

# ENSI-G03

Richtlinie für die  
schweizerischen Kernanlagen

Ausgabe Dezember 2020

(Änderung vom 1. November 2023)

---

Geologische Tiefenlager

---



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI  
Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN  
Ispettorato federale della sicurezza nucleare IFSN  
Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate ENSI



# **Geologische Tiefenlager**

Ausgabe Dezember 2020 (Änderung vom 1. November 2023)

**Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen**

**ENSI-G03/d**



# Inhalt

Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen

ENSI-G03/d

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Rechtliche Grundlagen</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Gegenstand und Geltungsbereich</b>	<b>1</b>
<b>4</b>	<b>Grundlegende Vorgaben</b>	<b>2</b>
4.1	Schutzziel der geologischen Tiefenlagerung	2
4.2	Spezifische Auslegungsgrundsätze zur geologischen Tiefenlagerung	2
4.3	Schutzkriterien	3
4.4	Sicherheitsoptimierung	3
<b>5</b>	<b>Auslegung</b>	<b>4</b>
5.1	Grundlegende Anforderungen	4
5.2	Zusatzanforderungen	5
<b>6</b>	<b>Überwachung, Pilotlager und Markierung</b>	<b>6</b>
6.1	Überwachung	6
6.2	Pilotlager	7
6.3	Dauerhafte Markierung	7
<b>7</b>	<b>Tätigkeiten zur geologischen Tiefenlagerung</b>	<b>7</b>
7.1	Erdwissenschaftliche Untersuchungen	7
7.2	Einlagerung	8
7.3	Verfüllung und Versiegelung	9
7.4	Rückholung ohne grossen Aufwand	9
7.5	Temporärer Verschluss während der Betriebsphase	10
7.6	Verschluss eines geologischen Tiefenlagers	10
<b>8</b>	<b>Bautechnische Projektierung und Bau</b>	<b>11</b>
8.1	Untertägige Bauwerke	11
8.2	Oberflächenanlage und Nebenzugangsanlagen	12
<b>9</b>	<b>Sicherheitsnachweis</b>	<b>13</b>
9.1	Grundlegende Anforderungen	13

9.2	Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase	13
9.3	Sicherheitsnachweis für die Nachverschlussphase	14
<b>10</b>	<b>Sicherung und Safeguards</b>	<b>17</b>
10.1	Sicherung	17
10.2	Safeguards	17
<b>11</b>	<b>Qualitätssicherung und Dokumentation</b>	<b>17</b>
<b>12</b>	<b>Liste der Verweisungen</b>	<b>19</b>
<b>Anhang 1:</b>	<b>Begriffe (gemäss ENSI-Glossar)</b>	<b>21</b>
<b>Anhang 2:</b>	<b>Projektierung, Bau, Betrieb und Verschluss</b>	<b>25</b>

# 1 Einleitung

Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) ist die Aufsichtsbehörde für die nukleare Sicherheit und Sicherung der Kernanlagen in der Schweiz. In seiner Eigenschaft als Aufsichtsbehörde oder gestützt auf einen Auftrag in einer Verordnung erlässt es Richtlinien. Richtlinien sind Vollzugshilfen, die rechtliche Anforderungen konkretisieren und eine einheitliche Vollzugspraxis erleichtern. Sie konkretisieren zudem den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik. Das ENSI kann im Einzelfall Abweichungen zulassen, wenn die vorgeschlagene Lösung in Bezug auf die nukleare Sicherheit und Sicherung mindestens gleichwertig ist.

## 2 Rechtliche Grundlagen

Diese Richtlinie stützt sich auf Art. 11 Abs. 3 der Kernenergieverordnung vom 10. Dezember 2004 (KEV; SR 732.11) sowie Art. 70 Abs. 1 Bst. a des Kernenergiegesetzes vom 21. März 2003 (KEG; SR 732.1).

## 3 Gegenstand und Geltungsbereich

Diese Richtlinie gilt für geologische Tiefenlager sowie die dazugehörigen Oberflächen- und Nebenzugangsanlagen. Ein geologisches Tiefenlager ist gemäss Art. 3 Bst. c des Kernenergiegesetzes vom 21. März 2003 (KEG; SR 732.1) eine Kernanlage zur Entsorgung von radioaktiven Abfällen im geologischen Untergrund, die verschlossen werden kann, sofern der dauernde Schutz von Mensch und Umwelt durch passive Barrieren sichergestellt wird. Gemäss Art. 49 Abs. 5 KEG gehören zu einer Kernanlage auch die mit dem Bau und dem Betrieb zusammenhängenden Erschliessungsanlagen und Installationsplätze.

