleisten können (z. B. Korrosion, thermische, hydraulische, mechanische und chemische Belastungen).</i>	
	<i>Es sollen Materialien zum Einsatz kommen, die im Hinblick auf eine mögliche Gasbildung keine Integritätsgefährdung der Barrieren erwarten lassen.</i>	Verringerung der Gasproduktion
	Bergbarkeit der Abfälle für einen Zeitraum von 500 Jahren nach Verschluss	Bergbarkeit
	<i>Die Abfallgebäude / Endlagergebäude müssen so konzipiert sein, dass ihre strukturelle Integrität für einen Zeitraum von 500 Jahren erhalten bleibt.</i>	Erhaltung struktureller Integrität
	<i>Die zurückzuziehenden Abfallgebäude/Endlagergebäude müssen so konzipiert werden, dass die Freisetzung radioaktiver Aerosole bei der Bergung vermieden werden kann.</i>	Verhinderung der Freisetzung von Aerosolen
	<i>Maßnahmen zur Gewährleistung der Bergbarkeit dürfen die Langzeitsicherheit nicht unzulässig beeinträchtigen.</i>	Einfluss der Bergbarkeit auf die Langzeitsicherheit
	Ausschluss von Kritikalität	Kritikalitätsabschluss
	<i>Die Abfallgebäude / Endlagergebäude müssen so konzipiert sein, dass eine Kritikalität des Inventars über den gesamten Nachweiszeitraum ausgeschlossen ist.</i>	
	Kennzeichnung der Abfallgebäude / Endlagergebäude	Kennzeichnung
	<i>Die Abfallgebäude/ Endlagergebäude müssen gekennzeichnet werden. Anhand der Kennzeichnung muss das Abfallgebäude/Endlagergebäude im Falle einer Bergung eindeutig identifizierbar sein.</i>	
Kapitel 2.4: Anforderungen an die	Endlagerungsbedingungen	Endlagerungsbedingungen
	<i>Das System Abfallgebäude/Endlagergebäude muss den Endlagerungsbedingungen genügen.</i>	

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 75
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				MAH	RZ	0001	00	

Empfehlung der Entsorgungskommission: Anforderungen an Endlagergebäude zur Endlagerung Wärme entwickelnder radioaktiver Abfälle		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
Auslegung und Herstellung S. 14 f.	<i>Das System Abfallgebäude/Endlagergebäude bzw. seine Dokumentation müssen die Überprüfung auf Einhaltung der Endlagerungsbedingungen ermöglichen.</i>	Prüfung der Endlagerungsbedingungen- / Produktkontrolle
	<i>Auslegung der Abfallgebäude/ Endlagergebäude</i>	Anforderungen an die Auslegung
	<i>Die Auslegung der Abfallgebäude/Endlagergebäude muss derart vorgenommen werden, dass die Annahmebedingungen erfüllt werden und die Anforderungen, resultierend aus den Anforderungen der Langzeitsicherheit und dem Betrieb, erfüllt werden (bei modularem Aufbau des Endlagergebäudes gilt Letzteres nur für das Endlagergebäude).</i>	
	<i>Die bei der Auslegung zu berücksichtigenden endlagerrelevanten Eigenschaften sind</i>	Bei der Auslegung zu berücksichtigende Eigenschaften
	<i>zulässige Gesamtaktivität/Abfallgebäude, Aktivitäten relevanter Radionuklide pro Abfallgebäude, Kritikalitätssicherheit (Spaltstoffmenge, Absorber, Moderator, Spaltstoffverteilung), thermische Gebindeeigenschaften, Dosisleistung am Gebinde, Oberflächenkontamination, Qualitätsanforderungen, zu handhabende Masse, Gewährleistung der Anforderungen aus den Sicherheitsanalysen.</i>	
	<i>Qualitätsnachweis</i>	Qualitätsnachweis
<i>Es muss der Nachweis geführt werden, dass das Endlagergebäude mit der geforderten Qualität hergestellt worden ist.</i>		

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 76
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				MAH	RZ	0001	00	

Anhang 1.1.11 Stellungnahme der Entsorgungskommission: Sicherheitskonzeptionelle Anforderungen an das Barrierensystem eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle

Tabelle A. 11: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus der Stellungnahme der Entsorgungskommission: „Sicherheitskonzeptionelle Anforderungen an das Barrierensystem eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle“ (ESK 2019)

Stellungnahme der Entsorgungskommission: Sicherheitskonzeptionelle Anforderungen an das Barrierensystem eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
Kapitel 5: Anforderungen an das Barrierensystem S. 6 ff.	Einschlusswirksamkeit: Das Barrierensystem hat den Zutritt von Wasser/Lösungen zu den Abfällen und die Ausbreitung der Radionuklide aus dem Lager zu verhindern bzw. so lange wie möglich aufzuhalten und Prozesse, die zur erhöhten Ausbreitung der Radionuklide beitragen, zu verlangsamen (vgl. § 26 Abs. 2 in [StandAG]).	Einschluss
	Dauerhaftigkeit: Das Barrierensystem muss als ein dauerhaft wirksames System etabliert werden (vgl. § 1 Abs. 2 in [StandAG]). Die radiologischen Schutzziele müssen durch Rückhaltung der Radionuklide über den gesetzlich geforderten Zeitraum eingehalten werden. Dabei sollen die Barrieren sich in ihrer Dauerhaftigkeit gegenseitig unterstützen.	Langzeitbeständigkeit
	Verträglichkeit: Die einzelnen Barrieren müssen aufeinander abgestimmt sein und es darf zwischen den Barrieren durch interne oder externe Prozesse nicht zu einer maßgeblichen gegenseitigen Beeinträchtigung der Wirksamkeit der Barrieren kommen [...].	Barrierenverträglichkeit
	Technische Umsetzbarkeit: Das vorgesehene Barrierensystem muss technisch umgesetzt werden können . Einfache Umsetzungen sind gegenüber komplexen vorzuziehen , wenn damit die gleiche Wirkung erzielt werden kann.	Herstellbarkeit
	Rückholbarkeit: Das Barrierensystem muss die Möglichkeit der Rückholung der Abfälle während der Betriebsphase (§ 26 Abs. 2 in [StandAG]) zulassen. Durch Vorkehrungen zur Gewährleistung der Rückholbarkeit darf die Wirksamkeit des Barrierensystems nicht beeinträchtigt werden.	Rückholbarkeit
	Ermöglichung der Bergung: Für eine mögliche Bergung (§ 26 Abs. 2 in [StandAG]) müssen ausreichende Vorkehrungen getroffen werden. Durch solche Vorkehrungen darf die Wirksamkeit des Barrierensystems nicht beeinträchtigt werden.	Bergbarkeit
	Wartungsfreiheit: Nach Verschluss des Endlagers dürfen keine weiteren Arbeiten am Barrierensystem mehr notwendig sein ; dieses muss passiv seine Wirkung entfalten können (§ 26 Abs. 2 in [StandAG]).	Passive Sicherheit

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 77

Stellungnahme der Entsorgungskommission: Sicherheitskonzeptionelle Anforderungen an das Barrierensystem eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle

Quellenan- gabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
	Ausschluss Kritikalität: Das Barrierensystem muss sicherstellen, dass trotz vorhandener Konzentrierung der Abfälle und langfristig auftretender Prozesse nie ein Zustand erreicht wird, der zu einer Kritikalität führen kann.	Kritikalitätsauschluss
	Funktionsfähigkeit: Mit Lagerverschluss hat das Barrierensystem seine Wirkung zu entfalten . Das bedeutet, dass bei geotechnischen Barrieren zum Zeitpunkt des Endlagerverschlusses mindestens ein Funktionselement eine abdichtende Wirkung nachweisbar übernimmt (sofort wirksames Verschlusselement). Weitere Funktionselemente können zeitverzögert ihre abdichtende Wirkung entfalten.	Sofortwirksamkeit von Barrieren
	Überprüfbarkeit: Die für die Langzeitsicherheit relevanten natürlichen Verhältnisse (z. B. Geometrien von Wirtsgesteinskörpern, Störungsverläufe) müssen überprüft werden können. Die Konformität der vorhandenen bzw. eingebauten Barrieren mit den Anforderungen/Spezifikationen muss vor Inbetriebnahme des Endlagers möglichst abdeckend überprüfbar sein.	Überprüfbarkeit
	Robustheit: Das Barrierensystem ist so auszulegen, dass deren Sicherheitsfunktionen gegenüber inneren und äußeren Einflüssen und Störungen sowie die Ergebnisse der Sicherheitsanalyse gegenüber Abweichungen von den zugrunde gelegten Annahmen unempfindlich sind.	Robustheit

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 78
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				MAH	RZ	0001	00	

Anhang 1.2 Internationale Regelwerke

In Anhang 1.2 sind internationale Regelwerke mit Bezug zum Endlagerbehälter aufgeführt.

