



**EMPFEHLUNG der Entsorgungskommission**

**Leitlinie zum Sicherheitsmanagement in Endlagerorganisationen**

**INHALTSVERZEICHNIS**

<b>1</b>	<b>Hintergrund/Ausgangssituation.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Anwendungsbereich, Zielsetzung und Vorgehensweise .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Grundlagen und Begriffsdefinitionen .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Sicherheitsmanagement einer Endlagerorganisation .....</b>	<b>7</b>
4.1	Sicherheitskultur und -politik.....	9
4.2	Sicherheitsmanagementkonzept.....	9
4.3	Sicherheitsziele .....	12
4.4	Systemanalysen.....	13
4.5	Systemindikatoren.....	15
4.6	Ressourcen .....	16
4.7	Dokumentation.....	18
4.8	Qualitätssicherung.....	20
<b>5</b>	<b>Phasen der Endlagerrealisierung.....</b>	<b>22</b>
5.1	Standortauswahl, Erkundung und Planung .....	24
5.2	Errichtung.....	25
5.3	Betrieb.....	26
5.4	Stilllegung.....	28
<b>6</b>	<b>Unterlagenverzeichnis.....</b>	<b>30</b>

## **1 Hintergrund/Ausgangssituation**

Die Entsorgung aller radioaktiven Abfälle durch die abfallerzeugenden Generationen muss derart erfolgen, dass für zukünftige Generationen keine unzumutbaren Lasten und Verpflichtungen entstehen [1]. Dazu sind durch die gegenwärtigen Generationen sichere, umsetzbare und für die Umwelt akzeptable Lösungen herbeizuführen und zur Erreichung dieser Ziele Managementsysteme gemäß [2, § 7c; 5, Kap. 2 (8)] einzusetzen, die sicherstellen, dass alle Schritte und Elemente der Umsetzung mit der notwendigen Sorgfalt ausgeführt werden.

Die Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe hatte in ihrem Abschlussbericht empfohlen, die Erstellung einer Leitlinie zum Thema Sicherheitsmanagement zeitnah anzugehen [3, Kap. 6.5.1]. Es wurde von der Kommission festgehalten, dass ein Sicherheitsmanagement nicht nur für den Antragsteller, Betreiber oder Vorhabenträger gelten sollte, sondern auch für alle beteiligten Behörden und anderen Organisationen [3, Kap. 6.5.1].

Ein Sicherheitsmanagement definiert Strategien und Prozesse, welche eine zuverlässige Umsetzung der Sicherheitsanforderungen und eine ständige Verbesserung [4, Kap. 3.48] des Sicherheitsniveaus des Endlagers garantieren. Es beinhaltet auch die Kontrolle des erreichten Sicherheitsstands und die Einleitung von konkreten Prozessen zur ständigen Verbesserung. Das Sicherheitsmanagement umfasst die Gesamtheit der Tätigkeiten zur sachgerechten Planung, Organisation, Steuerung und Kontrolle der Endlagerorganisation in Bezug auf Sicherheit und Resilienz [4, Kap. 3.227]. Dies betrifft die Personen, Arbeiten und notwendigen Prozesse zur vorausschauenden Planung und Bereitstellung der erforderlichen personellen, organisationsbezogenen und finanziellen Ressourcen, eine angemessene Infrastruktur [4, Kap. 3.117] und ein sicherheitsförderndes Arbeitsumfeld sowie die geregelte Zusammenarbeit mit externen Organisationen.

Die Verordnung über Sicherheitsanforderungen und vorläufige Sicherheitsuntersuchungen für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle [5] beinhaltet eine große Zahl von Anforderungen, deren Umsetzung auch durch ein Sicherheitsmanagement begleitet werden muss. In ihrer 76. Sitzung am 16./17.05.2019 hat die ESK daher beschlossen, eine Leitlinie zum Sicherheitsmanagement in Endlagerorganisationen (im Folgenden: Leitlinie Sicherheitsmanagement) zu erarbeiten. Deren Inhalt stützt sich im Wesentlichen auf nationales [z. B. 5-9] und internationales Regelwerk [z. B. 1, 10-13] sowie zahlreiche Erfahrungen und Umsetzungsbeispiele aus der Kerntechnik, aus dem Bergbau und aus der Luftfahrt. Die Leitlinie ergänzt bestehende Leitlinien der ESK, insbesondere die Leitlinie zum sicheren Betrieb eines Endlagers [14].

Die Leitlinie wurde im Rahmen einer Ad-hoc-Arbeitsgruppe erarbeitet, im ESK-Ausschuss ENDLAGERUNG RADIOAKTIVER ABFÄLLE in der 74., 75. und 76. Sitzung am 19.06.2020, 31.07.2020 und 17.09.2020 überarbeitet, in der ESK in der 83. und 85. Sitzung am 01.10.2020 und 10.12.2020 diskutiert und daraufhin im Umlaufverfahren innerhalb der ESK abgestimmt. Die Leitlinie wurde anschließend an der 88. ESK-Sitzung mit den primär betroffenen Organisationen BMU, BASE und BGE diskutiert und durch die Ad-hoc-Arbeitsgruppe in Zusammenarbeit mit BASE und BGE überarbeitet. Sie wurde am 01.09.2021 in der 91. ESK-Sitzung verabschiedet.

## 2 Anwendungsbereich, Zielsetzung und Vorgehensweise

Gemeinsames Ziel aller Beteiligten ist die Endlagerung radioaktiver Abfälle mit bestmöglicher Sicherheit. Die bestmögliche Sicherheit soll durch den Einbezug aller Beteiligten erreicht werden. Die Leitlinie Sicherheitsmanagement hat zum Ziel, die beteiligten Endlagerorganisationen (Antragsteller, Betreiber oder Vorhabenträger) sowie die zuständigen Behörden und andere am Erreichen der bestmöglichen Sicherheit beteiligte Organisationen (im Folgenden immer zusammenfassend als „Endlagerorganisationen“ bezeichnet) anzuleiten, in ihrem jeweiligen Bereich ein Sicherheitsmanagement einzuführen<sup>1</sup> und dessen Ausführung/Einhaltung entsprechend zu überwachen. Das Sicherheitsmanagement ist im Sinne eines dynamischen Systems kontinuierlich zu prüfen und nach Bedarf an die aktuellen Aufgaben und Arbeiten anzupassen. Dazu beschreibt die Leitlinie insbesondere die organisatorischen und inhaltlichen Aspekte zur Etablierung eines entsprechenden Sicherheitsmanagements.

Die an der Realisierung eines Endlagers zusätzlich beteiligten Behörden und anderen Organisationen haben unter Berücksichtigung der eigenen Aufgaben und gesetzlichen Rahmenbedingungen zu prüfen, inwieweit die Leitlinie auf die eigenen Arbeiten sinngemäß angewandt werden kann. Alle Beteiligten müssen berücksichtigen, dass die eigenen Handlungen Auswirkungen auf Handlungen anderer Beteiligter haben (können). Der Umfang der Berücksichtigung der Anforderungen dieser Leitlinie durch eine Organisation hat sich am Gesamtziel einer sicheren Endlagerung der radioaktiven Abfälle zu bemessen.

Zur Festlegung dieses Umfangs der Berücksichtigung sind die in der Leitlinie formulierten Anforderungen (ab Kap. 4) von erläuternden Texten abgesetzt dargestellt. Die Unterteilung in einzelne Anforderungen soll dazu dienen, dass deren Umsetzung auf Stufe Anforderung spezifisch diskutiert und für die jeweilige Organisation verbindlich festgelegt werden kann.

Die vorliegende Leitlinie nimmt primär Bezug auf Aktivitäten im Rahmen der Realisierung eines Endlagers für hochradioaktive Abfälle. Unter Berücksichtigung, dass am Standort dieses Endlagers möglicherweise auch schwach und mittel radioaktive Abfälle einzulagern sind und für die Umsetzung und Aufsicht bei existierenden Anlagen die teilweise gleichen Organisationen zuständig sind, ist eine Anwendung dieser Leitlinie auf die Betreiber und aufsichtlichen Behörden der bereits bestehenden Anlagen zur Endlagerung schwach und mittel radioaktiver Abfälle sinnvoll. Die Etablierung verschiedener Sicherheitsmanagements in Untereinheiten der gleichen Organisation wird als nicht vorteilhaft angesehen. Primäre Zielsetzung eines Sicherheitsmanagements ist die Förderung eines möglichst hohen Sicherheitsniveaus.

Die oberste Leitung [4, Kap. 3.263] der jeweiligen Endlagerorganisation trägt umfassende Verantwortung für die Etablierung eines hohen, allen Anforderungen entsprechenden Sicherheitsniveaus und dessen aktiver Umsetzung [2, § 7c]. Sie hat dafür zu sorgen, dass ein Sicherheitsmanagement gemäß dieser Leitlinie entwickelt, dokumentiert, kommuniziert und umgesetzt wird, in dem die sicherheitsrelevanten Informationen, Prozesse und Tätigkeiten stufengerecht<sup>2</sup> und umfassend dargestellt sind. Dabei ist insbesondere darauf zu achten, dass das Sicherheitsniveau nicht durch andere Anforderungen abgesenkt wird (z. B. finanzielle oder

---

<sup>1</sup> Dies soll im Rahmen eines integrierten Managementsystems erfolgen [15, Kap. 4.3], in dem das Thema des Sicherheitsmanagements explizit etabliert sein muss und das unter anderem auf die Etablierung einer positiven Sicherheitskultur abzielt.

<sup>2</sup> Stufengerechtigkeit meint die Anpassung von Maßnahmen an den Einfluss eines Prozesses, einer Tätigkeit oder einer Ausrüstung auf das Sicherheitsniveau bzw. den Schutz von Mensch und Umwelt.

zeitliche Anforderungen). Dazu sind auch mit Blick auf die Langzeitsicherheit die potenziellen Sicherheitsrisiken<sup>3</sup> bei der Erkundung und Planung, Errichtung, dem Betrieb und der Stilllegung eines Endlagers zu identifizieren. Darauf aufbauend sind Maßnahmen zu deren Vermeidung/Beherrschung zu definieren und umzusetzen. Aufgrund der zukünftigen Entwicklungen sind eine regelmäßige Überprüfung [4, Kap. 3.197] und Fortschreibung der Leitlinie vorzusehen.

