



## **EMPFEHLUNG der Entsorgungskommission**

### **Leitlinie zum sicheren Betrieb eines Endlagers für insbesondere Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle**

#### **INHALTSVERZEICHNIS**

<b>1</b>	<b>Allgemeines .....</b>	<b>2</b>
1.1	Vorbemerkung .....	2
1.2	Anwendungsbereich.....	2
1.3	Schutzziele .....	3
<b>2</b>	<b>Betrieb des Endlagers .....</b>	<b>5</b>
2.1	Grundsätze für den Betrieb .....	5
2.2	Anforderungen an die Anlagen über Tage .....	9
2.3	Anforderungen an den Zugang nach unter Tage .....	10
2.4	Anforderungen an die Anlagen unter Tage .....	10
<b>3</b>	<b>Brandschutz und Brandschutzeinrichtungen.....</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>Strahlenschutzanforderungen .....</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>Unterlagenverzeichnis .....</b>	<b>15</b>

## **1 Allgemeines**

### **1.1 Vorbemerkung**

Im Hinblick auf die zukünftige Endlagerung von Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU; heute: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit - BMUB) die „Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle“ mit Stand 30. September 2010 auf seiner Internetseite veröffentlicht [1]. Diese Anforderungen legen fest, welches Sicherheitsniveau zur Erfüllung der atomrechtlichen Anforderungen durch ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle in tiefen geologischen Formationen einzuhalten ist. Die Sicherheitsanforderungen können durch Leitlinien konkretisiert werden. Hierzu zählt die vorliegende Leitlinie zum sicheren Betrieb eines Endlagers für insbesondere Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle („Leitlinie Betrieb“).

Für die Endlagerung von insbesondere Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen soll ein Standort für die Errichtung und den Betrieb eines Endlagers im Rahmen eines neuen gesetzlich festgelegten Verfahrens gesucht und ausgewählt werden [2]. Im Standortauswahlgesetz werden als mögliche Wirtsgesteine Steinsalz, Ton- oder Kristallingestein genannt. Die Bundesregierung plant, das Endlager um das Jahr 2050 in Betrieb zu nehmen [3].

Vor diesem Hintergrund behandelt die „Leitlinie Betrieb“ zum gegenwärtigen Zeitpunkt nur generische Aspekte und Sachverhalte, die für den sicheren Betrieb eines solchen Endlagers von Bedeutung sind. Die Leitlinie sollte in einem gestuften Verfahren, in Abhängigkeit von den Ergebnissen und Fortschritten bei der Standortsuche und -auswahl sowie den technischen Planungen zu Auslegung und Betrieb des Endlagers, kontinuierlich weiterentwickelt werden. Dabei erscheint eine regelmäßige Überprüfung und Fortschreibung der Leitlinie im Abstand von ca. fünf Jahren als zweckmäßig.

Anlagen zur Konditionierung und Produktkontrolle können sich am Standort des Endlagers befinden. Mögliche Wechselwirkungen mit diesen Anlagen müssen separat betrachtet werden.

### **1.2 Anwendungsbereich**

Die „Leitlinie Betrieb“ gilt für den sicheren Betrieb eines Endlagers für insbesondere Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle. Bei den in Betracht gezogenen radioaktiven Abfällen handelt es sich insbesondere um bestrahlte Brennelemente, Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung von bestrahlten Brennelementen und um radioaktive Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung, die gegebenenfalls nicht in das Endlager Konrad eingelagert werden können [3]. Das sind radioaktive Abfälle, die aufgrund ihres Radionuklidinventars und/oder ihrer chemischen Zusammensetzung oder dem Zeitpunkt ihres Anfalls nicht für eine Einlagerung in das Endlager Konrad geeignet sind.

Darüber hinaus sollen auch die radioaktiven Abfälle, die aus der Schachtanlage Asse II zurückgeholt werden sollen, bei der Standortsuche nach diesem Endlager berücksichtigt werden. Gleiches gilt für das angefallene und anfallende abgereicherte Uran aus der Urananreicherung, sollte eine weitere Verwertung nicht erfolgen. Erst wenn die Kriterien für die Einlagerung in das Endlager nach Standortauswahlgesetz festgelegt sind und

ausreichende Informationen zur Menge, zur Beschaffenheit und zum Zeitpunkt des Anfalls der aus der Schachanlage Asse II zurückzuholenden radioaktiven Abfälle vorliegen, kann eine abschließende Entscheidung über den Endlagerstandort für diese Abfälle – unter Einbeziehung aller technischen, ökonomischen und politischen Aspekte – getroffen werden [3].

Der Betrieb eines Endlagers bezieht sich auf alle Abläufe vom Zeitpunkt der ersten Anlieferung von radioaktiven Abfällen/Abfallgebinden an das Endlager bis zu dessen endgültigem Verschluss und dem Rückbau der übertägigen Anlagen. Dies schließt eine mögliche Rückholung der Abfälle als geplante technische Möglichkeit während der Betriebsphase mit ein [1]. Vorgelagerte Arbeiten wie die Planung, Errichtung und Inbetriebnahme des Endlagers, Sicherheitsaspekte, der Nachweis der Langzeitsicherheit und der Schutz des oberflächennahen Grundwassers sowie die mögliche Bergung der Abfälle als Notfallmaßnahme bis zu 500 Jahre nach dem Verschluss des Endlagers sind nicht Bestandteil der „Leitlinie Betrieb“.