Die übergeordneten Grundsätze und Schutzmassnahmen für geologische Tiefenlager sind in Art. 4 und 5 KEG sowie in den Art. 7 bis 9, 11 und 65 bis 70 KEV festgelegt. Diese Richtlinie legt das Schutzziel und die Schutzkriterien fest. Sie spezifiziert die Auslegungsgrundsätze und das Vorgehen zum Nachweis der Sicherheit.

Es werden Anforderungen an den Betrieb der Anlagen gestellt, insofern diese für geologische Tiefenlager und die dazugehörigen Oberflächen- und Nebenzugangsanlagen spezifisch sind. Anforderungen, die sich bezüglich Sicherung und Kontrolle spaltbarer Materialien ergeben, werden in der Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und Sicherungsmassnahmen für Kernanlagen

und Kernmaterialien vom 16. April 2008 (SR 732.112.1) geregelt und hier hinsichtlich ihrer Relevanz bezüglich Betriebs- und Langzeitsicherheit behandelt.

Diese Richtlinie regelt die zulässigen radiologischen Auswirkungen von geologischen Tiefenlagern und den dazugehörigen Oberflächen- und Nebenzugangsanlagen. Sie konkretisiert damit die Kernenergie- und Strahlenschutzgesetzgebung. Die Regelungen anderer Gesetzgebungen (insbesondere Umweltschutzgesetzgebung, Gewässerschutzgesetzgebung, Fischereigesetzgebung, Waldgesetzgebung, Natur- und Heimatschutzgesetzgebung, Raumplanungsgesetzgebung), namentlich Anforderungen, die die Freisetzung chemisch toxischer Stoffe aus einem geologischen Tiefenlager betreffen, sind nicht Gegenstand dieser Richtlinie.

Die Vorgaben für die Auswahl von Tiefenlagerstandorten für alle Abfallkategorien sind im Konzeptteil Sachplan geologische Tiefenlager gemäss Art. 5 KEV geregelt.

## **4 Grundlegende Vorgaben**

### **4.1 Schutzziel der geologischen Tiefenlagerung**

Mit der geologischen Tiefenlagerung sind radioaktive Abfälle so zu entsorgen, dass der Schutz von Mensch und Umwelt vor deren ionisierender Strahlung dauerhaft gewährleistet ist, ohne dass künftigen Generationen unzumutbare Lasten und Verpflichtungen auferlegt werden.

### **4.2 Spezifische Auslegungsgrundsätze zur geologischen Tiefenlagerung**

Zusätzlich zu den in Art. 11 Abs. 2 KEV genannten Grundsätzen zur Auslegung von geologischen Tiefenlagern sind gemäss Art. 11 Abs. 3 KEV die folgenden spezifischen Auslegungsgrundsätze zu berücksichtigen:

- a. Ein geologisches Tiefenlager ist so auszulegen, dass nach dessen Verschluss keine weiteren Massnahmen zur Gewährleistung der Langzeitsicherheit erforderlich sind.
- b. Mögliche zukünftige Auswirkungen der geologischen Tiefenlagerung in der Schweiz dürfen im Ausland nicht grösser sein als sie in der Schweiz zulässig sind.
- c. Mögliche zukünftige Auswirkungen der geologischen Tiefenlagerung in der Schweiz dürfen nicht grösser sein als sie heute in der Schweiz zulässig sind.



- d. Die natürliche Lebensgrundlage des Menschen und anderer Lebewesen ist zu schützen.

## **4.3 Schutzkriterien**

- a. Das Erreichen des Schutzziels unter Beachtung der Grundsätze ist anhand der in Kap. 4.3.1 und 4.3.2 genannten quantitativen Schutzkriterien zu beurteilen.
- b. Das Einhalten der Schutzkriterien für die Betriebsphase und für die Nachverschlussphase ist im Rahmen des Sicherheitsnachweises aufzuzeigen.

