



EMPFEHLUNG der Entsorgungskommission

Leitlinie zum sicheren Betrieb eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle

INHALTSVERZEICHNIS

1	Allgemeines	2
1.1	Vorbemerkung	2
1.2	Anwendungsbereich.....	2
1.3	Schutzziele	3
2	Betrieb des Endlagers	5
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
3	Unterlagenverzeichnis	13

1 Allgemeines

1.1 Vorbemerkung

Im Hinblick auf die zukünftige Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) die „Verordnung über Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle“ [1] und die „Verordnung über Anforderungen an die Durchführung der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen im Standortauswahlverfahren für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle“ [2] vom 06.10.2020 erlassen. Die Verordnungen können durch Leitlinien konkretisiert werden. Hierzu zählt die vorliegende Leitlinie zum sicheren Betrieb eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle („Leitlinie Betrieb“). Die vorliegende Leitlinie ersetzt die ESK-Empfehlung „Leitlinie zum sicheren Betrieb eines Endlagers für insbesondere Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle“ vom 10.12.2015.

Für die Endlagerung von hochradioaktiven Abfällen wird ein Standort für die Errichtung und den Betrieb eines Endlagers im Rahmen eines gesetzlich festgelegten Verfahrens gesucht und ausgewählt [3]. Im Standortauswahlgesetz werden als mögliche Wirtsgesteine Steinsalz, Ton- und Kristallingestein genannt.

Vor diesem Hintergrund behandelt die „Leitlinie Betrieb“ grundlegende Aspekte und Sachverhalte, die für den Betrieb eines solchen Endlagers von Bedeutung sind. Die Leitlinie soll in einem gestuften Verfahren, in Abhängigkeit von den Ergebnissen und Fortschritten bei der Standortauswahl sowie den technischen Planungen zu Auslegung und Betrieb des Endlagers, kontinuierlich weiterentwickelt werden.

1.2 Anwendungsbereich

Diese Leitlinie gilt für den Betrieb eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle und bezieht sich auf alle Abläufe vom Zeitpunkt der ersten Anlieferung von Endlagergebinden (die zur Endlagerung vorgesehenen Behälter mit radioaktiven Abfällen) an das Endlager bis zum Abschluss der Einlagerung von Endlagergebinden in das Endlager sowie der sich daran anschließenden Versatz- und Verschlussmaßnahmen. Dies schließt eine mögliche Rückholung der Abfälle als geplante technische Möglichkeit während der Betriebsphase gemäß [3] mit ein. Vorgelagerte Arbeiten wie die Planung, Errichtung und Inbetriebnahme des Endlagers, der Nachweis der Langzeitsicherheit und der Schutz des oberflächennahen Grundwassers sowie der Rückbau der Tagesanlagen und die mögliche Bergung der Abfälle als Notfallmaßnahme bis zu 500 Jahren nach dem Verschluss des Endlagers sind nicht Bestandteil der „Leitlinie Betrieb“.

Es werden alle über- und untertägigen Anlagen am Standort betrachtet, die für die Betriebsphase des Endlagers erforderlich sind. Anlagen zur Zwischenlagerung, Konditionierung und Produktkontrolle können sich am Standort des Endlagers befinden und sind nicht Gegenstand dieser Leitlinie. Mögliche Wechselwirkungen mit diesen Anlagen müssen separat betrachtet werden.

Bei den endzulagernden hochradioaktiven Abfällen im Sinne dieser Leitlinie handelt es sich um bestrahlte Brennelemente und hochradioaktive Abfälle aus der Wiederaufarbeitung von bestrahlten Brennelementen sowie gegebenenfalls um geringe Mengen schwach- und mittelradioaktiver Abfälle, deren Volumen deutlich geringer ist als das Volumen der am selben Standort einzulagernden hochradioaktiven Abfälle [1, § 21 (3)].

Die Endlagerung schwach- und mittelradioaktiver Abfälle am auszuwählenden Standort ist zulässig, wenn die gleiche bestmögliche Sicherheit des Standortes wie bei der alleinigen Endlagerung hochradioaktiver Abfälle gewährleistet ist [3, § 1 (6)]. Die Endlagerung dieser Abfälle hat in einem separaten Endlagerbergwerk zu erfolgen [1, § 21 (2)] und ist nicht Gegenstand dieser Leitlinie.