Der sichere Betrieb des Endlagers umfasst zwei Anforderungsbereiche:

- Der erste Bereich umfasst die Gewährleistung der betrieblichen Sicherheit. Hierfür sind Abläufe zu definieren und Vorkehrungen zu treffen, die den Schutz des Betriebspersonals wie auch der technischen Einrichtungen im Sinne des Arbeits- und Strahlenschutzes sicherstellen.
- Der zweite Bereich umfasst die sichere Handhabung und Einlagerung der Abfallgebinde. Während der gesamten Betriebszeit bis zum sicheren Verschluss des Endlagers muss sichergestellt sein, dass Radionuklide nicht in unzulässigem Umfang in das Grubengebäude und über die Abwetter in die Umgebung der Anlage gelangen. Vor dem Hintergrund der während der gesamten Betriebszeit offenen Zugänge nach über Tage muss dieser Anforderung auch zum Schutz der Bevölkerung und der Umwelt besondere Beachtung geschenkt werden.

Im Rahmen der Planungen eines Endlagers für insbesondere Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle sind diese beiden Anforderungsbereiche zu konkretisieren. Als ein erster Schritt werden dazu in der vorliegenden „Leitlinie Betrieb“ die sicherheitstechnischen Randbedingungen und damit die planerischen Erfordernisse und Voraussetzungen im allgemeingültigen Sinne aufgezeigt, die erfüllt werden müssen, um den Schutz des Betriebspersonals, der Bevölkerung und der Umgebung der Anlage zu gewährleisten. Die grundlegenden Anforderungen an den sicheren Betrieb des Endlagers legen damit Vorgaben für die Entwicklung zukünftiger technischer Konzepte fest.

### **1.3 Schutzziele**

Die radiologischen Schutzziele, denen die technische Auslegung und der Betrieb des Endlagers für insbesondere Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle entsprechen müssen, bestehen darin,

- jede unnötige Strahlenexposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt zu vermeiden (§ 6 Abs. 1 der Strahlenschutzverordnung - StrlSchV [4]) und

- jede Strahlenexposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt unter Beachtung des Standes von Wissenschaft und Technik und unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalls auch unterhalb der festgesetzten Grenzwerte so gering wie möglich zu halten (§ 6 Abs. 2 StrlSchV).

Bei der Planung baulicher oder sonstiger technischer Schutzmaßnahmen gegen auslegungsbestimmende Störfälle sind die Anforderungen des § 49 StrlSchV zugrunde zu legen.

Hieraus abgeleitet gelten für die Abfallgebinde, das Endlager mit den technischen Einrichtungen in den über- und untertägigen Anlagen und die Betriebsphase des Endlagers folgende grundlegende Schutzziele:

- sicherer Einschluss der radioaktiven Stoffe,
- sichere Abfuhr der Zerfallswärme,
- sichere Einhaltung der Unterkritikalität und
- Vermeidung unnötiger Strahlenexposition, Begrenzung und Kontrolle der Strahlenexposition des Betriebspersonals und der Bevölkerung.

Hieraus lassen sich für den Betrieb folgende Anforderungen ableiten:

- Abschirmung der ionisierenden Strahlung in den über- und untertägigen Anlagen,
- betriebs- und instandhaltungsgerechte Auslegung und Ausführung der Einrichtungen,
- sicherheitsgerichtete Organisation und Durchführung des Betriebs,
- sichere Handhabung und sicherer Transport der Abfallgebinde,
- Auslegung gegen Störfälle,
- Maßnahmen zur Begrenzung der Schadensauswirkungen von auslegungsüberschreitenden Ereignissen,
- Handhabbarkeit der Abfallgebinde nach den Maßgaben des Konzepts zur Rückholung während der Betriebsphase.

Zusätzlich zu den oben genannten Schutzzielen müssen die technische Auslegung und der Betrieb des Endlagers für insbesondere Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle den Schutzzielen des Bergbaus und den Anforderungen an den sicheren Betrieb eines Bergwerks entsprechen. Danach sind gemäß Bundesberggesetz - BBergG [5]

- die Sicherheit des Endlagers und des Personals zu gewährleisten und
- die Vorsorge gegen Gefahren, die sich aus bergbaulicher Tätigkeit für Leben, Gesundheit und Sachgüter Dritter ergeben, zu verstärken und der Ausgleich unvermeidbarer Schäden zu verbessern

sowie die daraus abgeleiteten Anforderungen gemäß der Allgemeinen Bundesbergverordnung - ABergV [6] zu erfüllen:

- Arbeitsstätten sind so zu planen, zu errichten, auszustatten, in Betrieb zu nehmen, zu betreiben und zu unterhalten, dass das Personal die ihm übertragenen Arbeiten ausführen kann, ohne die eigene Sicherheit und Gesundheit oder die von anderen zu gefährden,
- Arbeitsstätten, die mit Beschäftigten belegt sind, müssen der Beaufsichtigung durch eine verantwortliche Person unterliegen, und
- Arbeiten, die mit einem besonderen Risiko verbundenen sind, dürfen nur fachkundigem Personal übertragen und entsprechend den hierfür geltenden Anweisungen ausgeführt werden.