Die Realisierung eines Endlagers ist geprägt durch lange Erkundungs-, Planungs-, Errichtungs- und Betriebszeiten. In diesen Zeiträumen können sich die gesetzlichen, untergesetzlichen und gesellschaftlichen Anforderungen an das Endlager ändern. Das Sicherheitsmanagement der Endlagerorganisation hat sicherzustellen, dass sich ändernde Anforderungen kontinuierlich einfließen und Konflikte durch sich widersprechende Anforderungen gelöst werden. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf Anforderungen, welche die Sicherheit über den Zeitpunkt des Verschlusses hinaus (Langzeitsicherheit) gewährleisten (d. h. für einen Zeitraum von einer Million Jahre, vgl. [5, § 1 (2)]). Dabei ist die Frage zu stellen, wann welche Entscheidungen zu treffen sind und welche technischen und wissenschaftlichen Grundlagen für diese Entscheidungen jeweils zur Verfügung stehen müssen. Es ist zu definieren, wann welche Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten anzugehen sind [5], welche Daten für ein späteres Monitoring als Referenzwert zu erfassen sind etc., sodass rechtzeitig die zukünftigen, sicherheitsrelevanten Aktivitäten festgelegt werden können.

Die Leitlinie Sicherheitsmanagement bezieht sich auf alle heute durchgeführten Aktivitäten sowie heute vorhersehbaren Entwicklungen, welche die Standortauswahl, Erkundung und Planung, die Errichtung, den Betrieb sowie die Stilllegung des Endlagers für hochradioaktive Abfälle in Deutschland betreffen. Sie schließt grundsätzlich auch die Möglichkeit einer Einlagerung von schwach- und mittelradioaktiven Abfällen an diesem Standort ein.

Der Begriff „Sicherheit“ bezieht sich auf das Sicherstellen des Erreichens einer Lösung zum langzeitsicheren Einschluss der radioaktiven Abfälle in einem stabilen Prozess. Dazu gehören auch das sichere Erstellen und Betreiben der untertägigen Anlagen. Die Anforderungen umfassen insbesondere sicherheitsrelevante Aspekte sowie weitere gesetzlich begründete Anforderungen, z. B. bzgl. Umweltschutz und Arbeitssicherheit. Sie können neben den von außen geforderten Anforderungen jedoch auch Ziele umfassen, die von der Endlagerorganisation selbst in ihrem Sicherheitsmanagement festgelegt werden. Bezieht sich der Begriff „Sicherheit“ allein auf das Sicherheitsmanagement, so wird dieser nachfolgend als „Sicherheit in Bezug auf das Sicherheitsmanagement“ bezeichnet. Dabei gilt, dass die Erreichung der definierten Ziele bzw. der dazu vereinbarten Aktivitäten regelmäßig auf ihre Einhaltung und Wirksamkeit überprüft werden. Ziel ist es, eine kontinuierliche Verbesserung der Unternehmensleistung hinsichtlich der mit dem Sicherheitsmanagementsystem abgedeckten Tätigkeiten zu erreichen.

In der Leitlinie Sicherheitsmanagement werden zunächst die für die weiteren Ausführungen relevanten Begriffe erläutert sowie die wesentlichen Bestandteile eines Sicherheitsmanagements beschrieben (Kap. 3). Es werden der generische Aufbau eines Sicherheitsmanagements einer Endlagerorganisation dargestellt und dessen wesentliche Elemente erläutert (Kap. 4). Abschließend werden die Anforderungen an ein Sicherheitsmanagement in den einzelnen Phasen der Realisierung eines Endlagers ausgeführt (Kap. 5). Eine Reihe von Begriffen

---

<sup>3</sup> Der Begriff „Risiko“ wird im Dokument in zweifacher Hinsicht verwendet. Er beschreibt einerseits das Risiko einer Verschlechterung des Sicherheitsniveaus (vgl. [7, Kap. 4.1.5], in diesem Fall als „Sicherheitsrisiko“ bezeichnet); er beschreibt aber auch das Risiko, das sich aus einem ungenügenden Sicherheitsmanagement für die Endlagerorganisation selbst ergibt (folglich als „Risiko für die Endlagerorganisation“ bezeichnet, vgl. [7, Kap. 3.7]).

wurde in dieser Leitlinie auf der Basis der ISO-Norm 22300 [5] verwendet. Entsprechende Begriffsdefinitionen werden beim ersten Auftreten des Begriffs referenziert.

### 3 Grundlagen und Begriffsdefinitionen

Um ein möglichst hohes Sicherheitsniveau zu erreichen, gilt es, die Ursachen für Risiken, welche die Sicherheit beeinträchtigen oder herabsetzen können, zu erkennen sowie die Ursache-Wirkungszusammenhänge zu verstehen. Eine kontinuierliche Überprüfung des Sicherheitsniveaus ist erforderlich, um Defizite/Sicherheitsrisiken frühzeitig zu erkennen und Maßnahmen einzuleiten, um einen stabilen Sicherheitszustand (wieder) zu erreichen. Das Sicherheitsrisiko wird dabei durch eine Aussage beschrieben, welche für Schadensereignisse oder Szenarien die Eintrittswahrscheinlichkeit eines zum Schaden führenden Ereignisses angibt und das zu erwartende Schadensausmaß beschreibt (Abb. 1).

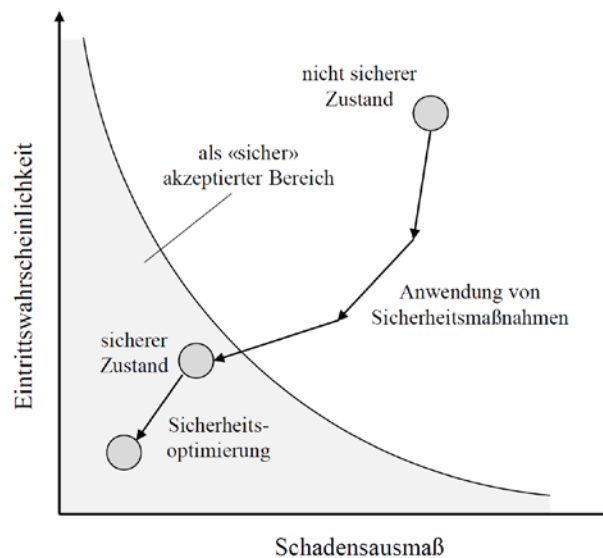


Abb. 1: Prinzipielle Darstellung des als „sicher“ akzeptierten Bereichs.

Die jeweils anzuwendenden Sicherheitsanforderungen definieren das Ausmaß des als „sicher“ akzeptierten Bereichs (Abb. 1). Innerhalb dieses durch die Anforderungen definierten Bereichs kann durch gezielte und kontinuierliche Verbesserungsmaßnahmen ggf. ein noch höheres bzw. robusteres Sicherheitsniveau erreicht werden, indem die Eintrittswahrscheinlichkeit oder das mögliche Schadensausmaß oder beides weiter reduziert werden. Wird durch den Einsatz von Systemindikatoren (Kap. 4.6) eine gegenläufige Tendenz erkannt, kann frühzeitig gegengesteuert werden. Wird der Sicherheitsbereich verlassen, ist ein Sicherheitsdefizit vorhanden, durch das die Unversehrtheit von Beschäftigten, der Bevölkerung und der Umwelt gefährdet werden kann. Es ist zu beachten, dass sich der als sicher akzeptierte Bereich beispielsweise durch Änderungen an den gesetzlichen Bestimmungen ändern kann und dadurch ein vormals sicherer Zustand nicht länger im als sicher akzeptierten Bereich liegt.

Schadensereignisse können mehrere Ursachen haben (Multikausalität), aber immer den drei Faktoren Mensch, Technik und Organisation (MTO) zugeordnet werden. Diese drei Faktoren sind die Ansatzpunkte des

Sicherheitsmanagements. Im Hinblick auf den langen Zeithorizont bei der Endlagerung sind Schadensereignisse und MTO-Faktoren sowohl hinsichtlich ihrer kurz- als auch ihrer langfristigen Wirkungen zu betrachten.

Die Implementierung eines Sicherheitsmanagements hat zum Ziel, ein möglichst hohes Sicherheitsniveau zu erreichen und langfristig zu gewährleisten. Im Grundsatz besteht das Sicherheitsmanagement mindestens aus den folgenden Elementen, die endlagerorganisationsspezifisch ausgeprägt sein können und ggf. durch weitere endlagerspezifische Elemente zu ergänzen sind. Diese dürfen sich nicht widersprechen und müssen kongruent zueinander gestaltet sein:

- **Sicherheitsmanagementkonzept:** Dieses definiert die Sicherheitsziele einer Endlagerorganisation und beschreibt Maßnahmen zur Zielerreichung. Es bildet die Basis für die Planung und Durchführung einzelner Sicherheitsmaßnahmen mit dem Ziel, das geplante Sicherheitsniveau zu erreichen und identifizierte Sicherheitsrisiken zu minimieren.
- **Sicherheitspolitik:** Diese beschreibt im Einklang mit dem Leitbild die Zielsetzung, Absichten und Ausrichtung der Endlagerorganisation in Bezug auf die bestmögliche Sicherheit (vgl. [6, § 1]). Sie wird von der obersten Leitung verabschiedet und gegenüber den Mitarbeitenden vorgelebt.
- **Systemanalysen<sup>4</sup>:** Systemanalysen beinhalten die Analyse der Sicherheit in Bezug auf das Sicherheitsmanagement, d. h. der darin beschriebenen Systeme, Organisationsstrukturen oder betrieblichen Abläufe. Sie ermöglicht, Schadensursachen zu erkennen, deren Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß einzuschätzen und daraus das Risiko für die Endlagerorganisation abzuschätzen.
- **Sicherheitsmanagementbericht:** Dieser wird von der jeweiligen Endlagerorganisation erstellt und gibt Auskunft über z. B.
  - das Sicherheitsmanagement und seine Anwendung,
  - die Methodik zur Ermittlung von Gefahren und den Maßnahmen zu deren Vermeidung,
  - ein Konzept zur Verhütung schwerer Schadensereignisse,
  - die Planung, die Errichtung und den Betrieb der Anlagen, Systeme und Komponenten (ASK) sowie deren Betriebssicherheit,
  - interne und externe Notfallpläne.
- **Systemindikatoren<sup>5</sup>:** Diese werden aus Systemanalysen abgeleitet. Sie sollen leicht erfassbar sein und sind regelmäßig zu verfolgen. Sie geben einen Überblick über den Sicherheitsstatus einer Endlagerorganisation und weisen bereits in einem frühen Stadium auf eine mögliche Veränderung (Verbesserung oder Verschlechterung) hin.
- **Sicherheitskultur:** Sie umfasst die gelebte Umsetzung der gemeinsamen Ziele, Interessen, Normen, Werte und Verhaltensmuster einer Endlagerorganisation zum Umgang mit Fragen der Sicherheit. Sie erfordert einen kontinuierlichen Lernprozess aller Mitarbeitenden und muss alle Ebenen einer

---

<sup>4</sup> Der Begriff «Sicherheitsanalyse» bezieht sich in dieser Leitlinie auf das Sicherheitsmanagement und ist nicht zu verwechseln mit der Sicherheitsanalyse, die jeweils zur Betriebs- oder Langzeitsicherheit erstellt wird.