Anhang 1.2.1 Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management

Tabelle A. 12: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus "Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management" (BMUB 2018)

Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
G Safety of spent fuel management G.1 Article 4: General safety requirements S. 191 ff.	<i>Each Contracting Party shall take the appropriate steps to ensure that at all stages of spent fuel management, individuals, society and the environment are adequately protected against radiological hazards. In so doing, each Contracting Party shall take the appropriate steps to:</i>	Kritikalitätsausschluss, Wärmeabfuhr
	<i>(i) ensure that criticality and removal of residual heat generated during spent fuel management are adequately addressed;</i>	
	<i>(iv) provide for effective protection of individuals, society and the environment, by applying at the national level suitable protective methods as approved by the regulatory body, in the framework of its national legislation which has due regard to internationally endorsed criteria and standards;</i>	Schutz von Individuen, Gesellschaft und Umwelt
	<i>(v) take into account the biological, chemical and other hazards that may be associated with spent fuel management;</i>	Gefahrenbewusstsein
	<i>(vi) strive to avoid actions that impose reasonably predictable impacts on future generations greater than those permitted for the current generation;</i>	Generationengerechtigkeit
<i>(vii) aim to avoid imposing undue burdens on future generations.</i>	Generationengerechtigkeit	

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 79

Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
G Safety of spent fuel management G.4 Article 7: Design and construction of facilities S. 203 f.	<i>Each Contracting Party shall take the appropriate steps to ensure that: (i) the design and construction of a spent fuel management facility provide for suitable measures to limit possible radiological impacts on individuals, society and the environment, including those from discharges or uncontrolled releases;</i>	Verhinderung von Strahlenbelastung durch Einschluss und Abschirmung
H Safety of radioactive waste management H.1 Article 11: General safety requirements S. 217 f.	<i>Each Contracting Party shall take the appropriate steps to ensure that at all stages of spent fuel management, individuals, society and the environment are adequately protected against radiological hazards. In so doing, each Contracting Party shall take the appropriate steps to: (i) ensure that criticality and removal of residual heat generated during spent fuel management are adequately addressed;</i>	Kritikalitätsausschluss, Wärmeabfuhr
	<i>(iv) provide for effective protection of individuals, society and the environment, by applying at the national level suitable protective methods as approved by the regulatory body, in the framework of its national legislation which has due regard to internationally endorsed criteria and standards;</i>	Schutz von Individuen, Gesellschaft und Umwelt
	<i>(v) take into account the biological, chemical and other hazards that may be associated with spent fuel management;</i>	Gefahrenbewusstsein
	<i>(vi) strive to avoid actions that impose reasonably predictable impacts on future generations greater than those permitted for the current generation;</i>	Generationengerechtigkeit
H Safety of radioactive waste management H.4 Article 14: Design and construction of facilities S. 231 ff.	<i>Each Contracting Party shall take the appropriate steps to ensure that: (i) the design and construction of a spent fuel management facility provide for suitable measures to limit possible radiological impacts on individuals, society and the environment, including those from discharges or uncontrolled releases;</i>	Verhinderung von Strahlenbelastung durch Einschluss und Abschirmung
	<i>(vii) aim to avoid imposing undue burdens on future generations.</i>	Generationengerechtigkeit

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 80
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				MAH	RZ	0001	00	

Anhang 1.2.2 IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No. SSR-5, Disposal of Radioactive Waste, Specific Safety Requirements

Tabelle A. 13: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus "IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No. SSR-5, Disposal of Radioactive Waste, Specific Safety Requirements" (IAEA 2011a)

IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No. SSR-5, Disposal of Radioactive Waste, Specific Safety Requirements		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
2.8, S. 11	<i>In radiation safety terms, the disposal facility is considered to be a source of radiation that is under regulatory control in a planned exposure situation. In the operational period, any radioactive release can be verified, exposures can be controlled and actions can be taken if necessary. The engineering means and practical means of achieving safety are well known, although their use in a disposal facility involves specific considerations. The primary goal is to ensure that radiation doses are as low as reasonably achievable and within the applicable system of dose limitation.</i>	Verhinderung von Strahlenbelastung durch Einschluss und Abschirmung
2.9, S. 11 f.	<i>The optimization of protection (that is, the process of determining measures for protection and safety to make exposures, and the probability and magnitude of potential exposures, "as low as reasonably achievable, economic and social factors being taken into account") is considered in the design of the disposal facility and in the planning of all operations.</i>	ALARA-Prinzip
2.10, S. 11	<i>Relevant considerations in the optimization of measures for protection and safety include: the separation of mining and construction activities from waste emplacement activities; the use of remote handling equipment and shielded equipment for waste emplacement, where necessary; the control of the working environment so as to reduce the potential for accidents and their potential consequences; and the minimization of the need for maintenance in supervised areas and controlled areas. Contamination is required to be controlled and prevented to the extent possible.</i>	Optimierung von Betriebsabläufen
2.17, S. 14	<i>The primary goal of the disposal of radioactive waste is the protection of people and the environment in the long term, after the disposal facility has been closed. In this period, migration of radionuclides to the accessible biosphere, dispersion of radionuclides into the accessible biosphere and the consequent exposure of people may occur. This is a consequence of the slow degradation of engineered components and the slow transport of radionuclides from the facility by natural processes. Discrete events may lead to an earlier or greater release. Such events could be of either natural or human origin.</i>	Langzeitsicherheit als Zielsetzung

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 81

IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No. SSR-5, Disposal of Radioactive Waste, Specific Safety Requirements

Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
3.3, S. 17	<i>Safety in the operation of radioactive waste disposal facilities has to be achieved by means of a variety of engineered and operational controls similar to those used in other facilities in which radioactive material is handled, used, stored or processed. These include the containment and shielding for the radioactive waste and operational control over time of exposure and proximity to the waste. Protection of the public is provided for by preventing or controlling releases from the facility and by controlling access to the site. Operational monitoring programmes provide assurance of these various controls.</i>	Betriebssicherheit
3.4, S. 17	<i>Safety after closure is achieved by developing a disposal system in which the various components work together to provide and to ensure the required level of safety. This approach offers flexibility to the designer of a disposal facility to adapt the facility's layout and engineered barriers so as to take advantage of the natural characteristics of the site and the barrier potential of the host geology, if applicable. Assurance of confidence in safety is also necessary and this may require the consideration of a number of complex issues, including the potential impact of operations on the performance of the disposal facility after closure.</i>	Multibarrierensystem
Requirement 5, S. 21 f.	<i>Passive means for the safety of the disposal facility The operator shall evaluate the site and shall design, construct, operate and close the disposal facility in such a way that safety is ensured by passive means to the fullest extent possible and the need for actions to be taken after closure of the facility is minimized.</i>	Passive Sicherheit
3.21, S. 22	<i>In the operational stage of a disposal facility for radioactive waste, certain active control measures have to be applied. However, where passive features such as the shielding and containment provided by the packaging material can provide safety, then safety has to be ensured by such passive means.</i>	Passive Sicherheit schon in der Betriebsphase
3.22, S. 22	<i>To some extent, the safety of a disposal facility can depend on some future actions such as maintenance work or surveillance. However, this dependence has to be minimized to the extent possible. This is necessary because of the possibility that safety measures that depend on future actions, such as maintenance work or surveillance, will not be taken or will not be continued. The cumulative probability of the failure of such safety measures will gradually increase. Furthermore, and consistent with the Fundamental Safety Principles [...], disposal of radioactive waste is intended to discharge the responsibility for safety of the waste producers and</i>	Passive Sicherheit bereits während des Endlagerbetriebes

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 82

IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No. SSR-5, Disposal of Radioactive Waste, Specific Safety Requirements