Der Nachweis, dass die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden durch den Betrieb des Endlagers getroffen wurde, ist durch anlagenspezifische Sicherheitsanalysen zu erbringen; die Ergebnisse dieser Analysen sind im Rahmen der Auslegung des Endlagers zu berücksichtigen. Bei der Nachweisführung ist auf eine ausreichende Robustheit zu achten. Für die Betriebsphase sind darüber hinaus für die vier Sicherheitsebenen Normalbetrieb, anomaler Betrieb, Auslegungsstörfälle und auslegungsüberschreitende Störfälle/Ereignisse gestaffelte Maßnahmen zu planen [1]. Im Sicherheitskonzept ist darzulegen und zu begründen, welche Betriebsstörungen und Störfälle beim Betrieb des Endlagers auftreten können. Hierfür sind die für die Betriebsphase des Endlagers zu führenden anlagenspezifischen deterministischen und probabilistischen Sicherheitsanalysen heranzuziehen. Die Durchführung einer probabilistischen Sicherheitsanalyse und die dafür erforderliche Erweiterung der probabilistischen Datenbasis sind begleitend zur Entwicklung und Ausgestaltung des Endlagerkonzepts vorzunehmen [7]. Dadurch können in einem iterativen Prozess einerseits die Konzeption und die Ausgewogenheit der sicherheitstechnischen Auslegung eines Endlagers bereits in der Planungsphase optimiert und andererseits die Datenbasis kontinuierlich verbessert und erweitert werden.

Zusätzliche Anforderungen bestehen im Hinblick auf die Haftung bei Schäden, auf den Schutz gegen Störmaßnahmen oder sonstige Einwirkungen Dritter sowie die Kontrolle spaltbaren Materials aufgrund internationaler Vereinbarungen (Safeguards).

## **2 Betrieb des Endlagers**

### **2.1 Grundsätze für den Betrieb**

Der Betrieb des Endlagers hat so zu erfolgen, dass die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden getroffen ist. Alle im laufenden Betrieb vorgesehenen Veränderungen sind auch hinsichtlich ihrer möglichen Auswirkungen auf die Langzeitsicherheit zu überprüfen. Negative Auswirkungen sind zu minimieren, wobei die Anforderungen an die Langzeitsicherheit gewährleistet sein müssen. Die einschlägigen Regelwerke wie BBergG [5] und Atomgesetz - AtG [8] sowie die nachrangigen Verordnungen sind einzuhalten. Dies schließt auch die Lagerung und den Umgang mit Gefahrstoffen (zum Beispiel Sprengstoff) ein.

Die Sicherheits- und Gesundheitsschutzdokumente für den Arbeitsschutz sind entsprechend den Vorgaben des gesetzlichen und untergesetzlichen Regelwerks zu erarbeiten. Darüber hinaus sind Sicherheitsanweisungen für alle Beschäftigungsgruppen in geeigneter und verständlicher Weise vorzugeben, angemessene Einrichtungen

zur Leistung von Erster Hilfe vorzuhalten und erforderliche Sicherheitsübungen in regelmäßigen Zeitabständen durchzuführen.

Zum Betrieb zählen auch die Wartung und Instandhaltung der Systeme, Komponenten und Bauteile sowie Einrichtungen zur Erkennung und Beherrschung von Störungen und Störfällen einschließlich der Beseitigung ihrer Folgen. Für den Betrieb des Endlagers sind insbesondere folgende Betriebsvorgänge zu planen und zu betrachten:

- Über Tage
  - Anlieferung der Abfallgebinde,
  - Annahme und Handhabung der Abfallgebinde im Empfangsbereich,
  - Eingangskontrolle,
  - Vorbereitung für den Transport nach unter Tage und
  - Handhabung von zurückgeholten Abfällen/Abfallgebinden.

Darüber hinaus sind Vorkehrungen (Räumlichkeiten, technische Maßnahmen) für die Behandlung von Abfallgebinden in dem Fall zu treffen, die den Endlagerungsbedingungen nicht entsprechen.

- Unter Tage
  - Auffahren von Einlagerungsbereichen und gegebenenfalls weiteren Strecken,
  - Transport nach unter Tage (Rampe oder Schacht),
  - untertägiger Transport,
  - Einlagerung der Abfallgebinde,
  - Verfüllen, Versetzen und Verschließen der Einlagerungsbereiche,
  - Verschließen des Endlagers und
  - vorsorglich die Rückholung der Abfälle/Abfallgebinde als Notfallmaßnahme.

Zur sicheren Durchführung dieser Betriebsvorgänge ist der gesamte Betrieb geeignet zu strukturieren und zu organisieren. Dabei sind folgende Anforderungen einzuhalten:

- alle Betriebsvorgänge sind klar darzulegen,
- Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Betriebsvorgängen sind zu berücksichtigen,
- die weitgehend automatisierte Einlagerung von Abfallgebinden ist anzustreben,
- die Position der Abfallgebinde muss jederzeit nachvollziehbar sein,
- alle zur sicheren Durchführung des Betriebs erforderlichen Einrichtungen sind festzulegen,
- die für den sicheren Betrieb relevanten Parameter sind festzulegen,
- für den Betrieb darf nur qualifiziertes Personal eingesetzt werden und
- den Betriebsvorgängen sind Personen zuzuordnen, die zur Durchführung berechtigt sind.

Darüber hinaus sind die erforderlichen personellen, organisatorischen und die Sicherheit betreffenden administrativen Voraussetzungen zu schaffen, aufrecht zu erhalten und zu dokumentieren. Für die Betriebszustände Normalbetrieb, Anomaler Betrieb, Auslegungsstörfälle, Auslegungsüberschreitende Störfälle/Ereignisse sowie deren Beherrschung sind eindeutige Anweisungen für das Zechenbuch/Betriebshandbuch auszuarbeiten. Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten sind klar festzulegen. Bei der Führung des Zechenbuchs/Betriebshandbuchs sind Erfahrungen aus anderen Anlagen zu berücksichtigen und das Zechenbuch/Betriebshandbuch in regelmäßigen Abständen bzw. nach einem Ereignis zu aktualisieren.