Der Betrieb des Endlagers für hochradioaktive Abfälle 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 Endlagergebinde. Während der gesamten Betriebsphase 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 Betriebsphase offenen Zugänge nach über Tage muss dieser Anforderung auch zum Schutz der Bevölkerung und der Umwelt besondere Beachtung geschenkt werden.

Bereits während des Standortauswahlverfahrens [3], insbesondere für das vorläufige Sicherheitskonzept und die vorläufige Endlagerauslegung [2, § 6] sowie für die Darstellung der grundsätzlichen Möglichkeit eines sicheren Betriebs [2, § 7(6)] bzw. für die betriebliche Sicherheitsanalyse [2, § 8] sind diese beiden Anforderungsbereiche zu berücksichtigen. Als ein erster Schritt werden dazu in der vorliegenden „Leitlinie Betrieb“ die sicherheitstechnischen Randbedingungen und damit die 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

Bei der technischen Auslegung und dem Betrieb des Endlagers für hochradioaktive Abfälle gilt es,

- jede unnötige Exposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt zu vermeiden (§ 8 Abs. 1 des Strahlenschutzgesetzes – StrlSchG [4]) und
- jede Exposition oder Kontamination von Mensch und Umwelt unter Beachtung des Stands von Wissenschaft und Technik und unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalls auch unterhalb der Grenzwerte so gering wie möglich zu halten [4, § 8 Abs. 2].

Bei der Planung baulicher oder sonstiger technischer Schutzmaßnahmen gegen Auslegungsstörfälle sind die Anforderungen des § 104 der Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV [5]) zugrunde zu legen.

Hieraus abgeleitet ergeben sich für die Endlagergebinde, die technischen Einrichtungen in den über- und untertägigen Anlagen sowie die geotechnischen Barrieren grundlegend die folgenden Schutzziele:

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

sowie die daraus abgeleiteten Anforderungen:

- Abschirmung der ionisierenden Strahlung in den über- und untertägigen Anlagen,
- Vermeidung der Ansammlung zündfähiger Gasgemische, insbesondere von Wasserstoff,
- betriebs- und instandhaltungsgerechte Auslegung und Ausführung der Einrichtungen,
- sicherheitsgerichtete Organisation und Durchführung des Betriebs,
- sichere Handhabung und sicherer Transport der Endlagergebinde,
- Auslegung gegen Störfälle,
- Maßnahmen zur Begrenzung der Schadensauswirkungen von auslegungsüberschreitenden Ereignissen und
- Handhabbarkeit der Endlagergebinde bis zum Beginn der Stilllegung des Endlagers, um die Rückholung der Endlagergebinde im Grundsatz zu ermöglichen [1, § 13].

Zusätzlich zu den oben genannten Schutzzielen müssen die technische Auslegung und der Betrieb des Endlagers für hochradioaktive Abfälle den Schutzzielen des Bergbaus entsprechen. Danach sind gemäß Bundesberggesetz – BBergG [6]

- die Sicherheit des Betriebs und der Beschäftigten 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 – ABBergV [7] 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 durch eine verantwortliche Person beaufsichtigt werden 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 (Störungen), Auslegungsstörfälle und auslegungsüberschreitende Ereignisse gestaffelte Maßnahmen zu planen [1, § 17 (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 erforderlichen, anlagenspezifischen deterministischen und probabilistischen Sicherheitsanalysen durchzuführen. Begleitend zur Entwicklung und Ausgestaltung des Endlagerkonzepts ist eine probabilistische Sicherheitsanalyse durchzuführen und gegebenenfalls die dafür erforderliche Datenbasis zu erweitern [8]. Dadurch können in einem iterativen Prozess einerseits die sicherheitstechnische Auslegung eines Endlagers bereits in der Planungsphase optimiert und andererseits die Datenbasis kontinuierlich verbessert und erweitert werden.

Zusätzliche, hier nicht behandelte Anforderungen bestehen im Hinblick auf die Haftung bei Schäden und die Kontrolle spaltbaren Materials aufgrund internationaler Vereinbarungen (Safeguards) sowie im Hinblick auf die Anlagensicherung (Schutz vor Störmaßnahmen, sonstige Einwirkungen Dritter, IT-Sicherheit).

2 Betrieb des Endlagers

2.1 Grundsätze für den Betrieb

Das Endlager ist so zu betreiben, dass die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik erforderliche Vorsorge gegen Schäden getroffen ist. Alle im laufenden Betrieb vorgesehenen Veränderungen an der Anlage oder ihres Betriebs sind auch hinsichtlich ihrer möglichen Auswirkungen auf die Langzeitsicherheit zu überprüfen. Negative Auswirkungen sind zu minimieren.