Quellenan-gabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
	<i>the operator to the fullest extent possible, thereby minimizing the responsibilities that are retained or are passed on to successor organizations.</i>	
3.32, S. 24	<i>A disposal facility is designed to contain the radionuclides associated with the radioactive waste and to isolate them from the accessible biosphere. The disposal facility is also designed to retard the dispersion of radionuclides in the geosphere and biosphere and to provide isolation of the waste from aggressive phenomena that could degrade the integrity of the facility. The various elements of the disposal system, including physical components and control procedures, contribute to performing safety functions in different ways over different timescales.</i>	Multibarrieren-system, Redun-danz
3.33, S. 24	<i>Requirements are established in this section for ensuring that there is adequate defence in depth, so that safety is not unduly dependent on a single element of the disposal facility, such as the waste package; or a single control measure, such as verification of the inventory of waste packages; or the fulfilment of a single safety function, such as by containment of radionuclides or retardation of migration; or a single administrative procedure, such as a procedure for site access control or for maintenance of the facility.</i>	Multibarrieren-system, Redun-danz
3.34, S. 24	<i>Adequate defence in depth has to be ensured by demonstrating that there are multiple safety functions, that the fulfilment of individual safety functions is robust and that the performance of the various physical components of the disposal system and the safety functions they fulfil can be relied upon, as assumed in the safety case and supporting safety assessment. It is the responsibility of the operator to demonstrate fulfilment of the following design requirements to the satisfaction of the regulatory body.</i>	Nachweispflicht
Requirement 7, S. 24 f.	Multiple safety functions <i>The host environment shall be selected, the engineered barriers of the disposal facility shall be designed and the facility shall be operated to ensure that safety is provided by means of multiple safety functions. Containment and isolation of the waste shall be provided by means of a number of physical barriers of the disposal system. The performance of these physical barriers shall be achieved by means of diverse physical and chemical processes together with various operational controls. The capability of the individual barriers and controls together with that of the overall disposal system to perform as assumed in the safety case shall be demonstrated. The overall performance of the disposal</i>	Multibarrieren-system, Redun-danz

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 83
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				MAH	RZ	0001	00	

IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No. SSR-5, Disposal of Radioactive Waste, Specific Safety Requirements		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
	<i>system shall not be unduly dependent on a single safety function.</i>	
3.35, S. 25	<i>The engineered and physical barriers that make up the disposal system are physical entities, such as the waste form, the packaging, the backfill, and the host environment and geological formation. A safety function may be provided by means of a physical or chemical property or process that contributes to containment and isolation, such as: impermeability to water; limited corrosion, dissolution, leach rate and solubility; retention of radionuclides; and retardation of radionuclide migration.</i>	Barrieren und Sicherheitsfunktionen
Requirement 8, S. 26	Containment of radioactive waste <i>The engineered barriers, including the waste form and packaging, shall be designed, and the host environment shall be selected, so as to provide containment of the radionuclides associated with the waste. Containment shall be provided until radioactive decay has significantly reduced the hazard posed by the waste. In addition, in the case of heat generating waste, containment shall be provided while the waste is still producing heat energy in amounts that could adversely affect the performance of the disposal system.</i>	Einschluss
3.39, S. 26	<i>The containment of radioactive waste implies designing the disposal facility to avoid or minimize the release of radionuclides. Releases of small amounts of gaseous radionuclides and of small fractions of other highly mobile species from some types of radioactive waste may be inevitable. Such releases, nevertheless, have to be demonstrated to be acceptable by means of safety assessment. The containment may be provided by the characteristics of the waste form and the packaging and by the characteristics of other engineered components of the disposal system and the host environment and geological formation.</i>	Einschluss
3.40, S. 26	<i>The containment of the radionuclides in the waste form and the packaging over a defined period has to ensure that the majority of shorter lived radionuclides decay in situ. For low level waste, such periods would be of the order of several hundred years; for high level waste the period would be several thousands of years. For high level waste, it also has to be ensured that any migration of radionuclides outside the disposal system would occur only after the heat produced by radioactive decay has substantially decreased.</i>	Einschluss und zugrunde liegende Zeiträume

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 84
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				MAH	RZ	0001	00	

IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No. SSR-5, Disposal of Radioactive Waste, Specific Safety Requirements

Quellenan- gabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
3.42, S. 27	<p><i>Containment is most important for more highly concentrated radioactive waste, such as intermediate level waste and vitrified waste from fuel reprocessing, or for spent nuclear fuel. Attention also has to be given to the durability of the waste form. The most highly concentrated waste has to be emplaced in a containment configuration that is designed to retain its integrity for a long enough period of time to enable most of the shorter lived radionuclides to decay and for the associated generation of heat to decrease substantially. Such containment may not be practicable or necessary for low level waste. The containment capability of the waste package has to be demonstrated by means of safety assessment to be appropriate for the waste type and the overall disposal system.</i></p>	Einschluss und Nachweis des Einschlusses

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 85
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				MAH	RZ	0001	00	

Anhang 1.2.3 IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No. SSG-14 Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste, Specific Safety Guide

Tabelle A. 14: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus "IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No. SSG-14 Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste, Specific Safety Guide" (IAEA 2011b)

IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No. SSG-14 Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste, Specific Safety Guide		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
4.7, S. 14	<p><i>The objective of geological disposal of radioactive waste is to provide containment and isolation of the radionuclides in the waste from the biosphere. There is no universally accepted method of distinguishing between the safety characteristics of a geological disposal system that contribute to containment and those that contribute to isolation. Although it is not critical to separate safety characteristics into either containment or isolation, and they are not necessarily mutually exclusive, for the purposes of clarity, in this Safety Guide the following descriptions for containment and isolation will be assumed:</i></p> <p><i>(a) The containment characteristics of a geological disposal system include those processes and features of the disposal facility and host geological formation that are aimed at ensuring that radionuclides remain within the disposal area of the facility.</i></p> <p><i>(b) The isolation characteristics of a geological disposal system include those processes and features of the host rock that ensure radionuclides remain within the geosphere, physically separated from the wider biosphere, (i.e. characteristics that isolate waste from humans) or which migrate to the biosphere only in quantities that are not radiologically significant.</i></p>	Einschluss und Isolierung der Radionuklide von der Biosphäre

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 86
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				MAH	RZ	0001	00	

Anhang 1.2.4 Richtlinie des Rates 2014/87/EURATOM

Tabelle A. 15: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus der „Richtlinie des Rates 2014/87/EURATOM“ (Rat der europäischen Union)

Richtlinie des Rates 2014/87/EURATOM		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
Artikel 8b	<p><i>Umsetzung des Ziels der nuklearen Sicherheit für kerntechnische Anlagen</i></p> <p><i>(1) Im Hinblick auf die Verwirklichung des in Artikel 8a genannten Ziels der nuklearen Sicherheit stellen die Mitgliedstaaten sicher, dass der nationale Rahmen vorschreibt, dass das gestaffelte Sicherheitskonzept, sofern es anwendbar ist, mit dem Ziel angewandt wird, zu gewährleisten, dass</i></p> <p><i>a) die Auswirkungen extremer externer natürlicher und durch den Menschen verursachter unbeabsichtigter Gefahren auf ein Mindestmaß beschränkt werden;</i></p> <p><i>b) anomaler Betrieb und Fehlfunktionen vermieden werden;</i></p> <p><i>c) anomaler Betrieb beherrscht wird und Fehlfunktionen entdeckt werden;</i></p> <p><i>d) Auslegungsstörfälle beherrscht werden;</i></p> <p><i>e) schwere Unfälle unter Kontrolle gebracht werden, einschließlich der Verhinderung des Fortschreitens des Unfallablaufs und der Abmilderung der Auswirkungen schwerer Unfälle;</i></p>	Anforderungen ans Sicherheitskonzept

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 87
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				MAH	RZ	0001	00	

Anhang 1.2.5 ICRP Publication 122: Radiological Protection in Geological Disposal of Long-lived Solid Radioactive Waste

Tabelle A. 16: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus "ICRP Publication 122: Radiological Protection in Geological Disposal of Long-lived Solid Radioactive Waste" (ICRP 2013)