<sup>5</sup> Der Begriff „Systemindikatoren“ bezieht sich auf Indikatoren, mit denen das Sicherheitsmanagement bewertet wird. Der Begriff weicht bewusst von dem sonst für Managementsysteme üblichen Begriff „Sicherheitsindikatoren“ ab, um keine Verwechslung mit dem sonst in den Sicherheitsanalysen zur Betriebs- und Langzeitsicherheit verwendeten Begriff zu verursachen.

Endlagerorganisation durchdringen. An der Spitze einer Endlagerorganisation hat die oberste Leitung einen entscheidenden Einfluss auf die Sicherheitskultur der gesamten Endlagerorganisation, in dem sie die Werte von Sicherheit und Qualität deutlich macht, sodass die Arbeitnehmenden bei ihren täglichen Aufgaben nicht in einen Konflikt zwischen Sicherheit und operativen Zielen geraten (siehe auch [2]).

#### 4 Sicherheitsmanagement einer Endlagerorganisation

Anforderung	Erläuterung
<p>a) Sicherheit muss durch ein wirksames Sicherheitsmanagementsystem erreicht und aufrechterhalten werden.</p>	<p>Zu a) Das Sicherheitsmanagement umfasst sämtliche Maßnahmen im Zeitraum der Standortauswahl, Erkundung und Planung über die Errichtung und den Betrieb bis hin zur Stilllegung eines Endlagers zur systematischen Vermeidung, Erkennung, Analyse, Bewertung und Überwachung von Sicherheitsrisiken in diesem Zeitraum und darüber hinaus. Werden neben dem Sicherheitsmanagementsystem weitere, fachspezifische Managementsysteme eingeführt, sind diese zu einem integrierten Managementsystem zusammenzufassen [15, Kap. 4.3].</p>
<p>b) Im Sicherheitsmanagement sind vergleichbare Anforderungen standardisiert umzusetzen, Prozesse abzugleichen und sicherheitsrelevante Aktivitäten koordiniert zu planen und zu realisieren.</p>	<p>Zu b) Nach der Prämisse „Safety first“ soll das Sicherheitsmanagement dabei eine führende Rolle im Abgleich mit den Anforderungen übernehmen. Es basiert auf der Prämisse, dass es immer Sicherheitsrisiken und menschliche Fehler gibt und Prozesse notwendig sind, welche die regelmäßige Kommunikation und Konsultation [4, Kap. 3.41] über diese Sicherheitsrisiken und die Maßnahmen zu deren Verringerung verbessern. Die Prämisse „Safety first“ wird als Teil der Sicherheitskultur auf oberster Leitungsebene vorgelebt.</p>
<p>c) Im Sicherheitsmanagement müssen Mindestanforderungen an die Sicherheit festgelegt, im Einklang mit anderen Anforderungen angewendet und ggf. weiterentwickelt werden.</p>	<p>Zu c) Die Mindestanforderungen werden definiert auf der Basis der gesetzlichen und untergesetzlichen Anforderungen und weiterer Anforderungen, die die Endlagerorganisation selber für sich definiert.</p>

<p>d) Das Sicherheitsmanagement muss erstellt, dokumentiert, implementiert, bewertet, kontrolliert und kontinuierlich verbessert werden durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>i) Einhaltung des als sicher akzeptierten Bereichs, unter Berücksichtigung der betrieblichen und wirtschaftlichen Anforderungen und Anspruch auf weitere Verbesserung,</li> <li>ii) Beschreiben und Umsetzen der geplanten und systematischen Maßnahmen, die erforderlich sind, um Vertrauen zu schaffen, dass alle Anforderungen erfüllt werden,</li> <li>iii) Entwicklung einer Sicherheitskultur, die ein gemeinsames Engagement für die Sicherheit fördert und eine proaktive, hinterfragende und lernende Endlagerorganisation auf allen Ebenen unterstützt.</li> </ul>	<p>Zu d) Bzgl. des Begriffes der kontinuierlichen Verbesserung, siehe [13, DI-14]. Der Ansatz folgt einem in Managementsystemen üblichen PDCA-Ansatz (vgl. [7, Kap. 3.6]). Der als sicher akzeptierte Bereich ist in Abb. 1 dargestellt.</p> <p>Die Sicherheitskultur (vgl. Kap. 4.1) ist inhärenter Teil des Managementsystems, wodurch auch kulturelle Aspekte systematisch und kontinuierlich verbessert werden, regelmäßige Bewertungen des Sicherheitsniveaus ermöglicht werden und das Lernen aus Erfahrungen sichergestellt wird [1, Kap. 3.12].</p>
<p>e) Das Sicherheitsmanagement ist nicht nur für den Normalbetrieb, sondern auch auf möglicherweise auftretende anomale Betriebszustände und Störfälle auszulegen.</p>	<p>Zu e) Das Sicherheitsmanagement soll sowohl im Normalbetrieb als auch in möglicherweise auftretenden anomalen Betriebszuständen und Störfällen handlungsfähig bleiben und adäquat reagieren können [13, DI-15].</p>
<p>f) Das Sicherheitsmanagement hat sicherzustellen, dass die in den einzelnen Prozessen ausgeführten Arbeiten unter Beachtung des Stands von Wissenschaft und Technik ausgeführt werden.</p>	<p>Zu f) Das Sicherstellen des Standes von Wissenschaft und Technik erfordert eine ständige Qualitätssicherung (vgl. [5, §§ 5(4), 6(4), 9(1), 12(4)]).</p>

#### 4.1 Sicherheitskultur und -politik

Anforderung	Erläuterung
<p>a) Das Sicherheitsmanagement hat eine endlagerorganisationsinterne Sicherheitskultur zu etablieren und über die interne Sicherheitspolitik zu implementieren.</p>	<p>Zu a) Die Sicherheitskultur umfasst eine gemeinsame Grundhaltung, Verantwortung und Handlungsweise aller Akteure für die Sicherheit, ein gemeinsames Verständnis darüber, was Sicherheit ausmacht und wie diese erreicht wird – sowohl in Bezug auf die</p>



	Gesamtheit der Endlagerorganisation, deren innere Zusammenhänge wie auch alle Einzelpersonen.
b) Es ist sicherzustellen, dass die Sicherheitskultur allen Mitarbeitenden sowie involvierten Fremdfirmen bekannt ist und gelebt wird.	Zu b) Die Sicherheitskultur soll Vertrauen, eine lernende Haltung, Zusammenarbeit, Rücksprache und Kommunikation sowie einen konstruktiven Umgang mit Nichtkonformitäten [4, Kap. 3.149] unter den Mitarbeitenden der Endlagerorganisation und Mitarbeitenden involvierter Fremdfirmen fördern. Dies impliziert, dass die Mitarbeitenden Sicherheitsaspekte [4, Kap. 3.224] ansprechen, Vorschläge machen und ohne Angst vor Bestrafung, Ausgrenzung, Einschüchterung oder sonstigen persönlichen Nachteilen auf Nichtkonformitäten hinweisen können. Weiterhin soll die Sicherheitskultur sich daran orientieren, was gut, korrekt und ohne Probleme abläuft und das entsprechende Verhalten würdigen [16].

#### 4.2 Sicherheitsmanagementkonzept

<b>Anforderung</b>	<b>Erläuterung</b>
a) Im Sicherheitsmanagementkonzept sind alle relevanten Rahmenbedingungen, die definierten Sicherheitsziele der Endlagerorganisation sowie die Maßnahmen zur Zielerreichung zu beschreiben bzw. zu definieren.	Zu a) Die Erstellung und Umsetzung eines Sicherheitsmanagementkonzepts dient dem Erreichen des als sicher akzeptierten Bereichs, dem Verbleiben darin sowie der Sicherheitsoptimierung durch Minimierung der identifizierten Sicherheitsrisiken (vgl. Abb. 1). Es dient auch dem Sicherstellen der Sicherheit in Bezug auf das Sicherheitsmanagement selbst. Da das Sicherheitsmanagementkonzept die Basis für die Planung und Durchführung einzelner Sicherheitsmaßnahmen bildet, soll es sich auch mit Fragen von Ungewissheiten und vom Normalbetrieb abweichenden Situationen beschäftigen (vgl. Anforderung 4.2f).
b) Das Sicherheitsmanagementkonzept muss auf eine Organisationsstruktur hinwirken, die die Sicherheitspolitik der Endlagerorganisation mithilfe einer klaren Definition von	Zu b) Die genannten Bezüge lehnen sich an [13, DI-17] an. Der Begriff der Interoperabilität wird in [4, Kap. 3.128] definiert. Zum Prozess der Verbesserung vgl. Kap. 4.8, zur