### **4.3.1 Betriebsphase**

- a. Für den Normalbetrieb eines geologischen Tiefenlagers sowie der dazugehörigen Oberflächenanlage und Nebenzugangsanlagen gilt ein quellenbezogener Dosisrichtwert gemäss Richtlinie ENSI-G15.
- b. Bei Störfällen in einem geologischen Tiefenlager sowie in der dazugehörigen Oberflächenanlage und den Nebenzugangsanlagen ist die Einhaltung der Dosiskriterien gemäss Art. 123 Abs. 2 der Strahlenschutzverordnung vom 26. April 2017 (StSV; SR 814.501) nachzuweisen.

### **4.3.2 Nachverschlussphase**

- a. Für keine zukünftige Entwicklung eines Tiefenlagers darf die Freisetzung von Radionukliden zu einer Individualdosis grösser als 0,1 mSv pro Jahr oder zu einer Überschreitung des Risikorichtwerts gemäss Kriterium (b) in Absatz 2.15 des IAEA Safety Standard SSR-5 führen.
- b. Im Nachweiszeitraum sind die radiologischen Folgen eines unbeabsichtigten menschlichen Eindringens ins Tiefenlager anhand der Kriterien (c) und (e) gemäss Absatz 2.15 des IAEA Safety Standard SSR-5 zu beurteilen.
- c. Nach Ende des Nachweiszeitraums dürfen die Auswirkungen an der Oberfläche nicht wesentlich höher sein als die durchschnittliche heutige Strahlenexposition der Schweizer Bevölkerung.

## **4.4 Sicherheitsoptimierung**

- a. Sicherheitsrelevante Entscheidungen bei der Planung und Realisierung eines geologischen Tiefenlagers sowie der dazugehörigen Oberflächenanlage und Nebenzugangsanlagen sind im Rahmen eines Optimierungsverfahrens zu treffen. Dieses Verfahren ist in den Entsorgungsprogrammen der Entsorgungspflichtigen zu dokumentieren und bei Bedarf zu aktualisieren.

- b. Für jede sicherheitsrelevante Entscheidung sind Alternativen und ihre Bedeutung für die Langzeitsicherheit zu betrachten und ein insgesamt für die Sicherheit vorteilhafter Entscheid zu fällen.
- c. Im Rahmen des Optimierungsverfahrens sind für sicherheitsrelevante Entscheidungen Optimierungsmassnahmen gemäss Stand von Wissenschaft und Technik zu identifizieren und deren Angemessenheit darzulegen.
- d. Für die Betriebsphase eines geologischen Tiefenlagers sowie der dazugehörigen Oberflächenanlage und Nebenzugangsanlagen sind bei der Optimierung des Strahlenschutzes gemäss Art. 4 StSV auch mögliche Auswirkungen auf die Langzeitsicherheit zu berücksichtigen.
- e. Die Entsorgungspflichtigen haben den vollständigen Einschluss der hochaktiven Abfälle in den Tiefenlagerbehältern während mindestens tausend Jahren ab deren Einlagerung aufzuzeigen.

## **5 Auslegung**

### **5.1 Grundlegende Anforderungen**

- a. Bei der Auslegung eines geologischen Tiefenlagers sowie der dazugehörigen Oberflächenanlage und Nebenzugangsanlagen sind insbesondere die erforderlichen Massnahmen
  - 1. für den Strahlenschutz inklusive der radiologischen Überwachung sowie
  - 2. zur Beherrschung der Störfälle gemäss Art. 4 und 5 der Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen vom 17. Juni 2009 (SR 732.112.2) zu berücksichtigen.
- b. Systeme, Strukturen und Komponenten sind sicherheitstechnisch zu klassieren.
- c. Die Flucht- und Rettungswege sind in einem Flucht- und Rettungskonzept zu beschreiben und zu begründen.
- d. Durch geeignete Massnahmen ist sicherzustellen, dass weder in der Betriebsphase noch nach dem Verschluss eines Tiefenlagers nukleare Kritikalität eintreten kann.
- e. Erforderliche Massnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit während der Betriebsphase sowie Vorkehrungen für eine mögliche Rückholung der radi-

oaktiven Abfälle oder den temporären Verschluss dürfen die Langzeitsicherheit nicht beeinträchtigen.