ICRP Publication 122: Radiological Protection in Geological Disposal of Long-lived Solid Radioactive Waste		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
4.4 Protection in the operational phase (49) S. 40	<i>Waste emplacement activities are subject to the same principles of dose limitations and the requirement to optimise below constraints as those in any nuclear facility. Both occupational and public exposures are expected from the transportation, handling, and disposal activities, and thus are planned exposures including potential exposures from deviations from the normal operations. The possibility also exists for incidents due to low-probability/high-consequence-initiating events, some of which may lead to an emergency situation. Operations would be expected to be optimised consistent with the Commission's 2007 Recommendations. The annual dose limit for workers of 20 mSv year⁻¹, averaged over a 5-year period, is applied with the requirement of optimising protection below dose constraints. The recommended dose constraint for the public is 0.3 mSv year⁻¹ for each source.</i>	Dosislimits
4.4 Protection in the operational phase (50) S. 40	<i>For a typical disposal facility, the safety assessment would suggest that significant releases are unlikely during the emplacement period and the period of time during which a competently sited, operated, and sealed disposal facility is being actively observed and monitored. Therefore, some exposures would be categorised as part of the potential exposure subset of planned exposures, due to accidents, and the rest would be categorised as normal exposures.</i>	Einschlussgedanke
4.5 Protection in the post-operational phase (54) S. 41	<i>The expected evolution of a geological disposal facility in the distant future should not require active involvement to mitigate the consequences, as this is counter to the principle of avoiding an undue burden on future generations. Therefore, the Commission continues to support its recommendations in Publication 103 (ICRP, 2007) that either a dose constraint of 0.3 mSv year⁻¹ (for the expected evolution scenario) or an annual risk constraint of 1×10⁻⁵ be used for potential exposures from the emplaced waste. [...]</i>	Dosis durch Freisetzungen in der Nachverschlussphase, Wartungsfreiheit des Endlagers
4.9. Technical and management principles	<i>A key technical principle for developing disposal systems and assessing their safety is the concept of defence in depth, which provides for successive passive safety measures, enhancing the confidence that the disposal system is robust and has an adequate margin of safety. The</i>	Passive Sicherheit, Multibarrierensystem

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 88

ICRP Publication 122: Radiological Protection in Geological Disposal of Long-lived Solid Radioactive Waste

Quellenan- gabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
and require- ments (90) S. 49 f.	<i>defence in depth concept as applied to disposal systems im- poses that safety is provided by means of the various components of the system contributing to fulfilling the main safety functions in different ways over different time scales. The performance of the various components contrib- uting to fulfilling the main safety functions has to be achieved by diverse physical and chemical processes, such that the overall performance of the system will not be unduly de- pendent on a single component or function. The main safety objective of the siting (selecting the natural barrier system and its environment) and designing (developing the manmade barrier system, taking due account of the site characteristics) of a disposal system is to ensure that post- closure safety will be provided by means of multiple safety functions, and that even if a component or safety feature does not perform fully as expected, a sufficient margin of safety will remain.</i>	

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 89
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				MAH	RZ	0001	00	

Anhang 1.2.6 WENRA Report Radioactive Waste Disposal Facilities Safety Reference Levels

Tabelle A. 17: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus "WENRA Report Radioactive Waste Disposal Facilities Safety Reference Levels" (WENRA 2014)

WENRA Report Radioactive Waste Disposal Facilities Safety Reference Levels		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
DI-22, S. 38	<i>The licensee shall design, construct, operate and decommission a disposal facility, ensure closure and, as appropriate, carry out post-closure surveillance so as to fulfil the objective of protecting people and the environment according to applicable radiological protection criteria, including the ALARA principle. A graded approach shall be adopted proportionate to the hazard presented by the waste.</i>	Aufgaben des Implementierers
DI-23, S. 39	<i>The licensee shall ensure that safety is provided by means of multiple safety functions, including use of multiple barriers and controls. The performance of these barriers shall be achieved by diverse physical and chemical means. The overall performance of the disposal system shall not be unduly dependent on any single safety function according to the defence in depth principle.</i>	Multibarrierensystem
DI-24, S. 39	<i>The licensee shall ensure that safety will be achieved entirely by passive means, after closure of the facility and after any subsequent period of active institutional control.</i>	Passive Sicherheit
DI-26, S. 40	<i>The licensee shall design, construct, operate, decommission and close the disposal facility in order to establish a disposal system which provides containment and isolation of the waste for a period of time suited to its radiological hazards.</i>	Einschlussgedanke
DI-27, S. 40	<i>The licensee shall ensure that the disposal system provides isolation and containment during normal evolution and shall establish to a high level of confidence that the disposal system can be relied on to provide isolation and containment over the timescales necessary.</i>	Einschlussgedanke
DI-28, S. 41	<i>The licensee shall ensure that any provisions to facilitate reversal of disposal operations, or retrieval of waste packages disposed of, have no unacceptable effects on post-closure safety.</i>	Rückholung, Auswirkungen Sicherheit nach Verschluss
DI-34, S. 43	<i>The licensee shall design the disposal facility to establish a disposal system which provides operational and post-closure safety. The licensee shall take into account the characteristics of the wastes to be disposed of (e.g.: radioactivity, heat and gas generation), the feasibility of the technical options and the characteristics of the selected site.</i>	Betriebs- und Langzeitsicherheit

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 90
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				MAH	RZ	0001	00	

WENRA Report Radioactive Waste Disposal Facilities Safety Reference Levels		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
DI-35, S. 43	<i>The licensee shall establish a design basis for the facility taking into account normal operational conditions, anticipated operational occurrences and possible accidents derived from a relevant set of postulated initiating events (PIEs).</i>	Beachtung von Normalbetrieb und Störfällen
DI-36, S. 43	<i>The licensee shall design the disposal facility giving due consideration to both normal evolution of the disposal system after closure and scenarios involving events and processes that might disturb the normal evolution of the disposal system.</i>	Sicherheit bei erwarteten und abweichenden Entwicklungen
DI-37, S. 44	<i>The licensee shall design the disposal facility giving due consideration to disturbances of the disposal system during operation whose consequences may affect post-closure safety.</i>	Betriebsstörungen
DI-38, S. 44	<i>The licensee shall design the disposal facility to fulfil the following safety functions during the operational and post-closure phases:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Control of the exposure of people and the environment; • Containment and isolation of radioactive material; • Control of sub-criticality, if applicable; If burnup credit is adopted for criticality management, the licensee shall confirm compliance with the limiting minimum burnup level with respect to initial enrichment by administrative and operational controls; • Heat or gas removal, if applicable. 	Sicherheitsfunktionen des Endlagers
DI-42, S. 45	<i>The licensee shall design the disposal facility so that the engineered components (including barriers) are, to an adequate extent, physically and chemically compatible with each other, with the waste disposed of and with the host environment.</i>	Verträglichkeit der Barrieren untereinander, mit den Abfällen und dem Wirtsgestein
DI-45, S. 46	<i>The licensee shall incorporate passive safety features for operational safety into the design of the disposal facility as far as reasonably practicable.</i>	Passive Sicherheit Betriebsphase
DI-46, S. 46	<i>The licensee shall design the equipment of the disposal facility to take account of radiation protection aspects, ease of maintenance and inspection, and minimization of the probability and consequences of anticipated operational occurrences and, as far as practicable, possible accidents during handling.</i>	Anforderungen an Einlagerungstechnik
DI-57, S. 50	<i>The licensee shall establish, substantiate, document and implement operational limits and conditions (OLCs) to operate the disposal facility safely, to maintain the waste in a safe state during operation and to ensure compliance with the requirements for post-closure safety.</i>	Betriebsgrenzen und -bedingungen

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 91
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				MAH	RZ	0001	00	

WENRA Report Radioactive Waste Disposal Facilities Safety Reference Levels		
Quellenan-gabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
DI-58, S. 51	<i>The licensee shall make adequate arrangements for commissioning and operation of the disposal facility including arrangements for receiving, handling and emplacement of waste before these activities are commenced.</i>	Vorkehrungen für Inbetriebnahme des Endlagers
DI-75, S. 57	<i>Prior the start of waste emplacement, the licensee shall specify waste acceptance criteria so as to ensure the conformity of individual waste consignments to the safety case and other aspects of the disposal arrangements. The waste acceptance criteria shall be consistent with the operational and post-closure safety case and shall be reported to the regulatory body, for approval if appropriate.</i>	Annahmekriterien Abfälle
DI-102, S. 69	<i>The licensee shall determine in the assessment whether adequate defence in depth has been provided, as appropriate, through a combination of several layers of protection (e.g. safety function provided by physical barriers, systems to protect the barriers, and administrative procedures) that would have to fail or to be bypassed before there could be any consequences for people or the environment.</i>	Bewertung der Sicherheit
DI-104, S. 70	<i>The licensee shall assess the possible evolution of the criticality hazard after closure in the light of long-term uncertainties.</i>	Kritikalitätssicherheit