<p>Verantwortlichkeiten, Befugnissen und Kommunikationswegen wie auch Anreizen und Sanktionen umsetzt und dabei Bezug nimmt auf</p> <ul style="list-style-type: none"><li>i) funktionale Verantwortlichkeiten, Autoritätsebenen und Interaktionen derjenigen, die Arbeiten verwalten, durchführen und bewerten,</li><li>ii) Interoperabilität und resultierende Interaktion der Endlagerorganisation mit Fremdfirmen, einschließlich der Kontrolle ihrer Tätigkeiten,</li><li>iii) Prozessbeschreibungen und weiterführende Informationen, die erläutern, wie die Arbeit vorbereitet, durchgeführt, aufgezeichnet, bewertet, überprüft und verbessert wird,</li><li>iv) Mensch-Technik-Organisation (MTO)-Interaktionen, die einen Einfluss auf die Sicherheit und Sicherheitskultur haben,</li><li>v) systematische Erfassung, Dokumentation und Auswertung von Betriebserfahrungen,</li><li>vi) Bestimmungen zur Dokumentation von Kenntnissen, Informationen und Daten über alle Aspekte im Zusammenhang mit der Sicherheit des Endlagers bis zu seiner Stilllegung, zur Weitergabe dieser Dokumentation an die Behörde bzw. zur dauerhaften Speicherung durch diese, und</li><li>vii) einen angemessenen Wissenstransfer während der verschiedenen Phasen (Kap. 5) des Vorhabens.</li></ul>	<p>Dokumentation vgl. Kap. 4.7. Die einzelnen Phasen der Lagerrealisierung werden in Kap. 5 erläutert. Die Anforderung in b (vi) bezieht sich auf [6, § 38 (2)].</p>
<p>c) Das Sicherheitsmanagement hat Prozesse zum Umgang mit bzw. zur Minimierung von Ungewissheiten und Risiken für die Endlagerorganisation festzulegen.</p>	<p>Zu c) Die Minimierung von Ungewissheiten wird weiter in [11] ausgeführt. Der Begriff Risiko wird in diesem Kontext nach [4, Kap. 3.215] verwendet.</p>
<p>d) Im Rahmen oben genannter Prozesse ist transparent aufzuzeigen, inwiefern Ungewissheiten bzgl. Sicherheit noch oder ggf. nicht mehr reduziert werden können.</p>	<p>Zu d) Die Anforderung nimmt die in [5, § 11] genannten Anforderungen auf. Dazu gehören Programme zur Erfassung von vorhandener Information und interne Vorgänge, die sicherstellen, dass insbesondere irreversible oder schwer reversible Entscheidungen so früh</p>

	<p>wie nötig bzw. so spät wie möglich getroffen werden, dass für die Entscheidungsfindung wo immer möglich mehrere Alternativen betrachtet werden und ein hinsichtlich Sicherheit bestmöglicher Ansatz gewählt wird. Durch Forschungs- und Entwicklungsvorhaben der Endlagerorganisation sollen dazu die Entscheidungsgrundlagen erarbeitet werden [5, §§ 11(3), 12].</p>
<p>e) Das Sicherheitsmanagementsystem hat sicherzustellen, dass die Endlagerorganisation ein Notfallmanagement vorhält, Notfallpläne entwickelt und in bestimmten Abständen in den bestehenden Anlagen Notfallübungen durchgeführt werden.</p>	<p>Zu e) Notfallmanagement (gemäß [4, Kap. 3.78]), Notfallpläne und Notfallübungen beziehen die Beteiligung weiterer externer Notfallorganisationen ein. Der Notfallplan sollte der ständigen Überprüfung und Aktualisierung im Lichte der gesammelten Erfahrungen und Betriebserfahrungen vergleichbarer Einrichtungen und Aktivitäten im In- und Ausland [13, DI-19 und DI-64] unterliegt.</p>
<p>f) Das Sicherheitsmanagement hat sicherzustellen, dass in einem Notfallhandbuch Vorgehensweisen und Organisationsstrukturen festgelegt werden, um kerntechnischen oder konventionellen Ereignissen bestmöglich begegnen zu können. Der Umfang der Notfallmaßnahmen ist dem möglichen Schadensausmaß anzupassen. Es sind u. a.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>i) klare Kommunikations- und Entscheidungswege zu benennen,</li><li>ii) klare Verantwortlichkeiten zu definieren,</li><li>iii) Materialversorgung und Transportwege zu definieren,</li><li>iv) Vertreterregelungen zu treffen,</li><li>v) die Einbindung von externen Organisationen zu koordinieren,</li><li>vi) Vereinbarungen zur gegenseitigen Hilfeleistung vorzusehen und</li><li>vii) der Umgang mit der Öffentlichkeit zu organisieren.</li></ul>	<p>Zu f) Zusätzliche Anforderungen zum Notfallhandbuch finden sich in [17]. In jeder Betriebsphase können unvorhergesehene Ereignisse eintreten, die schnelles und strukturiertes Handeln erforderlich machen. Der Begriff der gegenseitigen Hilfeleistung wird in [4, Kap. 3.148] definiert.</p>

### 4.3 Sicherheitsziele

<b>Anforderung</b>	<b>Erläuterung</b>
<p>a) Die Sicherheitsziele sind so zu definieren, dass die zum jeweiligen Zeitpunkt gültigen sicherheitsrelevanten und sicherheitsgerichteten Anforderungen abgedeckt werden.</p>	<p>Zu a) Sicherheitsrelevante Anforderungen (insbesondere aus berg- und kerntechnischer Sicht und zum Arbeits- und Gesundheitsschutz) von außen ergeben sich unter anderem aus:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>i) internationalen Standards bzw. Regelwerken,</li> <li>ii) nationalen gesetzlichen Regelwerken,</li> <li>iii) den dazu verfassten untergesetzlichen Regelwerken,</li> <li>iv) der Anwendung von anerkannten Regelwerken aus dem Bergbau und der Kerntechnik,</li> <li>v) den zu konditionierenden, zwischenzulagernden oder endzulagernden Abfallmengen (Abfallströme gemäß [18]), deren chemischer und radiologischer Zusammensetzung,</li> <li>vi) dem aktuellen Alter und Zustand der Abfälle,</li> <li>vii) den Randbedingungen gemäß Stand von Wissenschaft und Technik,</li> <li>viii) den finanziellen Rahmenbedingungen sowie</li> <li>ix) den gesamtgesellschaftlichen Erwartungen.</li> </ul> <p>Zusätzlich können sicherheitsrelevante Anforderungen aus der Endlagerorganisation selbst bestehen aufgrund</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>x) der im Managementsystem vorhandenen Sicherheitspolitik,</li> <li>xi) der durch die oberste Leitung vorgegebenen internen Strategien, Leitbilder, Pläne,</li> <li>xii) der durch die Organisationsstruktur vorgegebenen Randbedingungen (z. B. verfügbarer personeller Ressourcen),</li> <li>xiii) interner Regelungen zur Evaluation und Kontrolle der Zulieferer und der dort</li> </ul>

	<p>implementierten Sicherheitsmanagements bzw. des Qualitätsmanagements oder</p> <p>xiv) zusätzlicher für die Endlagerorganisation selbst hergeleiteter Vorgaben (z. B. bzgl. Arbeitssicherheit oder Strahlenschutz).</p>
<p>b) Für jedes Sicherheitsziel ist darzulegen, wodurch und wie es erfüllt und mit welchen Systemindikatoren der Erfolg gemessen wird.</p>	<p>Zu b) Die Dokumentation der Erfüllung dient der Nachvollziehbarkeit und Transparenz der internen Verfolgung der Sicherheitsziele [12].</p>
<p>c) Die Sicherheitsziele sind zu dokumentieren; dabei ist die Abdeckung der zum jeweiligen Zeitpunkt gültigen sicherheitsrelevanten und sicherheitsgerichteten Anforderungen und der Zusammenhang zwischen Anforderungen und abgeleiteten Sicherheitszielen festzuhalten (Quelle, Aktualität, Relevanz).</p>	<p>Zu c) Zur Dokumentation gehören die Quelle, Aktualität und Relevanz der Sicherheitsziele bzw. der sicherheitsrelevanten und sicherheitsgerichteten Anforderungen.</p>
<p>d) Die Sicherheitsziele sind den sich über die Zeit verändernden Anforderungen anzupassen.</p>	<p>Zu d) Es sind Änderungen in den zu a) aufgelisteten Anforderungen zu beachten. Die Systemindikatoren sollen bei Bedarf anzupassen und fortlaufend zu überprüfen, um sicherzustellen, dass der sicherheitsgerichtete Zweck der eingesetzten Indikatoren erhalten bleibt.</p>

#### 4.4 Systemanalysen

Anforderung	Erläuterung
<p>a) Mittels Systemanalysen ist sicherzustellen, dass die Sicherheit in Bezug auf das Sicherheitsmanagement für alle Einrichtungen und Tätigkeiten im Sinne eines abgestuften Ansatzes regelmäßig überprüft wird.</p>	<p>Zu a) Systemanalysen in Bezug auf das Sicherheitsmanagement (Kap. 3) haben das Ziel, Gefahren frühzeitig zu erkennen, deren Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß (vgl. Abb. 1) einzuschätzen (ggf. auch qualitativ oder semiquantitativ) und daraus das Risiko für die Endlagerorganisation abzuschätzen. Diese beinhalten die systematische Analyse des Normalbetriebs und seiner Auswirkungen, der Art und Weise, wie Fehler aufgetreten sind bzw. auftreten können sowie der Folgen solcher Ereignisse</p>

	<p>[1, Kap. 3.15]. Systemanalysen der Endlagerorganisation umfassen insbesondere:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>i) den Nachweis, dass die Sicherheitsanforderungen erfüllt sind,</li><li>ii) den Nachweis, dass die Anlagen den Planungsgrundlagen und -anforderungen entsprechen,</li><li>iii) die Darstellung der betrieblichen Vorkommnisse oder Unfälle, deren Ursache, Ursachenanalyse und ergriffene Korrekturmaßnahmen,</li><li>iv) Änderungen der Endlagerorganisation,</li><li>v) die Bedeutung der Bewertung menschlicher Zuverlässigkeit,</li><li>vi) die Begründung und Dokumentation von Aspekten, die außerhalb des Betrachtungsrahmens der Sicherheitsanalysen gemäß [5] liegen.</li></ul>
<p>b) Im Rahmen des Sicherheitsmanagements ist die Durchführung von Analysen zur Sicherheit des Endlagersystems (betriebliche Sicherheitsanalysen und Langzeitsicherheitsanalysen) vorzusehen.</p>	<p>Zu b) Die Sicherheitsanalysen gemäß [5, §§ 8, 9] sollen z. B. Anlagenzustände des Endlagers (Betriebssicherheit), die Szenario- und Modellentwicklung (Langzeitsicherheit) zur Bewertung von Leistung und Robustheit oder die Darstellung der Unsicherheiten in der Bewertung enthalten. Betriebliche Sicherheitsanalysen berücksichtigen neben Änderungen an ASK, neuen Erkenntnissen aus Forschung und Entwicklung sowie Überwachungs-, Wartungs-, Test-, Inspektions- und Alterungsmanagementprogrammen. Weiter werden MTO-Faktoren und Änderungen in den betrieblichen Abläufen berücksichtigt.</p>
<p>c) Im Ergebnis der Systemanalysen ist nachzuweisen, dass der als sicher akzeptierte Bereich erreicht ist und der Zustand als stabil betrachtet werden kann.</p>	<p>Zu c) Die Nachweise stützen sich dabei auf die im Sicherheitsmanagement definierten Sicherheitsziele (Kap. 4.3) und Systemindikatoren (Kap. 4.5). Der akzeptierte Bereich wird in Abb. 1 dargestellt.</p>