## **5.2 Zusatzanforderungen**

### **5.2.1 Oberflächenanlage und Nebenzugangsanlagen**

- a. Die Oberflächenanlage und die Nebenzugangsanlagen sowie die oberflächennahen Abschnitte der Zugangsbauwerke müssen so ausgelegt sein, dass ein Wassereintritt von der Oberfläche her in ein geologisches Tiefenlager verhindert wird.
- b. Die Umladezelle für hochaktive Abfälle (HAA) ist gegen das Sicherheitserdbeben (SSE) auszulegen.
- c. Die Oberflächenanlage, insbesondere die Verpackungsanlage einschliesslich Umladezelle, ist so auszulegen, dass die für den Betrieb erforderliche Kapazität und Flexibilität gewährleistet ist.
- d. Es sind Vorkehrungen für die Handhabung von beschädigten Brennelementen oder verglasten HAA zur Einlagerung in einem geologischen Tiefenlager vorzusehen.

### **5.2.2 Untertägige Bauwerke**

- a. Das geologische Tiefenlager ist so auszulegen, dass die Langzeitsicherheit und die Sicherheitsfunktionen durch das Zusammenwirken der technischen und natürlichen Barrieren gewährleistet sind. Dabei ist auf die Erhaltung der für die Langzeitsicherheit relevanten Eigenschaften der natürlichen (geologischen) Barriere besonders zu achten.
- b. Der Einschluss und die Rückhaltung der im Abfall enthaltenen Radionuklide sind durch ein Mehrfachbarriersystem mit verschiedenartigen, gestaffelten und passiv wirkenden technischen und natürlichen Barrieren zu gewährleisten.
- c. Ein geologisches Tiefenlager ist so auszulegen, dass die technischen und natürlichen Barrieren durch folgende Effekte nicht beeinträchtigt werden:
  1. thermischer Eintrag wärmeproduzierender Abfälle
  2. sich aufbauender Gasdruck
  3. chemische Wechselwirkungen zwischen Komponenten, einzelnen Barrieren sowie zwischen Barrieren und Abfall (einschliesslich möglicher physikalischer Folgen)

- d. Sind technische Massnahmen zur Beherrschung des Druckaufbaus notwendig, so ist deren Funktionsfähigkeit über den erforderlichen Zeitraum zu gewährleisten.
- e. Ein geologisches Tiefenlager ist so auszulegen, dass mögliche Wechselwirkungen zwischen verschiedenartigen Abfällen zu keiner sicherheitsrelevanten Beeinträchtigung führen.
- f. Durch die Auslegung der untertägigen Bauwerke ist eine räumliche und lüftungstechnische Trennung von Bereichen sicherzustellen, in denen mit radioaktiven Abfällen umgegangen wird, und solchen, in denen eine Erweiterung des Einlagerungsbereichs stattfindet.
- g. Ein geologisches Tiefenlager ist so auszulegen, dass negative Auswirkungen von Gefährdungen aus dem Gebirge vermieden oder durch betriebliche beziehungsweise bauliche Massnahmen auf ein für die Betriebs- und Langzeitsicherheit akzeptierbar kleines Mass beschränkt werden.

## 6 Überwachung, Pilotlager und Markierung

### 6.1 Überwachung

- a. Für die Bau-, Betriebs- und gegebenenfalls Nachverschlussphase eines geologischen Tiefenlagers ist stufengerecht ein integrales Überwachungsprogramm zu erstellen.
- b. Das integrale Überwachungsprogramm hat mindestens die Überwachung des geologischen Umfelds, die radiologische Umweltüberwachung, die radiologische Überwachung während der Betriebsphase, die Überwachung im Pilotlager sowie die messtechnische Überwachung während Bau und Betrieb zu umfassen.
- c. Der Zusammenhang zwischen den verschiedenen Überwachungsaspekten ist im integralen Überwachungsprogramm aufzuzeigen.
- d. Das integrale Überwachungsprogramm muss von den Entsorgungspflichtigen periodisch sowie zu den Bewilligungsgesuchen des geologischen Tiefenlagers auf seine Eignung hin geprüft, nach Bedarf aktualisiert und dem ENSI eingereicht werden.
- e. Die Überwachung eines geologischen Tiefenlagers und dessen geologischen Umfeldes müssen rechtzeitig und spätestens mit der Rahmenbewilligung aufgenommen und solange fortgeführt werden, bis das geologische Tiefenlager nicht mehr der Kernenergiegesetzgebung untersteht.

- f. Die Überwachung hat die Messungen aus der Standortcharakterisierung zu berücksichtigen.
- g. Der Einfluss der für die Überwachung vorgesehenen Installationen auf die Langzeitsicherheit ist aufzuzeigen und zu minimieren.
- h. Die Ergebnisse der Überwachung sind mit der periodischen Berichterstattung zu dokumentieren und dem ENSI einzureichen.
- i. Rückstellproben sind aufzubewahren und den Behörden bei Bedarf zur Verfügung zu stellen.