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 92
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				MAH	RZ	0001	00	

Anhang 1.2.7 ADR Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road

Tabelle A. 18: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus "ADR Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road" (ADR 2020)

ADR Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
6.4.8.3, S. 365	<i>A package shall be so designed that, under the ambient condition specified in 6.4.8.5 and in the absence of insolation, the temperature of the accessible surfaces of a package shall not exceed 50 °C, unless the package is carried under exclusive use.</i>	Temperatur an der Oberfläche beim Transport
6.4.8.4, S. 365	<i>The maximum temperature of any surface readily accessible during carriage of a package under exclusive use shall not exceed 85 °C in the absence of insolation under the ambient conditions specified in 6.4.8.5. Account may be taken of barriers or screens intended to give protection to persons without the need for the barriers or screens being subject to any test.</i>	Temperatur an der Oberfläche beim Transport
6.4.8.8, S. 366	<i>A package shall be so designed that, if it were subjected to: (a) The tests specified in 6.4.15, it would restrict the loss of radioactive contents to not more than 10⁻⁶ A₂ per hour; and (b) The tests specified in 6.4.17.1, 6.4.17.2 (b), 6.4.17.3, and 6.4.17.4 and either the test in (i) 6.4.17.2 (c), when the package has a mass not greater than 500 kg, an overall density not greater 1000 kg/m³ based on the external dimensions, and radioactive contents greater than 1000 A₂ not as special form radioactive material, or (ii) 6.4.17.2 (a), for all other packages, it would meet the following requirements: - retain sufficient shielding to ensure that the dose rate at 1 m from the surface of the package would not exceed 10 mSv/h with the maximum radioactive contents which the package is designed to contain; and - restrict the accumulated loss of radioactive contents in a period of one week to not more than 10 A₂ for krypton-85 and not more than A₂ for all other radionuclides. [...]</i>	Anforderungen an Einschluss und Abschirmung
6.4.8.13, S. 366	<i>A package shall not have a maximum normal operating pressure in excess of a gauge pressure of 700 kPa.</i>	Maximaler Innendruck
6.4.17.1, S. 373	<i>The specimen shall be subjected to the cumulative effects of the tests specified in 6.4.17.2 and 6.4.17.3, in that order. Following these tests, either this specimen or a separate specimen shall be subjected to the effect(s) of the water immersion test(s) as specified in 6.4.17.4 and, if applicable, 6.4.18.</i>	Vorgesehene Behältertests

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 93

ADR Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road

Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
6.4.17.2, S. 373	<p>Mechanical test: The mechanical test consists of three different drop tests. [...]</p> <p>(a) For drop I, the specimen shall drop onto the target so as to suffer the maximum damage, and the height of the drop measured from the lowest point of the specimen to the upper surface of the target shall be 9 m. [...]</p> <p>(b) For drop II, the specimen shall drop onto a bar rigidly mounted perpendicularly on the target so as to suffer the maximum damage. The height of the drop measured from the intended point of impact of the specimen to the upper surface of the bar shall be 1 m. The bar shall be of solid mild steel of circular section, (15.0 cm ± 0.5 cm) in diameter and 20 cm long unless a longer bar would cause greater damage [...]</p> <p>(c) For drop III, the specimen shall be subjected to a dynamic crush test by positioning the specimen on the target so as to suffer maximum damage by the drop of a 500 kg mass from 9 m onto the specimen. The mass shall consist of a solid mild steel plate 1 m by 1 m and shall fall in a horizontal attitude. [...]</p>	Mechanische Falltests
6.4.17.3, S. 373 f.	<p>Thermal test: [...]</p> <p>(a) Exposure of the specimen for period of 30 minutes to a thermal environment which provides a heat flux at least equivalent to that of a hydrocarbon fuel/air fire in sufficiently quiescent ambient conditions to give a minimum average flame emissivity coefficient of 0.9 and an average temperature of at least 800°C, fully engulfing the specimen, (...)</p>	Thermischer Test
6.4.18, S. 374	<p>Enhanced water immersion test: The specimen shall be immersed under a head of water of at least 200 m for a period of not less than one hour. For demonstration purposes, an external gauge pressure of at least 2 MPa shall be considered to meet these conditions.</p>	Wasserdrucktest

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 94

ADR Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road

Quellenan- gabe	Wörtliches Zitat	Behandelte Aspekt
7.5.11 CV33 Note 3 (3.5), S. 570	<p><i>For consignments under exclusive use, the dose rate shall not exceed:</i></p> <p><i>(a) 10 mSv/h at any point on the external surface of any package or overpack, and may only exceed 2 mSv/h provided that:</i></p> <p><i>(i) the vehicle is equipped with an enclosure which, during routine conditions of carriage, prevents the access of unauthorized persons to the interior of the enclosure;</i></p> <p><i>(ii) provisions are made to secure the package or overpack so that its position within the vehicle enclosure remains fixed during routine conditions of carriage, and</i></p> <p><i>(iii) there is no loading or unloading during the shipment;</i></p> <p><i>(b) 2 mSv/h at any point on the outer surfaces of the vehicle, including the upper and lower surfaces, or, in the case of an open vehicle, at any point on the vertical planes projected from the outer edges of the vehicle, on the upper surface of the load, and on the lower external surface of the vehicle; and</i></p> <p><i>(c) 0.1 mSv/h at any point 2 m from the vertical planes represented by the outer lateral surfaces of the vehicle, or, if the load is carried in an open vehicle, at any point 2 m from the vertical planes projected from the outer edges of the vehicle.</i></p>	Grenzwerte für die Abschirmung

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 95

Anhang 2 Forschungsvorhaben und weitere Unterlagen zu Behälteranforderungen

In Anhang 2 werden zunächst die Inhalte weiterer Unterlagen zu Behälteranforderungen zusammengefasst (Anhang 2.1). Anschließend werden wesentliche Auszüge dieser Unterlagen tabellarisch aufgeführt (Anhang 2.2).

Anhang 2.1 Zusammenfassung von Forschungsvorhaben und weiteren Unterlagen zu Behälteranforderungen

Im Rahmen von ENTRIA wurden generischen Behälterkonzepte (ENCON) für verschiedene Wirtsgesteine erstellt. Die Erstellung der Behälterkonzepte ist im ENTRIA Arbeitsbericht 16 – „Das ENCON-Behälterkonzept – Generische Behältermodelle zur Einlagerung radioaktiver Reststoffe für den interdisziplinären Optionenvergleich“ veröffentlicht worden (Hassel et al. 2019). Die Anforderungen, nach denen das ENCON-Behälterkonzept konzipiert wurde, wurden vier Oberbegriffen zugeordnet:

- Strukturelle Anforderungen an den Behälter,
- Schutz vor ionisierender Strahlung und Überkritikalität,
- Verträglichkeit mit dem Lagersystem,
- Sonstige Anforderungen aus dem Betriebsablauf.

Der Oberbegriff „Strukturelle Anforderungen an den Behälter“ fasst alle Aspekte zusammen, die die Stabilität und Funktionsfähigkeit der Behälter beschreiben. Hierunter fallen Forderungen nach Handhabbarkeit der Behälter, nach Rückholbarkeit und Bergbarkeit, nach Dichtheit sowie nach dauerhaft mechanischer Struktur der Behälter, um eine unterkritische Anordnung zu gewährleisten. Dem Oberbegriff „Schutz vor ionisierender Strahlung und Überkritikalität“ sind Anforderungen zugeordnet, die sich aus dem radiologischen Gefahrenpotential der einzulagernden radioaktiven Abfälle ergeben. Hier sind Aspekte wie Abschirmung, Rückhaltung bzw. Einschluss der Radionuklide und Einhaltung einer unterkritischen Anordnung aufgeführt. Der Oberbegriff „Verträglichkeit mit dem Lagersystem“ umfasst alle Anforderungen, die durch die Wechselwirkung des Behälters mit seinem Umfeld beeinflusst werden. Dies sind zum Beispiel die notwendigen Temperaturobergrenzen oder Anforderungen an die Materialauswahl. Unter dem Oberbegriff „Sonstige Anforderungen aus dem Betriebsablauf“ werden alle Anforderungen zusammengefasst, die sich aus dem Betriebsablauf des Endlagers ergeben. Dies sind beispielsweise Anforderungen an die Handhabbarkeit und das Vorhandensein von Transport- und Handhabungssystemen oder Anforderungen an die Abschirmung ionisierender Strahlung im Sinne des Arbeitsschutzes.