Entsprechend [4, § 8] ist jede unnötige Exposition durch ionisierende Strahlung oder Kontamination von Mensch und Umwelt zu vermeiden (Kapitel 1.3) und jede Exposition 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. Dazu sind weitgehend automatisierte oder fernhantierte Betriebsabläufe anzustreben.

Für den Betrieb des Endlagers ist eine geeignete Strahlenschutzorganisation zu planen und zu implementieren und eine Strahlenschutzanweisung zu erstellen. In dieser sind die im Betrieb zu beachtenden Schutzmaßnahmen aufzuführen. Dies kann z. B. die Aufstellung eines Organisationsplans für den Strahlenschutz, Regelungen zum für den Strahlenschutz wesentlichen Betriebsablauf, die für die Ermittlung der Körperdosis vorgesehenen Messungen sowie Regelungen zur Vermeidung, Untersuchung und Meldung von Vorkommnissen beinhalten. Instandhaltungsarbeiten sind unter Strahlenschutz Gesichtspunkten unter Berücksichtigung von Verfahren zur Arbeitsfreigabe zu planen und durchzuführen.

Im Endlager sind entsprechend den Expositionsbedingungen Strahlenschutzbereiche (Überwachungs-, Kontroll- und gegebenenfalls Sperrbereiche gemäß [5, § 52]) einzurichten und zu kennzeichnen. In den Strahlenschutzbereichen sind die Ortsdosis oder die Ortsdosisleistung im erforderlichen Umfang zu messen

und zu dokumentieren. In Arbeitsbereichen, in denen Kontaminationen auftreten können, ist die Raumluft zu Kontrollzwecken z. B. 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 von Personen, die sich in einem Strahlenschutzbereich aufhalten, ist mit geeigneten amtlichen Dosimetern gemäß den Anforderungen in [4] und [5] zu ermitteln und zu dokumentieren. Bei Tätigkeiten sind zusätzlich 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.

Die Sicherheits- und Gesundheitsschutzdokumente für den Arbeitsschutz sind entsprechend den Vorgaben in [7, § 3] zu erarbeiten. Dies schließt neben der Erstellung von Sicherheitsanweisungen für alle Beschäftigungsgruppen in geeigneter und verständlicher Weise auch die Bereitstellung geeigneter Einrichtungen zur Leistung von Erster Hilfe und die Durchführung erforderlicher Sicherheitsübungen in regelmäßigen Zeitabständen mit ein.

Es ist ein Brandschutzkonzept zu erstellen, welches in einen Notfallplan zu integrieren ist. In einer Brandschutzzentrale sind alle brandschutztechnischen Meldungen (Brand über Tage und unter Tage, Entstehungsbrände eingeschlossen) zu erfassen und zu bewerten sowie die erforderlichen Maßnahmen zu initiieren und zu überwachen. Zur Bekämpfung von Bränden (Entstehungsbrände eingeschlossen) sind im gesamten Endlager verteilt stationäre und mobile Feuerlöscheinrichtungen je nach Erfordernis vorzuhalten. Hierbei sind temporär vorhandene Brandlasten zu beachten. Das Betriebspersonal muss in der Bekämpfung von Bränden geschult sein. Schulungen und Übungen sind regelmäßig zu wiederholen.

Für die betriebliche Sicherheit sind die Erfahrungen in Endlagern weltweit zu beachten und die dort aufgetretenen Störfälle auszuwerten und gegebenenfalls im Betriebsreglement zu berücksichtigen.

Für den Betrieb des Endlagers sind insbesondere folgende Betriebsvorgänge zu planen und zu betrachten:

- über Tage
 - Anlieferung der Endlagergebinde,
 - Annahme und Handhabung der Endlagergebinde im Empfangsbereich,
 - Eingangskontrolle der Endlagergebinde,
 - Vorbereitung für den Transport der Endlagergebinde nach unter Tage und
 - Handhabung von rückgeholten Abfällen/Endlagergebänden.

Es dürfen nur solche Endlagergebinde eingelagert werden, die den Endlagerungsbedingungen entsprechen. Es sind Maßnahmen für den Umgang mit Endlagergebänden zu treffen, welche den Endlagerungsbedingungen nicht entsprechen.