## **6.2 Pilotlager**

- a. Die Auslegung des Pilotlagers muss ein Überwachungsprogramm zur zeitlichen Entwicklung des Pilotlagers und seines geologischen Umfeldes berücksichtigen.
- b. Störfälle im Pilotlager dürfen die Betriebs- und Langzeitsicherheit des geologischen Tiefenlagers nicht beeinträchtigen und umgekehrt.
- c. Ein Pilotlager ist vor Beginn der Einlagerung der entsprechenden Abfälle in das Hauptlager zu beschicken, zu verfüllen und zu versiegeln.
- d. Eine eventuelle Umlagerung der Abfälle aus dem Pilotlager in einen neu aufgefahrenen Lagerstollen ist bei der Auslegung zu berücksichtigen.

## **6.3 Dauerhafte Markierung**

- a. Mit dem Baugesuch ist ein Konzept für die dauerhafte Markierung des geologischen Tiefenlagers vorzulegen. Das Konzept der dauerhaften Markierung ist in den nachfolgenden Bewilligungsschritten zu konkretisieren.
- b. Die dauerhafte Markierung gemäss Art. 40 KEG darf die Langzeitsicherheit nicht beeinträchtigen. Sie ist im Sicherheitsnachweis für die Nachverschlussphase zu berücksichtigen.

# **7 Tätigkeiten zur geologischen Tiefenlagerung**

## **7.1 Erdwissenschaftliche Untersuchungen**

- a. Erdwissenschaftliche Untersuchungen sind so durchzuführen, dass belastbare Aussagen zur Betriebs- und Langzeitsicherheit eines geologischen Tiefenlagers getroffen werden können.

- b. Erdwissenschaftliche Untersuchungen sind so durchzuführen, dass sie die Langzeitsicherheit eines geologischen Tiefenlagers nicht beeinträchtigen. Die Schädigung des Untergrunds ist auf das für den Erkenntnisgewinn notwendige Minimum zu beschränken.
- c. Ein ausreichender Sicherheitsabstand zwischen sicherheitsrelevanten Anlageteilen des Tiefenlagers und untertägigen Bauwerken oder Sondierbohrungen, die im Rahmen erdwissenschaftlicher Untersuchungen erstellt wurden, ist nachzuweisen. Der Nachweis ist mit dem Baugesuch einzureichen.

## 7.2 Einlagerung

- a. Für die Annahme von Abfallgebinden zur Einlagerung in ein geologisches Tiefenlager hat der Lagerbetreiber auf Basis der Betriebsbewilligung und unter Berücksichtigung möglicher Auflagen Annahmebedingungen zu erlassen.
- b. Abfallgebinde dürfen nur angenommen werden, wenn die Annahmebedingungen erfüllt sind.
- c. Die für die Einlagerung von Abfallgebinden in einem geologischen Tiefenlager erforderlichen Verpackungsverfahren sowie die Nachweise für die Erfüllung der Annahmebedingungen für das vorgesehene geologische Tiefenlager (Konformitätsprüfungen) sind dem ENSI zur Freigabe vorzulegen.
- d. Abfallgebinde, die durch unsachgemässe Handhabung beschädigt wurden und bei ihrer Einlagerung nicht mehr den Annahmebedingungen entsprechen, sind fallweise bezüglich der damit verbundenen Auswirkungen auf die Betriebs- und Langzeitsicherheit zu beurteilen und allenfalls nachzubehandeln.
- e. Vor der Einlagerung von Abfallgebinden ist nachzuweisen, dass der vorgesehene Lagerbereich (Lagerkammern bzw. -stollen) die gemäss Art. 14 KEG mit der Rahmenbewilligung festgelegten Eignungskriterien erfüllt.
- f. Mittels geeigneter Massnahmen ist zu verhindern, dass sich in den untertägigen Bauwerken durch Gasproduktion der Abfallgebinde oder Gaszutritt aus dem Wirtgestein zündfähige Gasgemische bilden.
- g. Bei der gleichzeitigen Durchführung von Arbeiten zu Bau, Einlagerung, Verfüllung, Versiegelung oder Rückbau ist sowohl die Betriebs- als auch die Langzeitsicherheit zu gewährleisten.