Die Kommission Lagerung hochradioaktiver Abfälle hat in ihrem Abschlussbericht ebenfalls die Anforderungen an Endlagerbehälter beschrieben (K-Drs. 268, S. 365 ff.). Die Endlagerkommission priorisierte die Endlagerung in einem Bergwerk, wobei aufgrund von Unwägbarkeiten eine Rückholbarkeit und Bergbarkeit der Behälter erfüllt sein sollten. Zudem stellt der Behälter eine wesentliche technische Barriere dar und muss während des gesamten Prozesses der Endlagerung mehreren Anforderungsbereichen genügen. Bei der Einlagerung während des Endlagerbetriebs kommt dem

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 96

Behälter nach Aussage der Endlagerkommission die maßgebliche Schutzfunktion zu. Bei schon verschlossenem Einlagerungsbereich bzw. komplett verschlossenem Endlager muss die Schutzfunktion zumindest für einige Dekaden bzw. Jahrhunderte zur Sicherstellung von Rückholbarkeit oder Bergbarkeit erhalten bleiben. Ob danach weiterhin eine Barriere- oder Bergungsfunktion erforderlich ist, hängt vom Lagermedium, dem Endlagerkonzept sowie den chemischen, physikalischen und radiologischen Randbedingungen ab.

Gemäß dem Abschlussbericht der Endlagerkommission sind die Behälteranforderungen zudem vom Endlagerkonzept und dem Endlagerstandort abhängig und für diese zu spezifizieren. Unabhängig davon werden die grundsätzlichen Anforderungen an die Schutzfunktion des Endlagerbehälters von der Endlagerkommission mit den folgenden Schutzzielen beschrieben:

- Einschluss der radioaktiven Stoffe, langfristige Dichtheit der Behälter im Sinne von Vermeidung der Freisetzung von radioaktiven Aerosolen.
- Abschirmung, Reduzierung der von den Behältern ausgehenden radioaktiven Strahlung durch Absorption in der Behälterwand.
- Abfuhr der Zerfallswärme zur gleichmäßigen Verteilung der Wärme an die Umgebung.
- Einhaltung der Unterkritikalität der Kernbrennstoffe.

Für die Betriebsphase des Endlagers sind zusätzlich die folgenden Behälteranforderungen maßgeblich:

- Handhabbarkeit und Transportierbarkeit unter den Randbedingungen des Endlagers und auch bei Rückholung und ggf. Reparatur des Behälters.
- Mechanische Stabilität, Fixierung des Abfallinventars, Korrosionsbeständigkeit.
- Gegebenenfalls Beschränkungen der Abmessungen und Masse des Endlagerbehälters.
- Erfüllung der Anforderungen im Normalbetrieb und unter den Bedingungen von Ausleungsstörfällen.

Darüber hinaus wurden die folgenden Anforderungen an das Langzeitverhalten der Behälter im Endlager aufgestellt:

- Für Endlagerkonzepte mit Ausweisung eines ewG soll das ewG die Funktion des sicheren Einschlusses übernehmen. Hier soll der Einschluss nicht langfristig über den Behälter erfolgen. Für Endlagerkonzepte ohne Ausweisung eines ewG im Kristallingestein resultieren deutlich höhere Anforderungen an die Langzeitintegrität des Behälters, da hier der Einschluss auf technischen und geotechnischen Barrieren beruht.
- Es sind je nach Wirtsgestein unterschiedliche Anforderungen an die Wärmeabfuhr zu stellen.

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 97

- Abhängig von Wirtsgestein und Verfüllmaterial wirken unterschiedliche geochemische Milieus auf den Behälter ein. Die dadurch möglicherweise auftretenden Korrosionsvorgänge sind minimal zu halten und eine mögliche Gasproduktion ist für die Sicherheit des Endlagers zu bewerten.
- Die formulierten Schutzfunktionen und Anforderungen sind standortspezifisch einzuhalten.

Zusätzlich wurden von der Endlagerkommission Anforderungen der Rückholbarkeit und der Bergbarkeit genannt. Allgemein erfordern Rückholbarkeit und Bergbarkeit eine deutlich verlängerte Langzeitstabilität und Langzeitintegrität der Behälter. Zudem müssen die Handhabbarkeit und Transportierbarkeit für die Rückholbarkeit für bis zu 100 Jahre gegeben sein und für die Bergbarkeit für einen Zeitraum von bis zu 500 Jahren nach Endlagerverschluss. Des Weiteren muss der Behälter für die Rückholbarkeit für bis zu 100 Jahre den Einwirkungen durch radioaktive Strahlung, Gebirgsdruck, Temperaturverhältnissen, Korrosion und den Handhabungsvorgängen standhalten. Daraus resultieren erhöhte Forderungen an die mechanische Stabilität und die Korrosionsbeständigkeit. Darüber hinaus muss der Behälter für die Bergbarkeit 500 Jahre lang den Einwirkungen durch radioaktive Strahlung, die aus der Zerfallswärme des Inventars resultiert, und dem Gebirgsdruck standhalten. Dabei müssen nach Einschätzung der Endlagerkommission die Anforderungen an Einschluss, Behälterintegrität und Unterkritikalität weiter erfüllt werden. Freisetzung von Aerosolen bei der Bergung ist zu vermeiden und Korrosionsschäden sind zu begrenzen. Zudem steigt durch die Verlängerung des Betrachtungszeitraums die erforderliche Sicherheitsmarge. Zu den Anforderungen an die Behälterstabilität kommen insbesondere Anforderungen an das Behälterverschlussystem und seine Dichtwirkung (welche Dichtheit des Behälters und seiner Komponenten ausreichend ist, ist zu definieren). Insgesamt sind die Anforderungen zur Rückholbarkeit und Bergbarkeit nachzuweisen. Dies stellt nach Ansicht der Endlagerkommission durch die schwierige Prognose für lange Zeiträume einer Herausforderung dar.

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 98
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				MAH	RZ	0001	00	

Anhang 2.2 Tabellarische Übersicht von Auszügen aus Forschungsvorhaben und weiteren Unterlagen mit Bezug zu grundlegenden Anforderungen an einen Endlagerbehälter

Anhang 2.2.1 Das ENCON-Behälterkonzept – Generische Behältermodelle zur Einlagerung radioaktiver Reststoffe für den interdisziplinären Optionenvergleich (Forschungsplattform ENTRIA)

Tabelle A. 19: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus „Das ENCON-Behälterkonzept – Generische Behältermodelle zur Einlagerung radioaktiver Reststoffe für den interdisziplinären Optionenvergleich (Forschungsplattform ENTRIA)“ (Hassel et al. 2019)