Im Einzelnen sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Organisation und Managementsystem

Die Organisationsstruktur des Endlagerbetreibers muss klar definierte Verantwortlichkeiten, Zuständigkeiten, Befugnisse und Kommunikationswege ausweisen. Sie muss sicherstellen, dass über den gesamten sicherheitstechnisch notwendigen Zeitraum hinweg das erforderliche Betriebspersonal mit den notwendigen Fähigkeiten, Fertigkeiten und Erfahrungen verfügbar ist. Hierzu sind entsprechende Schulungen/Fortbildungen, regelmäßige Übungen sowie eine vorausschauende Personalplanung vorzusehen. Die Endlagerorganisation hat ein Managementsystem zu etablieren, dieses kontinuierlich zu überprüfen und weiterzuentwickeln. Das Managementsystem ist zu beschreiben.

- Qualitätsmanagement

Es muss ein an die betrieblichen Sicherheitserfordernisse angepasstes Qualitätsmanagementsystem (QM) für den Betrieb des Endlagers vorliegen. Dieses Konzept ist im Zuge der Errichtung und des Betriebs des Endlagers zu optimieren. In Abhängigkeit der definierten Betriebszustände und den daraus resultierenden Prozessen sind geeignete QM-Maßnahmen abzuleiten und vorzugeben.

- Änderungen

Für Änderungen an Prozessen und Einrichtungen ist ein geeignetes Änderungsverfahren festzulegen. Alle im laufenden Betrieb vorgesehenen baulichen Veränderungen sind hinsichtlich ihrer möglichen Auswirkungen auf die Langzeitsicherheit zu überprüfen und – je nach Bewertung der Prüfergebnisse – zu vermeiden oder entsprechend anzupassen.

- Dokumentation

Die Dokumentation der Betriebsphase des Endlagers umfasst alle Angaben und Nachweise, die den sicheren Betrieb der Anlage und die Einhaltung der radiologischen und bergbausicherheitlichen Schutzziele belegen. Hierzu zählen vor allem:

- Zechenbuch/Betriebshandbuch, Prüfhandbuch einschließlich von Prüfberichten für sicherheitstechnisch relevante Systeme, Komponenten und Bauteile, Strahlenschutzanweisungen,
- Pläne, Zeichnungen, Hersteller- und Prüfzertifikate sowie Sicherheitsgutachten,
- Gesundheitsakten der Beschäftigten (zum Beispiel Einstellungs- und regelmäßig wiederkehrende Gesundheitsuntersuchungen),
- Nachweise über durchgeführte (Sicherheits-)Unterweisungen (zum Beispiel Gebrauch von Sauerstoffgeräten) und
- im laufenden Betrieb des Endlagers zugriffsfähige Erfassung und nachlaufende Archivierung der Einsatzorte und -zeiten des Betriebspersonals.

Vollständige Dokumentensätze sind räumlich und brandschutztechnisch getrennt bei mindestens zwei unterschiedlichen geeigneten Stellen geschützt aufzubewahren. Für die Aufbewahrung, den Erhalt und die Pflege sowie die Zugänglichkeit der Dokumentation des Endlagers sind entsprechende Konzepte zu entwickeln. Dies schließt insbesondere auch Festlegungen zur Aufbewahrung für die Dokumentation entsprechend [1] für einen möglichst langen Zeitraum mit ein.

Unabhängig und getrennt von der Dokumentation über den sicheren Betrieb des Endlagers ist die Dokumentation über das Einlagerungsgut (Abfallgebindedokumentation) zu behandeln. Der vorhandene Kenntnisstand und die derzeitige Praxis bei der Dokumentation von insbesondere Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen sind zu überprüfen und – soweit erforderlich – durch Anforderungen an Inhalt und Umfang der Dokumentation von derartigen Abfallprodukten und Abfallgebinden sowie deren erforderliche Aufbewahrungsfrist fortzuschreiben. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die Ergebnisse zukünftig durchzuführender Sicherheitsanalysen und die Konkretisierung von Endlagerungsbedingungen.

- Durchführung von periodischen Sicherheitsüberprüfungen (PSÜ)

Der Endlagerbetreiber muss regelmäßig in Abständen von zehn Jahren eine Sicherheitsüberprüfung für seine Anlage durchführen [1]. Dabei sind nicht nur gegebenenfalls erforderliche Anpassungen an den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik darzustellen und zu bewerten, sondern auch Erfahrungen aus dem Betrieb anderer vergleichbarer Anlagen und/oder Anlagenteile zu berücksichtigen.

- Alterungsmanagement

Zur Beherrschung der Langzeit- und Alterungseffekte während der Betriebsphase des Endlagers sind ein Alterungsmanagementkonzept im Rahmen des Genehmigungsverfahrens vorzulegen und entsprechende Maßnahmen durchzuführen.



- **Wartung und Instandhaltung**

Alle Einrichtungen des Endlagers wie zum Beispiel Krananlagen über Tage, Zugänge nach unter Tage mit den jeweiligen Förderanlagen oder maschinelle Einrichtungen unter Tage (Fahrzeuge eingeschlossen), die einer Prüfung, Wartung oder Instandhaltung bedürfen, sind leicht zugänglich anzuordnen oder durch technische Vorrichtungen leicht zugänglich zu machen. Die räumlichen Verhältnisse müssen so beschaffen sein, dass genügend Platz für Prüfungen, Wartung und Instandhaltung vorhanden ist. Dies schließt auch das Erfordernis ein, aus Strahlenschutzgründen gegebenenfalls notwendige Abschirmungen temporär aufstellen bzw. verwenden zu können. Für die Vorbereitung, Durchführung und Dokumentation von diesen Arbeiten ist ein Wartungs- und Instandhaltungskonzept zu entwickeln, dessen Festlegungen und Regelungen in das Zechenbuch/Betriebshandbuch aufzunehmen sind.