- unter Tage
 - Auffahren von Einlagerungsbereichen und weiterer Infrastruktur,
 - Transport der Endlagergebinde nach unter Tage (Rampe oder Schacht),
 - untertägiger Transport der Endlagergebinde,
 - Einlagerung der Endlagergebinde,
 - Verfüllen, Versetzen und Verschließen der Einlagerungsbereiche,
 - Verschließen des Endlagers und
 - Rückholung der Endlagergebinde, insbesondere das Vorhalten der dafür erforderlichen technischen Einrichtungen während der Betriebsphase.

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

- Die Betriebsvorgänge sind darzulegen,
- Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Betriebsvorgängen sind zu berücksichtigen,
- die automatisierte Einlagerung von Endlagergebänden ist anzustreben,
- die Positionen (x, y, z) der Endlagergebinde müssen mindestens für den für eine Bergungsmöglichkeit geforderten Zeitraum [3, § 26] nachvollziehbar sein,
- die für den Betrieb relevanten Parameter sind im Zechenbuch/Betriebshandbuch 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 Ereignisse sowie deren Beherrschung sind eindeutige Anweisungen für das Zechenbuch/Betriebshandbuch auszuarbeiten. Bei der Führung des Zechenbuchs/Betriebshandbuchs sind Erfahrungen aus anderen Anlagen zu berücksichtigen und das Zechenbuch/Betriebshandbuch ist in regelmäßigen Abständen bzw. nach einem meldepflichtigen Ereignis gemäß Atomrechtliche Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung – AtSMV [9] zu aktualisieren.

Die Organisationsstruktur der Endlagerbetreiberin muss festgelegte Verantwortlichkeiten, Zuständigkeiten, Befugnisse und Kommunikationswege ausweisen. Sie muss sicherstellen, dass während des Betriebs das erforderliche Betriebspersonal mit den notwendigen Fähigkeiten, Fertigkeiten und Erfahrungen verfügbar ist. Hierzu sind entsprechende Unterweisungen, Schulungen/Fortbildungen, regelmäßige Übungen sowie eine vorausschauende Personalplanung vorzusehen.

Es ist ein Integriertes Managementsystem (IMS) zu implementieren, welches unter dem Vorrang der Sicherheit insbesondere folgende Bereiche umfasst:

- Sicherheit

Es sind Strategien und Prozesse zu definieren, welche eine zuverlässige Umsetzung der Sicherheitsanforderungen und eine ständige Verbesserung des Sicherheitsniveaus des Endlagers gewährleisten. Dabei sind auch die erreichten Sicherheitsstandards laufend zu überwachen und konkrete Prozesse zur ständigen Verbesserung einzuleiten.

Alle im laufenden Betrieb vorgesehenen baulichen Veränderungen sind hinsichtlich ihrer möglichen Auswirkungen auf das Sicherheitsniveau des Endlagers zu überprüfen und – je nach Bewertung der Prüfergebnisse – entsprechend anzupassen. Weitere Ausführungen können der Leitlinie zum Sicherheitsmanagement in Endlagerorganisationen [10] entnommen werden.

- Qualität

Es muss sichergestellt sein, dass die für den Betrieb des Endlagers erforderlichen Prozess- und Produktqualitäten im Zuge des Betriebs des Endlagers kontinuierlich geprüft und verbessert werden können. In Abhängigkeit von definierten Betriebszuständen und den daraus resultierenden Prozessen sind geeignete QM-Maßnahmen abzuleiten und vorzugeben.

- Umweltschutz

Es sind Maßnahmen zum Schutz der Umwelt in die Betriebsabläufe zu integrieren.

- Arbeitsschutz

Es sind Maßnahmen, Mittel und Methoden zum Schutz der Beschäftigten vor arbeitsbedingten Sicherheits- und Gesundheitsgefährdungen festzulegen.