## 4.5 Systemindikatoren

Anforderung	Erläuterung
<p>a) Das Sicherheitsmanagement hat Systemindikatoren zu definieren und anzuwenden.</p>	<p>Zu a) Die Definition und Anwendung erfolgt in Anlehnung an die in [19] beschriebene Methodik. Die Systemindikatoren sind ein wichtiges Werkzeug, um zu beurteilen, ob mit dem aktuellen Sicherheitsmanagement der als sicher akzeptierte Bereich (Abb. 1) erreicht wird. Eine periodische bzw. kontinuierliche Anwendung und Überwachung der Systemindikatoren weist auf mögliche Verbesserungen und/oder Verschlechterungen hin. Dies ermöglicht es, Korrekturmaßnahmen (gemäß [4, Kap. 3.54]) frühzeitig einzuleiten, bevor für die Endlagerorganisation ein inakzeptables Risiko entsteht, und die Wirkung der Korrekturmaßnahmen zu überprüfen. Spezifische Indikatortrends, die über einen bestimmten Zeitraum erfasst werden, können eine Frühwarnung für das Management darstellen, um die Ursachen hinter den beobachteten Veränderungen zu untersuchen.</p> <p>Die Ableitung von Systemindikatoren kann unter anderem im Rahmen von Systemanalysen, anhand von Schadensereignissen sowie regulatorischen Vorgaben erfolgen.</p> <p>Weiterhin können Systemindikatoren in einem anlagenübergreifenden Vergleich eingesetzt werden. Neben Vergleichen mit anderen Endlagervorhaben können je nach Indikator auch Vergleiche mit untertägigen Einrichtungen und/oder kerntechnischen Anlagen im Sinne der kontinuierlichen Verbesserung (vgl. Kap. 4.8) zielführend sein.</p>
<p>b) Für die Systemindikatoren sind Bedingungen und/oder Grenzwerte zu definieren, deren Einhaltung entsprechend überprüft werden kann.</p>	<p>Zu b) Dabei kann es erforderlich sein, frühzeitig Referenzwerte bzw. Zeitreihen von Umweltparametern zu erfassen (Nullmessung bzw. Messung der natürlichen Schwankungen).</p>
<p>c) Die Systemindikatoren sind an die sich ändernden Sicherheitsziele anzupassen und in</p>	<p>Zu c) Antagonistische Wirkungen sollen bei der Entwicklung von Indikatoren und Interpretation</p>

<p>ihrer Wirksamkeit fortlaufend zu überprüfen.</p>	<p>der Ergebnisse vermieden werden. So kann beispielsweise die Anzahl gemeldeter Unfälle als Indikator für die Sicherheit gegensätzliche Wirkungen haben: Unfälle können tatsächlich aktiv vermieden werden oder Unfälle werden als nicht relevant deklariert, bagatellisiert oder nicht gemeldet.</p>
---	--

#### 4.6 Ressourcen

Anforderung	Erläuterung
<p>a) Das Sicherheitsmanagement hat sicherzustellen, dass für die von außen und von innen vorgegebenen Sicherheitsanforderungen genügend personelle, administrative, finanzielle und technische Ressourcen zur Verfügung gestellt werden, um diese erfüllen zu können.</p>	<p>Zu a) Das Sicherheitsmanagement soll darauf hinwirken, dass die Mitarbeitenden regelmäßig zur Förderung resilienten Handelns motiviert werden und durch ihr flexibles Handeln das Sicherheitsniveau erhöhen [16].</p>
<p>b) Das Sicherheitsmanagement hat darauf hinzuwirken, dass die personellen und technischen Ausrüstungen aufeinander abgestimmt werden. Die Mitarbeitenden sind an den eingesetzten Geräten entsprechend zu schulen.</p>	<p>Zu b) Der Begriff der Schulung definiert sich auf der Basis von [4, Kap. 3.265].</p>
<p>c) Das Sicherheitsmanagement hat darauf hinzuwirken, dass die personellen Mittel langfristig geplant werden. Für den Kompetenzerhalt sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen.</p>	<p>Zu c) Die Aufgaben einer Endlagerorganisation verlagern sich über die Zeit. Der Wissenstransfer muss über den Zeitraum der Arbeiten sichergestellt werden (vgl. [18, Kap. 3.1.3]). Neue Ideen und Erfahrungswissen sollen dabei in ständigem Austausch miteinander stehen.</p>
<p>d) Das Sicherheitsmanagement hat darauf hinzuwirken, dass die Anforderungen an die ASK an die vorgesehenen Arbeiten und deren Dauer angepasst werden. Es sind regelmäßige Funktionskontrollen vorzunehmen.</p>	<p>Zu d) Ausrüstungen sind als Teil der Infrastruktur [4, Kap. 3.117] zu verstehen, die sich der Organisation und deren Betrieb kontinuierlich anpassen. Das Sicherheitsmanagement soll gewährleisten, dass die für Erkundung und Planung, Errichtung, Betrieb und Stilllegung genutzte Ausrüstung regelmäßig gewartet und Messgeräte kalibriert werden. Die Ausrüstung für sicherheitsrelevante Tätigkeiten soll in einem Zustand gehalten werden, in dem sie</p>



	<p>jederzeit einsatzbereit zur Verfügung steht.</p>
<p>e) Für sicherheitsrelevante Tätigkeiten sind auf Basis des Sicherheitsmanagements die für die jeweilige Phase der Endlagerrealisierung notwendigen Fähigkeiten des Personals redundant vorzuhalten, sodass erwartete und unerwartete Abwesenheiten aufgefangen werden können.</p>	<p>Zu e) Sicherheitsrelevante Tätigkeiten ergeben sich aus ihrem Einfluss auf die Sicherheitsziele bzw. auf die diese beschreibenden Sicherheitsindikatoren.</p>
<p>f) Das Sicherheitsmanagement hat darauf hinzuwirken, dass bei personellen Wechsels und Übergängen von einer zur nächsten Realisierungsphase Personen mit entsprechender Eignung eingestellt und sicherheitsrelevante Arbeiten erst nach genügendem Training umgesetzt werden.</p>	<p>Zu f) Die Realisierungsphasen und deren Anforderungen an das Sicherheitsmanagement sind in Kap. 5 dargestellt. Von den Vorgesetzten wird sichergestellt, dass neue Mitarbeitende über die endlagerorganisationsinterne Sicherheitspolitik informiert werden und ausreichend Zeit haben, die in der Organisation gelebte Sicherheitskultur zu verinnerlichen.</p>
<p>g) Die Ressourcen des Sicherheitsmanagements sind proaktiv an voraussehbare zukünftige Entwicklungen anzupassen.</p>	<p>Zu g) Die Anforderung nimmt Bezug auf [13, DI-10 und DI-11, 13]. Dabei sollte auch sichergestellt werden, dass Ungewissheiten im Rahmen der Zulieferer von Material und Arbeitsleistungen frühzeitig erkannt, angegangen und angesichts der langen Betriebszeiträume von Endlagervorhaben für mögliche sicherheitsrelevante Ausfälle bei Zulieferern durch das Sicherheitsmanagement rechtzeitig entsprechende Lösungen vorbereitet werden, sodass Lieferketten [4, Kap. 3.251] nicht abreißen und alle notwendigen Ressourcen zu jeder Zeit verfügbar sind.</p>
<p>h) Es ist zu gewährleisten, dass für sicherheitsrelevante Materialien und Leistungen detaillierte Anforderungsbeschreibungen vorliegen, deren Gültigkeit periodisch überprüft wird.</p>	<p>Zu h) Nach Bedarf sind die Zulieferer periodisch auf deren Konformität bzgl. der Anforderungen zu evaluieren.</p>
<p>i) Sicherheitsrelevante Ausrüstungen sind redundant vorzuhalten und regelmäßig zu warten bzw. redundante Messgeräte regelmäßig zu kalibrieren.</p>	<p>Zu i) Die Sicherheitsrelevanz einer Ausrüstung ergibt sich aus dem Einfluss auf die Sicherheitsziele bzw. auf die diese beschreibenden Systemindikatoren. Der Gebrauch sicherheitsrelevanter Ausrüstungen und Messgeräte soll regelmäßig trainiert werden.</p>

#### 4.7 Dokumentation

Anforderung	Erläuterung
<p>a) Das Sicherheitsmanagement und die daraus erreichten Ergebnisse für die Sicherheit sind zu dokumentieren.</p>	<p>Zu a) Die Dokumentation soll in Anlehnung an [20] erfolgen. Ziel der Dokumentation ist die Nachverfolgbarkeit aller für eine sicherheitsgerichtete Entsorgung sowie ggf. Rückholung oder Bergung [6, § 26 (2)] notwendigen Informationen. Hierzu gehören auch Informationen darüber, welche Alternativen bei Entscheidungen warum nicht berücksichtigt worden sind. Weiter gilt es, Transparenz und einen generationenübergreifenden Wissenstransfer zu ermöglichen sowie mögliche Anforderungen an eine Beweissicherung zu erfüllen.</p> <p>Das Sicherheitsmanagement soll in einem eigenen Dokument oder als separater Teil des gesamten Managementsystems dokumentiert werden. Sicherungsinteressen und Regeln des Datenschutzes soll Rechnung getragen werden.</p>
<p>b) Die Dokumentation des Sicherheitsmanagements muss für alle Personen der Endlagerorganisation zugänglich, leicht und eindeutig verständlich sowie benutzerfreundlich sein.</p>	<p>Zu b) Die Zugänglichkeit und Benutzerfreundlichkeit soll in Anlehnung an [20, Abschnitt 3.1 (1)] erfolgen.</p>
<p>c) Die Dokumentation zum Sicherheitsmanagement einer Endlagerorganisation hat mindestens die folgenden Inhalte zu umfassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>i) alle relevanten gesetzlichen und regulatorischen Anforderungen an die Sicherheit,</li> <li>ii) alle internen Anforderungen der Endlagerorganisation zum Umgang mit den radioaktiven Abfällen,</li> <li>iii) eine Beschreibung von Zielen und Grundsätzen der Sicherheitspolitik und die dazu ergriffenen Maßnahmen,</li> <li>iv) alle Beschreibungen der für die Sicherheit verantwortlichen Prozesse und Tätigkeiten</li> </ul>	<p>Zu c) Der Umfang der Dokumentation und die Archivierung der Dokumente sollen stufengerecht an den Verwendungszwecken innerhalb der Endlagerorganisation bzw. an externen Anforderungen (z. B. [6, § 38] und die Sicherheitsrelevanz festgelegt werden. Der Umfang der Dokumentation soll sich sinngemäß an [20, Abschnitt 3.1 (2)] orientieren.</p>