## **2.2 Anforderungen an die Anlagen über Tage**

Die für den Betrieb des Endlagerbergwerks erforderlichen Einrichtungen über Tage sowie alle Einrichtungen und Gebäude zur Annahme der Abfallgebinde werden als Tagesanlagen bezeichnet. Dies schließt auch das Eingangslager mit ein, das insbesondere der Verstetigung des Einlagerungsbetriebs dient. Für die Auslegung dieser Anlagen sind die jeweils gültigen gesetzlichen Vorschriften und Normen zu berücksichtigen. So sind unter anderem die Schutzziele, besonders im Sinne des AtG [8], der StrlSchV [4] und des BBergG [5] mit den einschlägigen untergesetzlichen Regelwerken für die Auslegung aller Gebäude und Anlagenteile, die unmittelbar für den Transport, die Handhabung oder die Lagerung der radioaktiven Abfälle benötigt werden, zu beachten (Kapitel 1.3). Ebenfalls diesem Bereich zuzuordnen sind die Einrichtungen zum Schutz der Anlage vor Störmaßnahmen und Bewetterungs- und Brandschutzeinrichtungen.

Für die Tagesanlagen gelten die sicherheitstechnischen Auslegungsanforderungen gemäß den ESK-Empfehlungen zur Zwischenlagerung [9, 10]. Weiterhin sind Schächte und Förderanlagen so auszulegen, dass Unfälle (zum Beispiel Förderkorbabsturz, Absturz von Transporteinheiten, Kollision des Fördergestells mit Schachteinbauten) ausgeschlossen werden können bzw. bei einem Absturz unter Berücksichtigung der Abfallgebindeigenschaften eine Strahlenexposition des Personals und der Bevölkerung über zulässige Grenzwerte hinaus ausgeschlossen werden kann.

Bei der Dimensionierung des Betriebsgeländes sind ausreichende Reserven für eine eventuelle Rückholung der Abfälle/Abfallgebinde entsprechend dem Rückholkonzept zu berücksichtigen.

### ***Abfallströme***

Es dürfen nur solche Abfallgebinde angenommen werden, die den Endlagerungsbedingungen entsprechen. Um die hierzu erforderlichen Nachweise führen und belegen zu können, müssen insbesondere geeignete technische Maßnahmen zur Produktkontrolle von insbesondere Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen erarbeitet und festgelegt werden.

Die endzulagernden Abfallgebinde werden im Grundsatz in drei Abfallströme unterteilt, die durch folgende Merkmale charakterisiert sind:

- Abfallgebinde mit radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung (einschließlich von Abfallgebinden ohne ausreichende Abschirmung und von Abfallgebinden mit geringer Ortsdosisleistung),
- Abfallgebinde mit Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen, bei denen die Abfallbehälter eine selbstabschirmende Wirkung haben und
- Abfallgebinde mit Wärme entwickelnden radioaktiven Abfällen, die unabgeschirmt eingelagert werden.

Für die Annahme und Handhabung der Abfallgebinde aus den unterschiedlichen Abfallströmen sind spezifische Betriebsabläufe festzulegen.

### **2.3 Anforderungen an den Zugang nach unter Tage**

Für den Betrieb des Endlagerbergwerks sind entsprechende Zugänge von über nach unter Tage zu errichten. Über diese Zugänge erfolgt der Transport der Abfallgebinde, der Personen- und Materialtransport, der Abtransport des Haufwerks, das beim Auffahren der Einlagerungsbereiche anfällt, sowie die Wetterzuführung und Wetterabführung. Sie müssen dergestalt ausgelegt werden, dass alle Aufgaben sicher und zuverlässig erfüllt werden können. Hierbei sind auch die Maßnahmen des Notfallmanagements zu berücksichtigen. Im Rahmen der Konkretisierung der Planungen zur Auslegung des Endlagers ist die Anzahl der erforderlichen Zugänge zu überprüfen und festzulegen. Dabei ist grundsätzlich die Entscheidung zu treffen, ob der Zugang zum Endlager ausschließlich über Schächte erfolgen oder durch eine Rampe ergänzt werden soll.

Die Zugänge nach unter Tage sind je nach Erfordernis zu dimensionieren und standsicher auszubauen.

### **2.4 Anforderungen an die Anlagen unter Tage**

Die untertägigen Arbeiten sind nach den Vorgaben des BBergG [5] und des AtG [8] sowie des untergesetzlichen Regelwerks zu planen und zu organisieren. Dabei sind im Wesentlichen zwei Betriebsbereiche zu unterscheiden: Zum einen der Bereich zum Auffahren der untertägigen Hohlräume und für die Herstellung der Einlagerungsbereiche (Auffahrungsbereich) und zum anderen der eigentliche Bereich für die Einlagerung der Abfallgebinde, d. h. der Bereich für den Einlagerungsbetrieb. Dabei folgt der Einlagerungsbereich in der Regel zeitlich und räumlich auf den Auffahrungsbereich. In Abhängigkeit vom Abfallbehälterkonzept und weiteren Randbedingungen ist die Einrichtung von Strahlenschutzbereichen (Kontroll- und Überwachungsbereiche) gemäß [4] im Grubengebäude zu prüfen und festzulegen.