- Dokumentation und Archivierung

In der Betriebsphase des Endlagers sind alle Angaben und Nachweise, die den Betrieb der Anlage und die Einhaltung der Anforderungen des Strahlenschutzes und des Bergrechts belegen, zu dokumentieren. Die Dokumentation über die Endlagerbehälter und das darin befindliche radioaktive Inventar (Endlagergebindedokumentation) ist von der betrieblichen Dokumentation getrennt zu behandeln. Für die gesamte Dokumentation gilt, dass sie räumlich und brandschutztechnisch getrennt an mindestens zwei unterschiedlichen geeigneten Stellen geschützt aufzubewahren ist. Die Wahl eines geeigneten Speichermediums (analog, digital) ist dabei der Betreiberin freigestellt. Für die Aufbewahrung, den Erhalt und die Pflege sowie die Zugänglichkeit der Dokumentation des Endlagers sind entsprechende Dokumentationskonzepte zu entwickeln und mit der Aufsichtsbehörde abzustimmen. Die Dokumentationskonzepte müssen berücksichtigen, dass die Dokumentation langfristig zugänglich und

lesbar bleibt. Des Weiteren müssen die Alterung des Speichermediums/Materials sowie äußere Schadenseinflüsse einbezogen werden.

- **Alterung**

Das Alterungsmanagement umfasst die von der Betreiberin durchzuführenden Maßnahmen, mit denen die Alterung, welche für die Sicherheit des Endlagers relevant ist, beherrscht werden kann. Dies gilt insbesondere für die im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens festgelegten sicherheitstechnisch wichtigen Einrichtungen. Dabei ist einerseits die physikalische und chemische Alterung von Materialien sowie andererseits die technologische Weiterentwicklung von Material und Maschinen/Konstruktionen zu berücksichtigen.

Die Endlagerbetreiberin muss gemäß [11, § 9h] regelmäßig alle zehn Jahre eine Sicherheitsüberprüfung für ihre Anlage durchführen. 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 der eigenen und anderer vergleichbarer Anlagen und/oder Anlagenteile zu berücksichtigen. Die Ergebnisse der Sicherheitsüberprüfung und der Bewertung sind der Aufsichtsbehörde vorzulegen.

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 unter Berücksichtigung der strahlenschutztechnischen Anforderungen 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 dieser Arbeiten ist ein Wartungs- und Instandhaltungskonzept zu entwickeln, dessen Festlegungen und Regelungen in das Zechenbuch/Betriebshandbuch aufzunehmen sind.

Gemäß [1, § 16] ist vor der erstmaligen Annahme von radioaktiven Abfällen zum Zweck der Endlagerung der Betrieb des Endlagers erfolgreich zu erproben. Im Rahmen einer Gesamtabnahmeprüfung ist der ordnungsgemäße Einlagerungsprozess mit einem inaktiven und anschließend mit einem aktiven Endlagergebäude nachzuweisen.

2.2 Anforderungen an die Anlagen über Tage

Die für den Betrieb des Endlagers erforderlichen Einrichtungen über Tage sowie alle Einrichtungen und Gebäude zur Annahme der Endlagergebäude werden als Tagesanlagen bezeichnet.

Für die Tagesanlagen gelten die sicherheitstechnischen Auslegungsanforderungen gemäß den ESK-Leitlinien für die Zwischenlagerung [12, 13] und zum Schutz von Endlagern gegen Hochwasser [14]. Die Schächte und

Förderanlagen sind so auszulegen, dass Störfälle (zum Beispiel Förderkorbabsturz, Absturz von Transporteinheiten, Kollision des Fördergestells mit Schachteinbauten) ausgeschlossen werden können bzw. bei einem Absturz unter Berücksichtigung der Endlagergebindeeigenschaften eine Exposition des Personals und der Bevölkerung über zulässige Grenzwerte hinaus ausgeschlossen werden kann. Darüber hinaus ist ein geeignetes Umgebungsüberwachungsprogramm vorzusehen.

Bei der Dimensionierung des Betriebsgeländes sind Reserven für eine eventuelle Rückholung der Endlagergebinde entsprechend dem Rückholkonzept zu berücksichtigen. In Abhängigkeit des Einlagerungsvolumens sind diese nachvollziehbar herzuleiten.

2.3 Anforderungen an den Zugang nach unter Tage

Für den Betrieb des Endlagers sind entsprechende Zugänge von über nach unter Tage zu errichten, um den Transport der Endlagergebinde sowie die Material- und Seilfahrt als auch die Wetterführung zu gewährleisten. Darüber hinaus werden die Zugänge für den Abtransport des gegebenenfalls anfallenden Haufwerks benutzt. Sie müssen dergestalt ausgelegt werden, dass alle Aufgaben den gesetzlichen Vorgaben entsprechend sicher und zuverlässig erfüllt werden können.