<p>einschließlich der dafür zugeordneten Infrastrukturen und Verantwortlichkeiten,</p> <p>v) alle für die Überprüfung eingesetzten Ressourcen und Prozesse sowie die dafür definierten Verantwortlichkeiten und vorgesehenen Mittel der Protokollierung,</p> <p>vi) alle Prozesse zur sicherheitsbezogenen Verbesserung und regelmäßigen Revision des Sicherheitsmanagements,</p> <p>vii) sicherheitsrelevante Erfahrungen und daraus abgeleitete Veränderungen im Sinne eines ständigen Verbesserungsprozesses sowie</p> <p>viii) alle für die Dokumentation erforderlichen Ressourcen und Mechanismen, einschließlich Archivierungsanforderungen.</p>	
<p>d) Die Dokumentation des Sicherheitsmanagements hat immer den aktuellen Zustand von Bau und Betrieb zu beschreiben. Sie ist jederzeit verfügbar zu halten und keine unbefugten Personen dürfen die Möglichkeit haben, die Dokumentation zu verändern.</p>	<p>Zu d) Das Sicherheitsmanagement soll sicherstellen, dass seine Dokumentation trotz ihrer Aktualität und kontinuierlichen Verfügbarkeit nicht unbefugt geändert werden kann.</p>
<p>e) Die Dokumente zur aktuellen Anlage sollen mindestens umfassen:</p> <p>i) alle Angaben zu den radioaktiven Abfällen, die in der Anlage vorhanden sind,</p> <p>ii) die für die Erkundung des Standorts (und ggf. der näheren geologischen Umgebung) sowie mit dem untertägigen Auffahren gesammelten geowissenschaftlichen Daten und Proben,</p> <p>iii) die Resultate der im Rahmen der Überwachung gesammelten Daten sowie Angaben zu sämtlichen aufgetretenen Nichtkonformitäten,</p> <p>iv) bei Endlagern mit begonnener Einlagerung zusätzlich die genaue Art und Weise der Einlagerung sowie die georeferenzierte</p>	<p>Zu e) Die Dokumentation zur aktuellen Anlage ist nicht zwangsweise Teil der Dokumentation des Sicherheitsmanagements, soll aber für Sicherheitsfragen jederzeit verfügbar und mit der Dokumentation des Sicherheitsmanagements verknüpft sein.</p> <p>Anforderungen an die in (vii) genannten Sicherheitsanalysen sind in [5] dargelegt.</p>

<p>Position aller radioaktiven Abfälle im Endlager,</p> <p>v) genaue Pläne der untertägigen Anlagen einschließlich der eingesetzten Streckenausbauten und des Versatzes,</p> <p>vi) Beschreibungen der zur Endlagerung zu verwendenden bzw. verwendeten Barrierensysteme und der darin vorgesehenen bzw. verwendeten Materialien (einschließlich entsprechender Proben),</p> <p>vii) der aktuelle Sicherheitsnachweis und die dazugehörigen Sicherheitsanalysen sowie eine Beschreibung, mit welchen Programmen und Daten diese Analysen durchgeführt wurden,</p> <p>viii) eine vollständige Dokumentation von Entscheidungen und der dazu herangezogenen Gründe,</p> <p>ix) eine vollständige Dokumentation der für die Sicherheit zuständigen Personen, inkl. deren Verantwortlichkeiten und erworbene Fachkunde sowie</p> <p>x) Regelungen und Beschreibungen zum Notfallmanagement.</p>	
<p>f) Die Dokumentation des Sicherheitsmanagements ist über alle Phasen der Endlagerrealisierung fortzuschreiben. Bei Stilllegung der Anlage ist die Dokumentation zur dauerhaften Speicherung überzuführen.</p>	<p>Zu f) Alle für die Endlagerung bedeutsamen Daten und Dokumente (Speicherdaten) sind dem Bundesamt für die Sicherheit der nuklearen Entsorgung zur Verfügung zu stellen [6, § 38].</p>

## 4.8 Qualitätssicherung

Anforderung	Erläuterung
<p>a) Das Sicherheitsmanagement ist kontinuierlich und qualitätsgesichert zu verbessern.</p>	<p>Zu a) Im Sinne einer kontinuierlichen Verbesserung der Unternehmensleistung (hier in Bezug auf die angestrebten Sicherheitsaspekte) wird die Qualitätssicherung systematisch unter Anwendung etablierter Methoden (z. B. PDCA-Regelkreislauf [8]) überprüft und stetig verbessert. Ziel der Qualitätssicherung ist, dass das Sicherheitsmanagement zuverlässig auf einem konstant hohen Niveau durchgeführt wird. Die Festlegung konkreter Ziele und Definitionen sowie operativer Pläne ermöglicht die Durchführung von Erfolgskontrollen zur Qualitätssicherung und gegebenenfalls Ableitung von Korrekturmaßnahmen, wenn Abweichungen identifiziert werden.</p>
<p>b) Für die Qualitätssicherung des Verbesserungsprozesses innerhalb des Sicherheitsmanagements sind intern und extern zuständige Personen zu bestimmen.</p>	<p>Zu b) Eine Integration der Qualitätssicherung in das Qualitätsmanagement der Endlagerorganisation (z. B. als Teil des integrierten Managementsystems) ist zulässig, sofern die für das Sicherheitsmanagement wichtigen Dokumente für dieses zugänglich bleiben. Zwischen kontrollierenden und kontrollierten Instanzen dürfen keine Abhängigkeiten bestehen und die vorgängig vereinbarten Standards sollen eingehalten werden.</p> <p>Die kontrollierenden Personen sollen entsprechend ausgebildet und mit den notwendigen Mechanismen des Sicherheitsmanagements vertraut gemacht werden. Falls diese Personen aus der Endlagerorganisation selbst kommen, soll sichergestellt werden, dass ihnen für diese Arbeit, die nicht weisungsgebunden erfolgen darf, die notwendigen zeitlichen Ressourcen, Kompetenzen und Zugänglichkeiten zur Verfügung gestellt werden. Um Wissenserhalt und Innovationskraft sicherzustellen, sollen Teams interner wie externer Auditoren aus Personen unterschiedlicher Alters- und Erfahrungsstufen zusammengestellt sein.</p>

<p>c) Zur Überprüfung der Wirksamkeit des Sicherheitsmanagements sind Daten, Ereignisse und Erfahrungen aus vergleichbaren Anlagen im In- und Ausland heranzuziehen.</p>	<p>Zu c) Es sollen Ereignisse und Erfahrungen negativer als auch positiver Art berücksichtigt werden. Dabei können auch die für das Sicherheitsmanagement etablierten Systemindikatoren (vgl. Kap. 4.5) verwendet werden.</p>
<p>d) Die aus der Überprüfung des Sicherheitsmanagements abgeleiteten Maßnahmen sind in- und ggf. extern zu kommunizieren und umzusetzen.</p>	<p>Zu d) Die Wirksamkeit der Maßnahmen soll zeitgerecht überprüft werden.</p>
<p>e) Bei größeren organisatorischen Änderungen sind die verschiedenen Schnittstellen und Verantwortlichkeiten zu überprüfen und es ist zu klären, inwiefern solche Änderungen Einfluss auf das Sicherheitsniveau nehmen.</p>	<p>Zu e) Das Sicherheitsniveau wird auf Basis der Systemindikatoren ermittelt bzw. ergibt sich aus der Minimierung von Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß (Abb. 1).</p>

## 5 Phasen der Endlagerrealisierung

<b>Anforderung</b>	<b>Erläuterung</b>
<p>a) Das Sicherheitsmanagement hat Prozesse zu etablieren, welche die einzelnen Realisierungsphasen eines Endlagers als selbstlernendes und sich ständig optimierendes Verfahren gestalten.</p>	<p>Zu a) Als Realisierungsphasen gelten Standortauswahl, Erkundung und Planung (Kap. 5.1), Errichtung (Kap. 5.2), Betrieb (Kap. 5.3), Stilllegung (Kap. 5.4).</p> <p>Die Prozesse sollen sicher und im Einklang mit allen Sicherheitszielen (Kap. 4.3) sein. Die Übergänge zwischen den Realisierungsphasen erfolgen nicht trennscharf, sondern können zeitlich überschneiden. Dies gilt zum Beispiel für den in [6] beschriebenen Zeitraum der Standortauswahl, da dieser sowohl die Phasen der Erkundung und Planung einerseits sowie der Errichtung andererseits umfasst. Entsprechend bezieht sich der Begriff „Phase“ in der vorliegenden Leitlinie nicht auf die Phasen des Standortauswahlverfahrens [6].</p>
<p>b) Das Sicherheitsmanagement hat sicherzustellen, dass während den Phasen der Errichtung und des Betriebs der Sicherheitsmanagementbericht unter definierten Prozessen erstellt wird, die</p>	<p>Zu b) Der Sicherheitsmanagementbericht der Anlage ist regelmäßig auf Inhalt, Aktualität bzgl. bereits erfolgter Arbeiten und ggf. Änderungen in den regulatorischen</p>