Betriebssicherheitliche Aspekte sind aufgrund des parallelen Auffahrens von untertägigen Hohlräumen und des Einlagerns von Abfallgebinden besonders zu berücksichtigen.

Hohlräume unter Tage sind möglichst gebirgsschonend aufzufahren. Bei Auffahrung und Ausbau ist darauf zu achten, dass die Barrierenwirksamkeit späterer Abschlussbauwerke zum Beispiel durch Gebirgsschädigungen nicht beeinträchtigt wird.

Strecken, Infrastrukturräume und Grubennebenräume müssen so geplant, ausgebaut und unterhalten werden, dass ihre Gebrauchstauglichkeit während ihrer Nutzungsdauer gewährleistet ist. Dies schließt auch das Füllort mit ein, das bei einem Transport der Abfallgebände und Transferbehälter über einen Schacht erforderlich ist.

Die Anordnung und Auslegung der Einlagerungsbereiche sowie die Verfüllung der Resthohlräume nach Einbringen der Abfallgebände müssen die sichere Abfuhr der Zerfallswärme gewährleisten.

Bei der Planung von Einlagerungsfeldern, -strecken und -kammern ist der erforderliche Platzbedarf zu berücksichtigen, der für die Errichtung von Verschluss- und/oder Dichtbauwerken benötigt wird.

Die Anlagen unter Tage sind so auszulegen, dass Risiken bei Transportvorgängen minimiert werden. Die Streckenführung vom Schacht oder von der Rampe zu den Einlagerungsbereichen und zurück ist möglichst kreuzungsfrei zu planen und auszulegen. Die Verkehrslenkung und -führung der Transportfahrzeuge muss sicherstellen, dass zur Vermeidung von Unfällen die Einlagerungstranstrecken nur in einer Fahrtrichtung befahren werden können.

Die Größe und Ausstattung der Infrastrukturräume müssen sicherstellen, dass alle für den sicheren Betrieb erforderlichen Arbeiten durchgeführt werden können. Aufgrund der gegebenenfalls erforderlichen Einrichtung von Überwachungs- und Kontrollbereichen im Grubengebäude ist frühzeitig bei der Planung festzulegen, ob einzelne Einrichtungen (zum Beispiel Werkstätten) separat für jeden Bereich herzurichten sind. Dies gilt auch für die Einrichtung entsprechender Bereiche im Rahmen der Rückholung von Abfällen/Abfallgebänden.

Da nach [1] die Rückholung von Abfällen/Abfallgebänden während der Betriebsphase als geplante technische Maßnahme berücksichtigt werden muss, sind entsprechende Planungen durchzuführen und im Rahmen des Genehmigungsverfahrens ein geeignetes Konzept zu entwickeln. Dieses Konzept muss alle betriebssicherheitlichen Aspekte sowohl für die Maßnahmen unter Tage, den Transport der zurückgeholten Abfälle/Abfallgebände nach über Tage als auch deren Handhabung über Tage umfassen. Im Rahmen der Planungen zur Rückholung von Abfällen/Abfallgebänden ist zu prüfen, ob ein zusätzlicher Schacht oder eine zusätzliche Rampe für die Rückholung erforderlich werden könnte und, falls ja, welche diesbezüglichen Vorkehrungen zu treffen wären.

### ***Wettertechnik***

Im gesamten Grubengebäude müssen ständig stabile Bewetterungsverhältnisse vorliegen. Dies bedeutet, dass sich die Größe der Wetterströme durch betriebliche Vorgänge (zum Beispiel Betätigung von Wetterschleusen, Treiben des Förderkorbes) oder durch unplanmäßige Störungen im Bewetterungssystem nicht wesentlich verändern darf.

Das Bewetterungssystem muss so ausgelegt und die Wetterführung so regelbar sein, dass bei Störungen und Störfällen unter Tage die betroffenen Bereiche je nach Erfordernis abgeschlossen oder die Wetterströme so umgelenkt werden können, dass eine Kontamination des Grubengebäudes weitgehend vermieden wird und Rauchgase im thermischen Lastfall gezielt abgeleitet werden.

Bei der Planung des Bewetterungssystems ist zu prüfen und festzulegen, ob der Einsatz von zusätzlichen, gegebenenfalls mobilen Lüftern bei Störungen und Störfällen als zusätzliche sicherheitserhöhende Maßnahme geboten sein könnte.

Für die Bewetterung der Grubenräume ist eine saugende Wetterführung mit Anordnung des Hauptgrubenlüfters über Tage vorzusehen. Durch den Unterdruck ziehen alle aus dem Grubengebäude abgeleiteten Schadstoffe kontrollierbar über den Hauptgrubenlüfter in die freie Atmosphäre bzw. können gezielt einer gegebenenfalls erforderlichen Filtereinrichtung zugeführt werden. In Abhängigkeit von den Ergebnissen der Störfallanalyse ist das Erfordernis zu überprüfen, ob und, wenn ja, wo im abströmenden Wetter eine Filtereinrichtung vorzuhalten ist, die im Falle einer Freisetzung von radioaktiven Stoffen innerhalb des Endlagers die gesamte potenziell kontaminierte Wettermenge filtern kann.

Zur Bewetterung bei der Auffahrung der Einlagerungsbereiche ist eine blasende Sonderbewetterung mit Anordnung des Lüfters in der durchgehend bewetterten Hauptstrecke vorzusehen. Bei der Einlagerung von Abfallgebänden ist auf eine saugende Bewetterung umzustellen.