Das ENCON-Behälterkonzept – Generische Behältermodelle zur Einlagerung radioaktiver Reststoffe für den interdisziplinären Optionenvergleich (Forschungsplattform ENTRIA)		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
Kapitel: „Wie wurden die generischen ENCON-Konzepte erarbeitet?“ S. 24 f.	<i>Der Oberbegriff „Strukturelle Anforderungen an den Behälter“ fasst alle Aspekte zusammen, welche die Stabilität und Funktionsfähigkeit der Behälter beschreiben. Hierunter fallen auch Anforderungen und Kriterien, wie beispielsweise die Forderung nach der Handhabbarkeit der Behälter, die in Abhängigkeit vom Lagerkonzept und betrachtetem Wirtsgestein mit der verstrichenen Lagerzeit an Bedeutung verlieren können. Die Wirksamkeit der umgebenden geotechnischen sowie geologischen Barrieren stellt sich erst mit der Zeit in vollem Umfang ein. Gleichzeitig nehmen der technische Aufwand einer Rückholung und das Risiko einer potentiellen Freisetzung von Radionukliden im Rahmen der hierfür erforderlichen Arbeiten mit der Zeit zu, so dass die Realisierbarkeit einer Rückholung der Behälter mit der Zeit unwahrscheinlicher wird [...]. Da diese Barrieren langfristig zumindest einen Teil der Schutzfunktion der Behälter übernehmen, unterliegen auch die strukturellen Anforderungen an die Lagerbehälter einem zeitlichen Wandel. Für den Zeitraum der geplanten Rückholbarkeit muss ein Austritt von Radionukliden aus dem Behälter verhindert werden. Diese Anforderung verliert zu einem späteren Zeitpunkt, nach dem Ablauf der Phase Bergbarkeit, an Bedeutung. Die mechanische Struktur der Behälter muss allerdings dauerhaft gewährleistet sein, da diese als eine Grundbedingung für den Nachweis der dauerhaft unterkritischen Anordnung der Abfälle erforderlich ist.</i>	Strukturelle Anforderungen an den Behälter
Kapitel: „Wie wurden die generischen ENCON-Konzepte erarbeitet?“ S. 24	<i>Dem Oberbegriff „Schutz vor ionisierender Strahlung und Überkritikalität“ sind Kriterien und Anforderungen zugeordnet, die sich aus dem radiologischen Gefahrenpotential der einzulagernden Reststoffe ergeben. Der Schutz vor ionisierender Strahlung muss während der Betriebsphase sowie im Falle einer Rückholung ausschließlich von den Abfallgebinden, das heißt dem Lagerbehälter und eventuell</i>	Schutz vor ionisierender Strahlung und Überkritikalität

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 99

Das ENCON-Behälterkonzept – Generische Behältermodelle zur Einlagerung radioaktiver Reststoffe für den interdisziplinären Optionenvergleich (Forschungsplattform ENTRIA)

Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
	<i>einer zusätzlichen Transportabschirmung, gewährleistet werden. Nach der Überführung des Tiefenlagers in ein Endlager leisten die Geologie des Lagers sowie die geotechnischen Barrieren den wesentlichen Beitrag zur Abschirmung und Rückhaltung der Radionuklide. Die Einhaltung einer unterkritischen Anordnung muss, auch unter Endlagerbedingungen, durch den Behälter dauerhaft gewährleistet werden.</i>	
Kapitel: „Wie wurden die generischen ENCON-Konzepte erarbeitet?“ S. 26	<i>Im Gegensatz hierzu fallen unter den Oberbegriff „Verträglichkeit mit dem Lagersystem“ Kriterien und Anforderungen, die von der Wechselwirkung der Behälter mit seinem Umfeld beeinflusst werden oder diese Wechselwirkungen selbst beeinflussen. Zusätzlich umfasst dieser Punkt Anforderungen, die einen direkten Einfluss auf die Behälter- sowie Lagerauslegung haben und somit elementare Auslegungsgrößen für die Planungen darstellen. Als Beispiel sei an dieser Stelle die Forderung nach der Einhaltung wirtsgesteinspezifischer Temperaturobergrenzen genannt, die einen erheblichen Einfluss auf die Behälterkapazität besitzt, aber auch in großem Maße von der Gestaltung des umgebenden Lagers abhängig sind. Auch Aspekte der Materialauswahl, welche bei der Tiefenlagerung im großen Maße vom umgebenden Wirtsgestein abhängig sind, beeinflussen die Verträglichkeit der Behälter mit dem Lagersystem.</i>	Verträglichkeit mit dem Lagersystem
Kapitel: „Wie wurden die generischen ENCON-Konzepte erarbeitet?“ S. 26 f.	<i>Weitere Anforderungen ergeben sich daraus, dass beim Betrieb des Lagers ein sicherer und strukturierter Betriebsablauf gewährleistet werden muss. Diese lassen sich nicht den drei vorangegangenen Oberbegriffen zuordnen und werden daher unter dem Oberbegriff „Sonstige Anforderungen aus dem Betriebsablauf“ zusammengefasst. Hierzu gehören Kriterien wie die Identifizierbarkeit und Dokumentation der Behälter und des Inventars. Unter diesem Oberbegriff werden aber auch die Schnittstellen des Behälters mit den weiteren technischen Komponenten des Lagersystems, wie beispielsweise den Transport- und Handhabungssystemen, definiert. Zusätzliche Kriterien für diesen Oberbegriff ergeben sich indirekt aus den beiden zuvor genannten Punkten. So folgt beispielsweise aus der behälterseitigen Umsetzung von Maßnahmen zum Schutz vor ionisierender Strahlung, sei es durch selbstabschirmende Behälter oder durch den Einsatz von Transportabschirmungen in Verbindung mit nicht selbstabschirmenden Behältern, ein direkter Einfluss auf die Arbeitsabläufe und die Handhabungstechnik.</i>	Sonstige Anforderungen aus dem Betriebsablauf

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev	Blatt: 100
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN	
SG	0330				MAH	RZ	0001	00	

Anhang 2.2.2 Abschlussbericht der Endlagerkommission

Tabelle A. 20: Tabellarische Übersicht von Auszügen aus dem Abschlussbericht der Endlagerkommission (K-Drs. 268)

Abschlussbericht der Endlagerkommission		
Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
Kapitel 6.8.1, S. 366	<p>Unabhängig vom Standort lassen sich aber die grundsätzlichen Anforderungen an die Schutzfunktionen eines Abfallbehälters herleiten, mit denen während der verschiedenen Stadien der Endlagerung die Einhaltung der Schutzziele "Einschluss der radioaktiven Stoffe", "Vermeidung unnötiger Strahlenexpositionen", "Begrenzung und Kontrolle der und "Einhaltung der Unterkritikalität" sichergestellt werden kann:</p> <p>Die Anforderung „Einschluss der radioaktiven Stoffe“ muss die langfristige Dichtheit des Behälters im Sinne der Freisetzung radioaktiver Aerosole gewährleisten sowie einen direkten Kontakt der Abfälle mit ihrer Umgebung sicher verhindern. Durch die Abschirmungsfunktion des Behälters wird die von den radioaktiven Abfällen ausgehende Strahlung zu einem großen Teil in der Behälterwand absorbiert und damit auf das erforderliche Maß reduziert. Das Wärmeabfuhrvermögen des Behälters sorgt dafür, dass die Zerfallswärme in ausreichendem Maß und möglichst gleichmäßig verteilt an die Umgebung abgeführt wird. Die Einhaltung der Unterkritikalität steht dafür, dass durch Konstruktion und Beladung des Behälters die enthaltenen Kernbrennstoffe sicher im unterkritischen Zustand gehalten werden.</p>	Schutzziele
Kapitel 6.8.2, S. 366	<p>Bei der Einlagerung wird der Endlagerbehälter, gegebenenfalls in zusätzlichen Transportbehältern, durch das Betriebspersonal in das Endlagerbergwerk und untertage bis zum Einlagerungsort transportiert. Die Behälterhandhabung untertage umfasst das Be- und Entladen auf/von Transportfahrzeugen sowie das Platzieren am endgültigen Einlagerungsstandort, was beispielsweise Kipp-, Dreh- und Aufrichtvorgänge beinhaltet. Nach der Einlagerung eines oder mehrerer Behälter wird der jeweilige Einlagerungsstandort verfüllt.</p> <p>Aus diesen betrieblichen Vorgängen folgen Anforderungen an die Handhabbarkeit und Transportierbarkeit unter den Randbedingungen des Endlagers, die auch die gegebenenfalls erforderliche Rückholung und Reparatur umfassen. Eine grundsätzlich wichtige Anforderung ist die Minimierung der Strahlenexposition des Betriebspersonals. Weitere Anforderungen ergeben sich aus dem Wirtsgestein. So beeinflusst die Hohlraumstabilität eines Wirtsgesteins die spätere Ausgestaltung des Einlagerungsbergwerks und der möglichen</p>	<p>Betriebsphase</p> <p>Anforderungen in der Betriebsphase</p>