<p>Datenerhebungen und -modellierungen qualitätsgeprüft einfließen und die Ungewissheiten adäquat berücksichtigt werden.</p>	<p>Anforderungen zu überprüfen. Das Ergebnis solcher Überprüfungen ist zu dokumentieren und bei der nächsten Überprüfung auf Umsetzung der ggf. geäußerten Kritikpunkte zu kontrollieren. Bei der Überprüfung des Sicherheitsmanagementberichts ist insbesondere zu prüfen, inwiefern Annahmen durch bereits erhobene Fakten ersetzt werden können.</p>
<p>c) Bei den Phasenübergängen sind die Verantwortlichkeiten für die Phasen rechtzeitig festzulegen und zu regeln.</p>	<p>Zu c) Das Sicherheitsmanagement soll eine kontinuierliche Kette definierter Verantwortungen im Gesamtsystem der verschiedenen Entsorgungsschritte (Kap. 2) über alle Phasen der Endlagerrealisierung aufrechterhalten (Kap. 4.8). Bei den Schnittstellen zwischen den Realisierungsphasen können die Verantwortlichkeiten wechseln und es soll bei diesen Wechseln jeweils geklärt werden, wie sich die Sicherheitsziele ändern.</p>
<p>d) Das Sicherheitsmanagement hat Prozesse zu etablieren, mit Hilfe derer der Anlagenstatus jederzeit erfasst werden kann.</p>	<p>Zu d) Der Anlagenstatus umfasst u. a. die Systemindikatoren, darüber hinaus alle auf der Anlage befindlichen radioaktiven Abfälle und deren aktueller Standort. Mit der Erfassung des Anlagenstatus wird sichergestellt, dass die Anlage den an sie gestellten Anforderungen und der an die Endlagerorganisation erteilten Genehmigungen entspricht.</p>
<p>e) Das Sicherheitsmanagement hat sicherzustellen, dass die jeweils auf der Anlage arbeitenden Fremdfirmen wissen, was von dem von ihnen zur Verfügung gestellten Personal, der Ausrüstung und der Umsetzung ihrer Aufträge hinsichtlich Sicherheit erwartet wird.</p>	<p>Zu e) Die Verantwortung für die sicherheitsrelevanten Prozesse im Endlager oder in der Aufsicht kann nicht nach extern delegiert werden [2, § 7c(1)]. Dennoch werden die Endlagerorganisationen in wechselndem Umfang auf Dienstleistungen und Lieferketten von Fremdfirmen angewiesen sein. Stufengerecht sind ggf. die Managementsysteme der Fremdfirmen und deren interne Mechanismen im Rahmen von Audits einer Qualitätskontrolle zu unterziehen. Diese Qualitätskontrolle soll sicherstellen, dass die externe Zuarbeit den Sicherheitsstandards der Endlagerorganisation entspricht.</p>

## 5.1 Standortauswahl, Erkundung und Planung

Anforderung	Erläuterung
<p>a) Die oberste Leitung der Endlagerorganisation hat dafür zu sorgen, dass ein Sicherheitsmanagement gemäß dieser Leitlinie entwickelt, dokumentiert, kommuniziert und umgesetzt wird, in dem die sicherheitsrelevanten Prozesse und Tätigkeiten stufengerecht und umfassend dargestellt sind.</p>	<p>Zu a) Bereits während der Standortauswahl, Erkundung und Planung trägt die oberste Leitung der jeweiligen Endlagerorganisation umfassende Verantwortung für die Etablierung eines hohen, allen Anforderungen entsprechenden Sicherheitsniveaus innerhalb der Endlagerorganisation und dessen aktiver Umsetzung hin zu einem sicheren Endlagersystem.</p>
<p>b) Im integrierten Managementsystem (vgl. Kap. 4) der Endlagerorganisation sind Maßnahmen aufzunehmen, die potenzielle Zielkonflikte im Sinne einer bestmöglichen Sicherheit auflösen.</p>	<p>Zu b) Aufgabe des Sicherheitsmanagements ist es beispielsweise, die Terminplanung gegenüber Belangen der Sicherheit abzugleichen und auf Unstimmigkeiten bzw. Widersprüche hinzuweisen. Bei Zielkonflikten gilt das Prinzip „Safety first“.</p>
<p>c) Im Rahmen der Planung sind Annahmen zu treffen und diese im Rahmen des Sicherheitsmanagements als solche auszuweisen.</p>	<p>Zu c) Die getroffenen Annahmen sollen regelmäßig überprüft und Abklärungs-, Erkundungs-, Entwicklungs- bzw. Forschungsarbeiten zu den Annahmen frühzeitig angegangen werden, um den Umfang getroffener Annahmen sukzessive zu reduzieren [5, § 11(3)]. Dazu werden Forschungs- und Entwicklungsstrategien erstellt und regelmäßig auf Basis der erzielten Ergebnisse auf ihre Aktualität überprüft. In diesen Strategien sollen die noch vorhandenen sicherheitsrelevanten Wissenslücken aufgezeigt und die sich daraus ergebenden, aktuell laufenden und geplanten Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten zeitlich festgelegt werden. Bei allen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten soll sichergestellt werden, dass die Arbeiten mit der notwendigen Sorgfalt und Qualität durchgeführt und die Resultate und Qualitätskontrollen in transparenten und verständlichen Berichten dokumentiert werden (vgl. Kap. 4.7). Abhängig vom Stellenwert der Forschungs- und Entwicklungsergebnisse für die Sicherheit sollten durch die Endlagerorganisationen</p>



	Überprüfungen und Qualitätskontrollen vorgenommen werden. Irreversible Entscheidungen sollen erst getroffen werden, wenn Forschungs- und Entwicklungsergebnisse eine klare Grundlage liefern bzw. keine Notwendigkeit mehr für eine weiterbestehende Flexibilität gegeben ist.
d) Unter Anwendung des Sicherheitsmanagements sind Prozesse zu entwickeln oder etablierte Vorgänge zu nutzen, mit Hilfe derer das Endlagerdesign laufend überprüft und sicherheitsgerichtet an die Resultate der laufenden Standortcharakterisierung und andere sich ändernde Randbedingungen angepasst werden kann.	Zu d) Standortsuche und -charakterisierung sind dynamische Prozesse, die vor allem zu Beginn für das Endlagerdesign große Flexibilität verlangen. Die Ungewissheiten aus der geologischen Exploration sollen einbezogen und bei Planung und Bau entsprechende Flexibilität eingeplant bzw. bei der mit dem Design der Anlage zu erreichenden Langzeitsicherheit die notwendigen Margen bzgl. Sicherheit berücksichtigt werden.
e) Das Sicherheitsmanagement hat dafür zu sorgen, dass für die Erstellung des Sicherheitsberichts frühzeitig eine Methode entwickelt wird, sodass sowohl das Sicherheitsniveau bei der Errichtung, im Betrieb als auch in der Langzeitentwicklung erfasst werden kann.	Zu e) Der Inhalt des Sicherheitsberichts wird in [21, § 3(1)] festgelegt (vgl. auch [5, § 2(7)]). In der Methodik soll eine klare Trennung von einfließenden Daten (und deren Herkunft), Modellen und Annahmen vorzunehmen und die Auswirkungen von Ungewissheiten sind aufgezeigt werden. Ziel ist, dass mit dem Sicherheitsmanagement eine kontinuierliche Aktualisierung des Sicherheitsberichts auf Basis neuer Erkenntnisse gewährleistet wird.

## 5.2 Errichtung

Anforderung	Erläuterung
a) Das Sicherheitsmanagement hat Prozesse zu etablieren oder etablierte Prozesse zu unterstützen, mit denen sichergestellt wird, dass während der laufenden Errichtung des Endlagers die Ausführungsplanung so exakt wie möglich umgesetzt wird, sodass die Sicherheitsziele erreicht werden können.	Zu a) Das Sicherheitsmanagement soll rechtzeitig vor Beginn der Errichtungsphase an die bei der Errichtung relevanten Arbeiten angepasst werden.
b) Bei der Auffahrung des Endlagers sind neue (detailliertere) Erkenntnisse gegen den	Zu b) Zum Inhalt des Sicherheitsberichts siehe auch [21, § 3(1)] bzw. [5, § 2(7)]. Die

<p>Sicherheitsbericht zu prüfen und entsprechend zu berücksichtigen.</p>	<p>Darstellung der Geologie und der untertägigen Bauwerke soll kontinuierlich den effektiv angetroffenen bzw. beim Bau entstehenden Verhältnissen angepasst werden.</p>
<p>c) Basierend auf dem Sicherheitsmanagement sind zur Unterstützung des Sicherheitsberichts während der Errichtung Überwachungsmaßnahmen vorzusehen, die kontinuierlich sicherheitsrelevante Daten zu erheben und einen detaillierten Soll-Ist-Vergleich zulassen.</p>	<p>Zu c) Mit den Überwachungsmaßnahmen wird sichergestellt, dass der Anlagenstatus während der Errichtung jederzeit erfasst werden kann und die Anlage den an sie gestellten Anforderungen und Genehmigungen entspricht. Zum Inhalt des Sicherheitsberichts siehe [21, § 3(1)] bzw. [5, § 2(7)].</p>
<p>d) Das Sicherheitsmanagement hat darauf hinzuwirken, dass die Prozesse im Zusammenhang mit dem Auffahren neuer oder der Instandsetzung bestehender untertägiger Hohlräume im Sinne der Betriebs- und Langzeitsicherheit kontinuierlich optimiert werden.</p>	<p>Zu d) Das umgebende Wirtsgestein und seine Barrierenwirkung soll durch das Auffahren der untertägigen Anlagen so gering wie möglich geschädigt werden [5, § 9 (2)]. Dazu werden Sicherheitsstandards erstellt, die</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>i) für Planer und Bauherr(en) die sicherheitsrelevanten Aspekte klar erkennbar machen und</li> <li>ii) die beim Bau involvierten Personen für die sicherheitstechnischen Vorgaben sensibilisieren.</li> </ul> <p>Planungen und Handlungen in der Anfangsphase der Errichtungstätigkeit sollen sorgfältig und stufengerecht durch Prozesse der Qualitätssicherung überprüft werden.</p>

### 5.3 Betrieb

Anforderung	Erläuterung
<p>a) Das Sicherheitsmanagement ist vor Beginn der Betriebsphase zu erweitern und auf alle in dieser Phase sicherheitsrelevanten Arbeiten anzuwenden.</p>	<p>Zu a) Die sicherheitsrelevanten Arbeiten [14] umfassen alle Aktivitäten des Endlagerbergwerks mit Bezug auf Betriebs- und Langzeitsicherheit, insbesondere die Arbeiten zur Annahme und Einlagerung der Abfälle. Das Sicherheitsmanagement hat zu gewährleisten, dass für alle radioaktiven Stoffe bzw. Abfälle eine sichere Handhabung und Kontrolle etabliert ist.</p>