Das Bewetterungssystem muss eine stabil gerichtete Wetterströmung vom Auffahrungsbereich in den Einlagerungsbereich ständig gewährleisten. Die Abwetter des Einlagerungsbereichs müssen gegebenenfalls über eine Filtereinrichtung, ohne andere Grubenräume zu berühren, direkt zum Einlagerungsschacht/zu der Rampe (d. h. zum ausziehenden Wetterschacht) geführt werden.

Brandschutztüren und Wettertüren dürfen in ihrer Funktionsfähigkeit nicht beeinträchtigt werden.

### ***Einlagerungsbetrieb***

Um die Betriebssicherheit zu erhöhen, ist eine weitgehend automatisierte Einlagerung der Abfallgebände anzustreben. Die Einlagerung hat zeitnah an die Auffahrung der Einlagerungsbereiche zu erfolgen [1]. Der Versatz und Verschluss der Einlagerungsbereiche soll gleichfalls zeitnah an das Einbringen der Abfallgebände erfolgen.

Die endgültige Position eines Abfallgebändes in einem Einlagerungsfeld, einer Einlagerungsstrecke oder einer Einlagerungskammer ist zu erfassen und zu dokumentieren; diesbezügliche Vorgaben sind zu erarbeiten.

Für den Umgang mit und die Behandlung von radioaktiven Betriebsabfällen ist ein Konzept zu entwickeln. Dabei ist zwischen der Konditionierung vor Ort und ihrer Abgabe zur externen Konditionierung zu unterscheiden.

### **3 Brandschutz und Brandschutzeinrichtungen**

Für das Endlager ist bei der Planung ein Brandschutzkonzept in sinngemäßer Anwendung der Regel KTA 2101, Teil 1 [11] zu erstellen und ab Bau der Anlage in einem Notfallplan zu integrieren.

Bei der Planung des Endlagers für insbesondere Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle ist die Einrichtung einer Brandschutzzentrale vorzusehen, in der alle brandschutztechnischen Meldungen während der Betriebsphase (Brand über Tage und unter Tage, Entstehungsbrände eingeschlossen) erfasst und bewertet werden und von der aus erforderliche Maßnahmen initiiert und überwacht werden.

Die Brandlasten im Endlager (d. h. baulich und betrieblich bedingte Brandlasten) sind zu minimieren, um im Brandfall die Wärmefreisetzung und die Temperatureinwirkung zum Beispiel auf den Streckenausbau sowie die mit der Rauchfreisetzung verbundenen Risiken für das Betriebspersonal auf ein akzeptables Maß zu begrenzen. Es sind vorzugsweise nichtbrennbare bzw. mindestens schwer entflammbare Stoffe zu verwenden. Im Lagerbereich ist das Lagern von brennbaren Stoffen nur dann zulässig, wenn diese Stoffe in einem Zustand bevorratet werden, in dem ihre Entzündung ausgeschlossen werden kann. Einzelne Bereiche sind je nach Erfordernis mit automatischen Brandmelde- und Löschsystemen abzusichern. Die Auslegung der Brandschutzmaßnahmen hat nach DIN 4102 [12] und der Regel KTA 2101 [11] zu erfolgen. Die jeweils höhere Anforderung ist maßgebend.

Es ist zu prüfen, ob auf den Einsatz von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren verzichtet werden kann. Eingesetzte Fahrzeuge müssen mit bordeigenen automatischen Brandschutzeinrichtungen versehen sein und regelmäßig überprüft und gewartet werden.

Zur Bekämpfung von Bränden (Entstehungsbrände eingeschlossen) sind im gesamten Endlager verteilt stationäre und mobile Feuerlöschleinrichtungen je nach Erfordernis vorzuhalten. Hierbei sind temporär vorhandene Brandlasten zu beachten. Bei der Auswahl der Löschmittel sind mögliche Folgeschäden (zum Beispiel durch Korrosion) zu berücksichtigen. Das Betriebspersonal muss in der Bekämpfung von Bränden geschult sein. Schulungen und Übungen sind regelmäßig zu wiederholen.

Die Festlegung der Anzahl und Ausgestaltung der Flucht- und Interventionswege unter Tage hat unter Beachtung der bergbausicherheitlichen Regelungen und Vorschriften auf der Basis des Zuschnitts und der Bewitterung des Grubengebäudes zu erfolgen. Hierzu ist ein Fluchtwegekonzept zu erarbeiten, das mit der Konkretisierung der Endlagerplanungen fortgeschrieben werden muss. Im Rahmen des Fluchtwegekonzepts sind auch Fluchtkammern zu berücksichtigen.

Für die Reinigung der Brandgase sind bei der Bewitterung geeignete Einrichtungen (zum Beispiel Filter) vorzusehen.

Die Interventionskräfte, in der Regel eine Grubenwehr, müssen eine Zusatzausbildung gemäß der feuerwehrspezifischen Inhalte bei Einsätzen mit Gefahren durch radioaktive Stoffe besitzen.

#### **4 Strahlenschutzanforderungen**

Beim Betrieb eines Endlagers für insbesondere Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle ist jede unnötige Strahlenexposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt zu vermeiden (Kapitel 1.3). Dabei ist jede Strahlenexposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt auch unterhalb der Grenzwerte unter Berücksichtigung des Stands von Wissenschaft und Technik und aller Umstände des Einzelfalls so gering wie möglich zu halten [4]. Aus diesem Grund sind die Handhabungsschritte mit Personaleinsatz so weit wie möglich zu reduzieren und weitgehend automatisierte Betriebsabläufe anzustreben. Hierzu sind die Betriebsabläufe zu optimieren und Personaleinsatzkonzepte zu entwickeln.