2.4 Anforderungen an die Anlagen unter Tage

Die untertägigen Arbeiten sind nach den Vorgaben in [6] und [11] sowie deren untergesetzlichen Regelwerken zu planen und zu organisieren. Dabei sind im Wesentlichen zwei Betriebsbereiche zu unterscheiden:

- Bereich zum Auffahren der untertägigen Hohlräume und für die Herstellung der Einlagerungsbereiche (Auffahrungsbereich) und
- Bereich für die Einlagerung der Endlagergebinde, d. h. der Bereich für den Einlagerungsbetrieb.

Dabei ist zu beachten, dass die rein konventionellen bergmännischen Tätigkeiten von den strahlenschutzrelevanten Tätigkeiten zu trennen sind. In Abhängigkeit vom Abfallbehälterkonzept und weiteren Randbedingungen ist zu prüfen, wo entsprechend Strahlenschutzbereiche (Kontroll- und Überwachungsbereiche) gemäß [5] eingerichtet werden müssen.

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. Während der Betriebsphase muss dafür Sorge getragen werden, dass die Integrität des einschlusswirksamen Gebirgsbereichs bzw. der bereits errichteten wesentlichen technischen und geotechnischen Barrieren gewährleistet ist.

Strecken, Infrastrukturräume und Grubennebenräume müssen so geplant, ausgebaut und unterhalten werden, dass ihre Gebrauchstauglichkeit während ihrer Nutzungsdauer gewährleistet ist. Dies schließt auch das Füllort am Schacht mit ein.

Einlagerungsbereiche müssen so angeordnet, ausgelegt und deren Resthohlräume verfüllt werden, dass die Endlagergebäude sicher eingeschlossen sind und die Zerfallswärme sicher abgeführt wird. Etwaige Maßnahmen zur Errichtung eines langfristigen Monitorings dürfen zu keinen unzulässigen Veränderungen des nachgewiesenen Sicherheitsniveaus des Endlagers führen.

Die Verkehrslenkung und Verkehrsführung der Transportfahrzeuge müssen sicherstellen, dass zur Vermeidung von Unfällen die Einlagerungstransportstrecken nicht gleichzeitig in beide Fahrtrichtungen befahren werden können. Eingesetzte Fahrzeuge müssen mit bordeigenen automatischen Brandschutzeinrichtungen versehen sein. Es ist zu prüfen, ob darüber hinaus an den Fahrzeugen technische Einrichtungen zur automatisierten Kollisionsvermeidung aus sicherheitstechnischer Sicht zu implementieren sind.

Die Größe und die Ausstattung der Infrastrukturräume müssen sicherstellen, dass alle für den Betrieb erforderlichen Arbeiten durchgeführt werden können. Aufgrund der 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 Endlagergebänden.

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. In den Materiallagern dürfen brennbare Stoffe nur dann vorgehalten werden, 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 [15] zu erfolgen.

Wettertechnik

Im gesamten Grubengebäude müssen jederzeit stabile Bewetterungsverhältnisse vorliegen. Dies bedeutet, dass sich die Größe der Wetterströme durch betriebliche Vorgänge (z. B. Betätigung von Wetterschleusen, Treiben des Förderkorbs) oder durch Störungen im Bewetterungssystem nicht wesentlich verändern darf. Es muss die Zuführung ausreichender Frischwetter gewährleistet sein. Zudem ist zu berücksichtigen, dass gegebenenfalls mit größeren Mengen Wasserstoff in den Wettern gerechnet werden muss und die Wettertechnik entsprechend anzupassen ist.

Bei der Festlegung der Anzahl und Ausgestaltung der Flucht- und Rettungswege unter Tage sind die bergrechtlichen Regelungen und Vorschriften auf der Basis des Zuschnitts und der Bewetterung des Grubengebäudes zu beachten. Es ist ein Fluchtwegekonzept zu erarbeiten und während der Betriebsphase in regelmäßigen Abständen mit dem sich verändernden Ist-Zustand unter Tage abzugleichen und zu aktualisieren. Im Rahmen des Fluchtwegekonzepts sind auch Flucht- oder Rettungskammern zu berücksichtigen. Für die Reinigung der Brandgase sind bei der Bewetterung geeignete Einrichtungen (z. B. Filter zur Rückhaltung radioaktiver Stoffe) vorzusehen. Die Interventionskräfte, in der Regel eine

Grubenwehr, müssen eine Zusatzausbildung gemäß den feuerwehrspezifischen Inhalten bei Einsätzen mit Gefahren durch radioaktive Stoffe besitzen.