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 101

Abschlussbericht der Endlagerkommission

Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
	<p><i>Handhabungstechniken untertage. Diese beschränken gegebenenfalls Behälterabmessungen und Masse des Behälters und sind bei der Auslegung zu berücksichtigen. Bezogen auf die Bauteile eines Endlagerbehälters sind Anforderungen insbesondere an den Behälterkörper ausreichende Stabilität, Korrosionsbeständigkeit, Abschirmwirkung und Wärmeabfuhr. Erfüllt werden diese Anforderungen durch geeignete Materialwahl, Wanddicke und Geometrie des Behälterkörpers. Die Anforderungen an das Verschlussystem resultieren vor allen Dingen aus dem sicheren Einschluss der radioaktiven Stoffe in jeder Handhabungsphase sowie im Störfall. Behältereinbauten müssen Anforderungen an die Stabilität erfüllen und das Abfallinventar fixieren. Die Anforderungen betreffen aber auch die Wärmeabfuhr und die Unterkritikalität. Geometrischer Aufbau und Materialwahl müssen dies gewährleisten. Diese grundsätzlichen Anforderungen gelten sowohl im Normalbetrieb als auch unter auslegungsrelevanten Störfällen wie beispielsweise Brand, Behälterabsturz, unerwarteten Druck- oder Temperaturbedingungen oder Kollision.</i></p>	
Kapitel 6.8.3, S. 366 f.	<p><i>Für jeden Behälter beginnt nach seiner Einlagerung und der Verfüllung des Einlagerungshohlraums das Stadium der eigentlichen Endlagerung. Spezifische Anforderungen an das Langzeitverhalten der Behälter resultieren dabei insbesondere aus dem Wirtsgestein und seinen Eigenschaften sowie dem Endlagerkonzept. Ganz wesentlich ist dabei die Anforderung, wie lange die Barrierefunktion der Behälter im Endlagersystem erhalten bleiben muss. [...] Je nach Wirtsgesteinstyp und Endlagerkonzept sind unterschiedliche Anforderungen hinsichtlich des Wärmeabfuhrvermögens zu berücksichtigen. [...] Abhängig von Wirtsgestein und Verfüllmaterial wirken unterschiedliche geochemische Milieus auf die Behälteroberfläche und infolge dessen tritt Korrosion auf. Um Korrosionsvorgänge minimal zu halten, muss gegebenenfalls wirtsgesteinsspezifisch auf unterschiedliche Materialien oder Oberflächenbeschichtungen zurückgegriffen werden. Eine Folge von Korrosion ist Gasbildung, die im Hinblick auf die Sicherheit des Endlagers zu bewerten ist. Die genannten Schutzfunktionen und daraus abgeleiteten Anforderungen sind an jedem Endlagerstandort einzuhalten, wobei jedes Wirtsgestein andere quantitative Anforderungen stellt. In angepasster Form gelten sie bereits für die vorgeschaltete Zwischenlagerphase. Die konkrete Behälterauslegung ist aber standortspezifisch insbesondere in Abhängigkeit vom Wirtsgestein und dem Endlagerkonzept vorzunehmen.</i></p>	Anforderungen an das Langzeitverhalten

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 102

Abschlussbericht der Endlagerkommission

Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
Kapitel 6.8.4, S. 367 f.	<p>Rückholbarkeit während des Endlagerbetriebs (bis zu dessen Verschluss) und Bergbarkeit aus dem verschlossenen Endlager erfordern eine deutlich verlängerte Langzeitstabilität und damit Handhabbarkeit und Transportierbarkeit der Behälter gegenüber einer Endlagerung ohne diese Anforderungen. Die Behälterfunktionen müssen über den hierfür geforderten Zeitraum ganz oder teilweise erhalten bleiben. [...] Rückholbarkeit und Bergbarkeit des Abfallbehälters sind jeweils nachzuweisen. Dies stellt aufgrund der Zeiträume, die zu prognostizieren sind, eine Herausforderung dar. Aus den unterschiedlichen Wirtsgesteinen werden zudem unterschiedliche Anforderungen resultieren, so dass gegebenenfalls für jedes Wirtsgestein ein eigenes Behälterkonzept erforderlich sein kann. Die Kommission empfiehlt, hierfür ausreichend Zeit einzuplanen.</p>	Rückholbarkeit und Bergbarkeit
	<p>Die Sicherheitsanforderungen des Bundesumweltministeriums aus dem Jahr 2010 fordern, dass die Behälter in der Betriebsphase des Endlagers bis zum Verschluss der Schächte oder Rampen rückholbar sind. Hierbei handelt es sich um Zeiträume von voraussichtlich bis zu etwa 100 Jahren. Im Falle einer Rückholung kann angenommen werden, dass auf die Technologie der Einlagerung zurückgegriffen werden kann. Diese ist am Einlagerungsstandort verfügbar. Im Hinblick auf den Erhalt seiner Schutzfunktionen bedeutet dies, dass der Behälter den Belastungen durch radioaktive Strahlung, Gebirgsdruck, Temperaturverhältnisse im und am Behälter, Korrosion und den abgelaufenen Handhabungsvorgängen über 100 Jahre standhalten muss. Die standortspezifischen Beanspruchungen sind vom Wirtsgestein und dem Endlagerkonzept abhängig und müssen möglichst genau prognostiziert werden. Daraus resultieren Randbedingungen, die die mechanische Stabilität des Behälters und seine Korrosionsbeständigkeit betreffen. Abhängig vom Wirtsgestein und den zu erwartenden Endlagerbedingungen sind das geeignete Behältermaterial und das Behälterdesign festzulegen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Anforderungen einer größeren Stabilität (Wanddicke) der Behälter nachteilig in Bezug auf andere Anforderungen des Lagersystems (Gasbildung durch Stahlkorrosion) sein können. Die Machbarkeit der Rückholung muss durch ein Rückholkonzept untersetzt und mit einem Sicherheitsnachweis belegt werden. Das Rückholkonzept muss eventuell auch Ertüchtigungsmaßnahmen oder Reparaturkonzepte für die Behälter vorsehen.</p>	Rückholbarkeit

Grundlegende Anforderungen an Endlagerbehälter für hochradioaktive Abfälle



Projekt	PSP-Element	Funktion/Thema	Komponente	Baugruppe	Aufgabe	UA	Lfd.-Nr.	Rev
NAAN	NNNNNNNNNN	NNAAANN	AANNNA	AANN	AAAA	AA	NNNN	NN
SG	0330				MAH	RZ	0001	00

Blatt: 103

Abschlussbericht der Endlagerkommission

Quellenangabe	Wörtliches Zitat	Behandelter Aspekt
	<p><i>Eine Bergung der Abfallbehälter wird bislang [...] grundsätzlich als Notfalloption betrachtet. Bei einer Bergung ist davon auszugehen, dass die Einlagerungstechnologie nicht mehr vorhanden ist. Daher muss das Know-how, das Konzept der Bergungstechnik und das Wissen über die Abfälle verfügbar gehalten werden. [...] Um eine Bergung zu ermöglichen, müssen die wesentlichen Schutzfunktionen des Behälters für den Zeitraum der Bergbarkeit nach derzeitigem Stand der Sicherheitsanforderungen des Bundesumweltministeriums 500 Jahre erhalten bleiben. Das sind der Einschluss des radioaktiven Inventars, die Aufrechterhaltung der Behälterintegrität und die Sicherstellung der Unterkritikalität. Der Behälter muss so ausgelegt sein, dass die Auswirkungen von Korrosionsschäden unter erwartbaren Bedingungen möglichst gering bleiben. Als weitere Anforderung ist Vermeidung von Freisetzungen radioaktiver Aerosole in den Sicherheitsanforderungen des Bundesumweltministeriums genannt [...]. Mit der Verlängerung des Betrachtungszeitraums im Hinblick auf die Bergbarkeit geht ein Mehr an erforderlichen Sicherheitsmargen einher. Zu den Anforderungen an die Behälterstabilität kommen insbesondere Anforderungen an das Behälterverschlussystem und seine Dichtwirkung. Es ist zu definieren, welche Dichtheit des Behälters und seiner Komponenten für die Bergbarkeit ausreichend ist.</i></p>	Bergbarkeit
Kapitel 6.8.6, S. 370	<p>Voraussetzung für jede Behälterentwicklung oder -anpassung ist das Vorliegen möglichst konkreter Anforderungen auf Basis der aktuellen Sicherheitsanforderungen und der zu ihrer Einhaltung notwendigen Auslegung, die wiederum aus den vorgesehenen Endlagerkonzepten resultieren.</p>	Voraussetzung für die Behälterentwicklung

Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH
Eschenstraße 55
31224 Peine
T +49 05171 43-0
poststelle@bge.de
www.bge.de