<p>b) Das Sicherheitsmanagement hat sicherzustellen, dass alle eingelagerten Abfälle den Annahmebedingungen entsprechen und die einzelnen Gebinde/Behälter eineindeutig gekennzeichnet sind.</p>	<p>Zu b) Damit soll gewährleistet werden, dass bei Einlagerung und im Fall einer Rückholung oder Bergung [6, § 26 (2)] eine eindeutige Zuordnung möglich ist.</p>
<p>c) Das Sicherheitsmanagement hat für die untertägigen Arbeiten eine klare Trennung zwischen den Arbeiten zum Auffahren neuer Hohlräume und Instandsetzungsmaßnahmen einerseits und den Prozessen der Einlagerung andererseits vorzusehen.</p>	<p>Zu c) Während der Phase des Einlagerungsbetriebs könnten weitere Errichtungsarbeiten stattfinden, welche ein Nebeneinander von konventionellen und nicht-konventionellen Arbeiten bedeutet. Diese sollen klar räumlich und/oder zeitlich getrennt werden. Instandsetzungsmaßnahmen sind Tätigkeiten ohne geplante radiologische Gefährdung.  Prozesse der Einlagerung sind Tätigkeiten mit möglicher radiologischer Gefährdung.</p>
<p>d) Das Sicherheitsmanagement hat darauf hinzuwirken, dass die Vorgänge insbesondere bei der endlagergerechten Konditionierung und bei der Einlagerung weitestgehend automatisiert werden.</p>	<p>Zu d) Durch eine weitgehende Automatisierung soll eine möglichst geringe Gefährdung für das beteiligte Personal erreicht werden [14].</p>
<p>e) Bei Vorgängen mit erhöhtem Sicherheitsrisiko bzw. der Möglichkeit erhöhter radiologischer Gefährdung ist durch das Sicherheitsmanagement zu gewährleisten, dass die Vorgänge sorgfältig geplant und bei Bedarf erst nach vorgängiger Kalthandhabung durchgeführt werden.</p>	<p>Zu e) Mit einer Kalthandhabung soll ein Probebetrieb [5, § 16]) gewährleistet werden, sodass die Arbeitsschritte bekannt, geübt und im Hinblick auf den Strahlenschutz und die Sicherheitsrisiken optimiert sind, bevor mit radioaktiven Abfällen gearbeitet wird. Auch nach Übergang in den Aktivbetrieb sollen einzelne Prozesse stufengerecht überwacht werden, es sollen Haltepunkte vorgesehen werden, um Kontrollen durchzuführen und bei Bedarf sicherheitsgerichtete Änderungen vornehmen zu können. Bei größeren Änderungen soll nach Bedarf auch erneute Kalthandhabungen vorgesehen werden, sodass die Änderungen nicht zu einem reduzierten Sicherheitsniveau führen.</p>
<p>f) Auf Basis des Sicherheitsmanagements sind logistische und bauliche Vorkehrungen zur Sicherstellung der Rückholbarkeit und Möglichkeit der Bergung zu treffen, die die</p>	<p>Zu f) Die Anforderung zur Sicherstellung der Rückholbarkeit und Möglichkeit der Bergung nimmt Bezug auf [6, § 26 (2)]. Zur Anforderung der Rückholbarkeit sollen Szenarien entwickelt</p>

<p>Langzeitsicherheit nicht signifikant beeinflussen.</p>	<p>werden, aufgrund derer sich die Notwendigkeit einer Rückholung ergeben könnte. Der Begriff Szenarien definiert sich auf der Basis von [4, Kap. 3.217].</p>
<p>g) Das Sicherheitsmanagement hat sicherzustellen, dass zum Erfassen des Anlagenstatus und zur Anforderung der Rückholbarkeit entsprechende Überwachungsmaßnahmen eingesetzt werden, die die Situation im Endlager für den Sicherheitsbericht und hinsichtlich der Notwendigkeit einer Rückholung einzuschätzen erlauben.</p>	<p>Zu g) Es sind dazu auch Prozesse zu etablieren, wie damit umgegangen wird, wenn diese Messungen aufzeigen, dass sich die Anlage nicht wie erwartet verhält. Zum Inhalt des Sicherheitsberichts siehe [21, § 3(1)] bzw. [5, § 2(7)].</p>
<p>h) Das Sicherheitsmanagement hat darauf hinzuwirken, dass der Einbau der vorgesehenen technischen und geotechnischen Barrieren qualitätsgesichert erfolgt.</p>	<p>Zu h) Die dazu vorgesehenen Prozesse umfassen neben der Überwachung des Einbaus auch die Vorhaltung der erforderlichen Materialien.</p>

#### 5.4 Stilllegung

Anforderung	Erläuterung
<p>a) Das Sicherheitsmanagement ist vor Beginn der Stilllegung auf die in dieser Phase sicherheitsrelevanten Arbeiten anzupassen.</p>	<p>Zu a) Die sicherheitsrelevanten Arbeiten [14] umfassen alle Aktivitäten der Stilllegung mit Bezug auf die Langzeitsicherheit.</p>
<p>b) Das Sicherheitsmanagement hat dafür zu sorgen, dass die Maßnahmen zur Stilllegung der Anlage frühzeitig in den Managementprozessen abgebildet werden und die Arbeiten qualitätsgesichert erfolgen.</p>	<p>Zu b) Maßnahmen zur Stilllegung der Anlage sind gemäß [5, § 19] vorzunehmen. Die Arbeiten können Aktivitäten seitens Forschung und Entwicklung als organisatorische Aktivitäten umfassen.</p>
<p>c) Das Sicherheitsmanagement hat darauf hinzuwirken, dass für die im Rahmen der Stilllegung verwendeten Materialien vorlaufend Anforderungen formuliert werden, die Wirkung der für die Langzeitsicherheit kritischen Elemente bei der Stilllegung frühzeitig getestet sowie deren Implementierung überwacht wird.</p>	<p>Zu c) Diese Anforderung gilt insbesondere für die bei den Verschlussbauwerken verwendeten Materialien. Zum Testen der Wirkung siehe [5, § 16 (2), Nr. 3]</p>
<p>d) Das Sicherheitsmanagement hat darauf hinzuwirken, dass im Vorhinein zum Verfüllen der Einlagerungsbereiche sichergestellt ist, dass</p>	<p>Zu d) Die Anforderung ergibt sich aus der Notwendigkeit der Verfüllung des Einlagerungsbereiches nach [5, § 19 (2)].</p>

<p>alle notwendigen Daten zum Zustand der eingelagerten Abfälle, Ausbauten, Verfüllungen und Verschlussbauwerke vorliegen, bevor diese für eine Erhebung nicht mehr zugänglich sind.</p>	
<p>e) Das Sicherheitsmanagement hat sicherzustellen, dass nach abgeschlossener Stilllegung ein finaler Sicherheitsmanagementbericht unter Berücksichtigung der effektiv erfolgten Verfüllungs- und Verschlussarbeiten erstellt wird.</p>	<p>Zu e) Der finale Sicherheitsmanagementbericht kann Teil der Dokumentation für eine dauerhafte Speicherung gemäß [6, § 38] sein. In diesem Bericht sind Informationen im Sinne von [5, § 14 (2), Nr. 2] und alle für eine mögliche Bergung der Abfälle notwendigen Informationen aufzunehmen.</p>

## **6      Unterlagenverzeichnis**

- [1]      International Atomic Energy Agency  
Fundamental Safety Principle  
Safety Fundamentals SF-1, Wien, 2006.
- [2]      AtG  
Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre  
Gefahren  
Atomgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I S. 1565),  
das zuletzt durch Artikel 6 des Gesetzes vom 27. Juli 2021 (BGBl. I S. 3146) geändert  
worden ist.
- [3]      Kommission Lagerung hoch radioaktiver Abfallstoffe  
Abschlussbericht  
Deutscher Bundestag, Drucksache 18/9100, 19.07.2016, 579 S.
- [4]      Deutsches Institut für Normung e. V.  
Sicherheit und Resilienz – Vokabular (ISO 22300:2018);  
Deutsche Fassung EN ISO 22300: 2018-06.
- [5]      Verordnung über Sicherheitsanforderungen und vorläufige Sicherheitsuntersuchungen  
für die Endlagerung hochradioaktiver Abfälle vom 6. Oktober 2020 (BGBl. I S. 2094)
- [6]      StandAG:  
Standortauswahlgesetz 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.
- [7]      Kerntechnischer Ausschuss  
Integriertes Managementsystem zum sicheren Betrieb von Kernkraftwerken  
Regel KTA 1402, Fassung 2017-11.
- [8]      Kerntechnischer Ausschuss  
Alterungsmanagement in Kernkraftwerken  
Regel KTA 1403, Fassung 2017-11.

- [9] Bundesministerium für Umwelt, Natur und Reaktorschutz (BMU)  
Grundlagen für Sicherheitsmanagementsysteme in Kernkraftwerken  
Bonn, 29. Juni 2004 (BAnz 2004, Nr. 138).
- [10] International Atomic Energy Agency  
Disposal of radioactive waste  
Safety Standard SSR-5, Wien, 2011.
- [11] International Atomic Energy Agency  
Leadership, Management and Culture for Safety in Radioactive Waste Management  
Draft Safety Guide DS 477, 07.04.2020.
- [12] International Nuclear Safety Advisory Group  
Management of Operational Safety in Nuclear Power Plants  
INSAG-13, Wien, 1999.
- [13] WENRA  
Radioactive Waste Disposal Facilities Safety Reference Levels  
Report der Western European Nuclear Regulators' Association, 22.12.2014.
- [14] ESK  
Leitlinie zum sicheren Betrieb eines Endlagers für insbesondere Wärme entwickelnde  
radioaktive Abfälle, Empfehlung der Entsorgungskommission vom 10.12.2015.
- [15] IAEA  
Report of the integrated Regulatory Review Service (IRRS) Mission to Germany  
IAEA-NS-IRRS-2019/02, 1.- 12. April 2019.
- [16] Eurocontrol 2013  
From Safety-I to Safety-II: A White Paper  
Technical Report, DOI: 10.13140/RG.2.1.1626.6961, September 2013.
- [17] Kerntechnischer Ausschuss  
Anforderungen an das Notfallhandbuch  
Regel KTA 1203, Fassung 2009-11.

- [18] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit  
Programm für eine verantwortungsvolle und sichere Entsorgung bestrahlter Brennelemente und radioaktiver Abfälle (Nationales Entsorgungsprogramm) August 2015.
  
- [19] International Atomic Energy Agency  
Operational Safety Performance Indicators for NPPs  
IAEA-TECDOC-1141, Vienna, 2000.
  
- [20] Kerntechnischer Ausschuss  
Dokumentation beim Bau und Betrieb von Kernkraftwerken  
Regel KTA 1404, Fassung 2013-11.
  
- [21] AtVfV  
Verordnung über das Verfahren bei der Genehmigung von Anlagen nach § 7 des Atomgesetzes vom 01. Mai 1982 (BGBl. I S. 411), das zuletzt durch Artikel 3 vom 11.11.2020 (BGBl. I S. 2428) geändert worden ist.