Für die Bewetterung der Grubenräume sollte eine saugende Wetterführung mit Anordnung des Hauptgrubenlüfters über Tage vorgesehen werden. 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 zu prüfen, 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 Endlagergebinden ist auf eine saugende Bewetterung umzustellen.

Das Bewetterungssystem muss eine gerichtete Wetterströmung vom Auffahrungsbereich in den Einlagerungsbereich sicherstellen, um dem Arbeitsbereich ausschließlich Frischwetter zuzuführen. Die Abwetter des Einlagerungsbereichs müssen gegebenenfalls über eine Filtereinrichtung, ohne andere Grubenräume zu berühren, direkt zum Einlagerungsschacht/zur Rampe (d. h. zum ausziehenden Wetterschacht) geführt werden.

Einlagerungsbetrieb

Um die Betriebssicherheit zu erhöhen, soll eine weitgehend automatisierte oder fernhantierte Einlagerung der Endlagergebände angestrebt werden. Die Gebinde sollen zeitnah an die Auffahrung der Einlagerungsbereiche eingelagert [1], die Einlagerungsbereiche danach zeitnah versetzt und verschlossen werden. Die endgültige Position eines Endlagergebindes in einem Einlagerungsfeld, einer Einlagerungsstrecke oder einer Einlagerungskammer ist zu erfassen und zu dokumentieren.

Für den Umgang mit und die Behandlung von radioaktiven Betriebsabfällen ist ein Konzept zu entwickeln.

3 **Unterlagenverzeichnis**

- [1] Verordnung über Sicherheitsanforderungen an die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle vom 06. Oktober 2020 (BGBl. IS. 2094)

- [2] Verordnung über Anforderungen an die Durchführung der vorläufigen Sicherheitsuntersuchungen im Standortauswahlverfahren für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle vom 06. Oktober 2020 (BGBl. I S. 2094, 2103)

- [3] Gesetz zur Suche und Auswahl eines Standortes für ein Endlager für hochradioaktive Abfälle (Standortauswahlgesetz – StandAG) vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 07. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2760) geändert worden ist

- [4] Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzgesetz – StrlSchG) vom 27. Juni 2017 (BGBl. I S. 1966), zuletzt geändert durch die Bekanntmachung vom 3. Januar 2022 (BGBl. I S. 15)

- [5] Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) vom 29. November 2018 (BGBl. I S. 2034, 2036), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 8. Oktober 2021 (BGBl. I S. 4645)

- [6] Bundesberggesetz (BBergG) vom 13. August 1980 (BGBl. I S. 1310), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 14. Juni 2021 (BGBl. I S. 1760) geändert worden ist

- [7] Allgemeine Bundesbergverordnung (ABBergV) vom 23. Oktober 1995 (BGBl. I S. 1466), die zuletzt durch Artikel 4 der Verordnung vom 18. Oktober 2017 (BGBl. I S. 3584) geändert worden ist

- [8] 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

- [9] Verordnung über den kerntechnischen Sicherheitsbeauftragten über die Meldung von Störfällen und sonstigen Ereignissen (Atomrechtliche Sicherheitsbeauftragten- und Meldeverordnung – AtSMV) vom 14. Oktober 1992 (BGBl. I S. 1766), die zuletzt durch Artikel 18 V v. 29.11.2018 (BGBl. I S. 2034; 2021 S. 5261) geändert worden ist
- [10] Empfehlung der Entsorgungskommission (ESK): Leitlinie zum Sicherheitsmanagement in Endlagerorganisationen vom 01.09.2021
- [11] Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz – AtG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565), das zuletzt durch die Bekanntmachung vom 03. Januar 2022 (BGBl. I S. 14) geändert worden ist
- [12] Empfehlung der Entsorgungskommission (ESK): Leitlinien für die trockene Zwischenlagerung bestrahlter Brennelemente und Wärme entwickelnde radioaktive Abfälle in Behältern (Revidierte Fassung vom 10.06.2013)
- [13] Empfehlung der Entsorgungskommission (ESK): Leitlinien für die Zwischenlagerung von radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung (Revidierte Fassung vom 09.12.2021)
- [14] Empfehlung der Entsorgungskommission (ESK): Leitlinie zum Schutz von Endlagern gegen Hochwasser vom 06.12.2018
- [15] 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