Für den Betrieb des Endlagers ist eine geeignete Strahlenschutzorganisation zu planen und zu implementieren und eine Strahlenschutzanweisung zu erstellen, in der die zu beachtenden Strahlenschutzmaßnahmen aufzuführen sind. In der Strahlenschutzanweisung sind auch die Maßnahmen zur Sicherstellung der Fachkunde im Strahlenschutz und zur Förderung einer sicherheitsgerichteten Denk- und Handlungsweise für das Personal entsprechend den Vorgaben der Strahlenschutzverordnung [4] festzulegen. Die Planung und Durchführung von Wartungs-, Kontroll- und Instandsetzungsarbeiten sind unter Strahlenschutz Gesichtspunkten in einem Verfahren zur Arbeitsfreigabe zu regeln.

Im Endlager sind entsprechend den Expositionsbedingungen Strahlenschutzbereiche (Überwachungs-, Kontroll- und gegebenenfalls Sperrbereiche gemäß Strahlenschutzverordnung) einzurichten und zu kennzeichnen.

In den Strahlenschutzbereichen sind die Ortsdosis oder die Ortsdosisleistung in regelmäßigen Abständen zu messen und zu dokumentieren.

In Arbeitsbereichen, in denen Kontaminationen auftreten können, ist die Raumluft zu Kontrollzwecken zum Beispiel durch mobile Luftprobensammler zu überwachen. Verkehrsflächen, Personen, Arbeitsplätze, Verkehrswege und bewegliche Gegenstände sind in angemessener Weise auf Kontamination zu überprüfen. Zur Beseitigung der Auswirkungen und Folgen von Störungen und Störfällen über Tage und unter Tage und damit zur Wiederherstellung der Betriebssicherheit des Endlagers ist ein Konzept zu entwickeln, das insbesondere geeignete Maßnahmen zum Umgang mit und zur Beseitigung von aufgetretenen Kontaminationen beinhalten muss. Zur Beseitigung von Kontaminationen sind organisatorische Festlegungen zu treffen und geeignete Mittel vorzuhalten bzw. müssen diese kurzfristig beschaffbar sein.

Die Körperdosis beruflich strahlenexponierter Personen, die sich im Kontrollbereich aufhalten, ist mit geeigneten amtlichen Dosimetern zu ermitteln und zu dokumentieren. Bei Arbeiten sind neben den amtlichen Dosimetern auch Dosimeter einzusetzen, mit denen die Dosis jederzeit abgelesen werden kann. Die eingesetzten und vorgehaltenen Strahlungsmessgeräte sind regelmäßig auf ihre ordnungsgemäße Funktionstüchtigkeit zu prüfen und zu warten.

Für die übertägigen Anlagen des Endlagers ist ein geeignetes Umgebungsüberwachungsprogramm vorzusehen.

## 5      **Unterlagenverzeichnis**

- [1]      Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung wärmeentwickelnder radioaktiver Abfälle, Bonn, Stand: 30.09.2010
  
- [2]      Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle und zur Änderung anderer Gesetze (Standortauswahlgesetz - StandAG) vom 23. Juli 2013, Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2013, Teil I, Nr. 41, S. 2553 - 2564
  
- [3]      Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Programm für eine verantwortungsvolle und sichere Entsorgung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle (Nationales Entsorgungsprogramm), Bonn, August 2015
  
- [4]      Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV) vom 20. Juli 2001, BGBl. I Nr. 38 vom 26. Juli 2001, S.1714 ff., zuletzt geändert durch Artikel 5 der Verordnung vom 11. Dezember 2014 (BGBl. I 2014, Nr. 58, S. 2010)
  
- [5]      Bundesberggesetz (BBergG) vom 13. August 1980, Bundesgesetzblatt, Jahrgang 1980, Teil I, S. 1320; zuletzt geändert durch Artikel 303 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I, S. 1474).
  
- [6]      Allgemeine Bundesbergverordnung (ABBergV) vom 23. Oktober 1995, Bundesgesetzblatt, Jahrgang 1995, Teil I, S. 1466; zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 5 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I, S. 212)
  
- [7]      Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, TÜV SÜD Industrie Service GmbH: Überprüfung von Risikokonzepten zur Bewertung der Sicherheit in der Betriebsphase eines Endlagers, Abschlussbericht zum BfS-Vorhaben SR 2572, Februar 2009.
  
- [8]      Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz - AtG) in der Bekanntmachung der Neufassung des Atomgesetzes vom 15. Juli 1985, Bundesgesetzblatt, Jahrgang 1985, Teil I, Nr. 41, S. 1565-1583; zuletzt geändert durch 307 der Verordnung vom 31. August 2015 (BGBl. I, S. 1474)

- [9] Empfehlung der Entsorgungskommission (ESK): Leitlinien für die trockene Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente und Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle in Behältern (Revidierte Fassung vom 10.06.2013).
  
- [10] Empfehlung der Entsorgungskommission (ESK): Leitlinien für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung (Revidierte Fassung vom 10.06.2013).
  
- [11] Regel KTA 2101 „Brandschutz in Kernkraftwerken“, Teil 1: Grundsätze des Brandschutzes, Fassung 12/2000 (Regeländerungsentwurf Stand: 11/2014)
  
- [12] DIN 4102, Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, Teile 1 - 4 (Teil 1: Fassung 05/98; Teil 2: Fassung 09/77; Teil 3: Fassung 09/77; Teil 4: Fassung 03/94, Änderung 06/2014), Beuth Verlag, Berlin