## **7.3 Verfüllung und Versiegelung**

- a. Die Lagerstollen des Hauptlagers für hochaktive Abfälle sind im Anschluss an die Einlagerung der Abfallgebinde fortlaufend zu verfüllen und unmittelbar nach Abschluss der Verfüllung zu versiegeln.
- b. Die Verfüllung und die Versiegelung der Lagerkavernen und -stollen sind auf die Erfordernisse der Langzeitsicherheit abzustimmen. Die Siegel haben eine ausreichende mechanische Stabilität aufzuweisen, um die verfüllten Lagerstollen zu schützen und dem Quell- und Gasdruck in den Lagerstollen standzuhalten.
- c. Mit dem Baugesuch ist ein Versiegelungskonzept einzureichen, das zumindest die Anforderungen gemäss Bst. b umfasst.
- d. Vor der Durchführung der Versiegelungsarbeiten ist nachzuweisen, dass die vorgesehene Versiegelung die gemäss Versiegelungskonzept an sie gestellten Anforderungen erfüllt.

## **7.4 Rückholung ohne grossen Aufwand**

### **7.4.1 Generelle Vorgaben**

- a. Ein geologisches Tiefenlager einschliesslich der Tiefenlagerbehälter ist so auszulegen, dass eine Rückholung der radioaktiven Abfälle bis zum Verschluss ohne grossen Aufwand möglich ist.
- b. Eine Rückholung oder Teilrückholung der Abfälle ist vorzunehmen, falls während der Betriebsphase der Sicherheitsnachweis nicht mehr erbracht werden kann und eine wirksame Instandsetzung der Sicherheitsbarrieren nicht möglich ist.

### **7.4.2 Konzept zur allfälligen Rückholung der radioaktiven Abfälle**

- a. Mit dem Rahmenbewilligungsgesuch ist ein Konzept zur allfälligen Rückholung der radioaktiven Abfälle einzureichen. Im Konzept muss mindestens dargestellt werden, welche planerischen, logistischen, baulichen und überwachungstechnischen Schritte notwendig sind, um eine allfällige Rückholung bis zum Verschluss des Lagers sicherzustellen.
- b. Mit dem Baugesuch ist das Konzept zur allfälligen Rückholung der radioaktiven Abfälle zu konkretisieren und ein Projekt zur Demonstration der Rückholungstechnik in den Testbereichen zu erstellen.

- c. Mit dem Betriebsbewilligungsgesuch ist das Konzept zur allfälligen Rückholung der radioaktiven Abfälle aufgrund der Resultate in den Testbereichen zu aktualisieren.
- d. Das Konzept zur allfälligen Rückholung der radioaktiven Abfälle ist während der Betriebsphase periodisch zu aktualisieren und dem ENSI einzureichen.
- e. Bei einer grundlegenden Änderung des Konzepts sind in den Testbereichen erneut Demonstrationsexperimente durchzuführen. Das aktualisierte Konzept ist dem ENSI zur Freigabe einzureichen.

## **7.5 Temporärer Verschluss während der Betriebsphase**

- a. Es sind technische und betriebliche Vorkehrungen für einen temporären Verschluss zu treffen, um die Einlagerungsbereiche eines geologischen Tiefenlagers während der Betriebsphase jederzeit in einen passiv sicheren Zustand überführen zu können.
- b. Mit einem temporären Verschluss ist sicherzustellen, dass der sichere Einschluss der bereits eingelagerten Abfälle auch bei einem Einsturz von nicht verfüllten Lagerbereichen gewährleistet bleibt.
- c. Das Funktionieren der Vorkehrungen für einen temporären Verschluss ist in den Testbereichen vor Einlagerung der Abfälle nachzuweisen.
- d. Der temporäre Verschluss ist in einem Konzept darzulegen, das mit dem Baugesuch einzureichen und mit dem Betriebsbewilligungsgesuch zu aktualisieren ist. Im Konzept sind mindestens die Massnahmen zur Umsetzung, die zu verwendenden Materialien und der Zeitbedarf zu beschreiben.

## **7.6 Verschluss eines geologischen Tiefenlagers**

- a. Mit dem Betriebsbewilligungsgesuch sind die mit dem Baugesuch eingereichten Pläne für die Stilllegung der Oberflächenanlage und der Nebenzugangsanlagen, für den Verschluss des geologischen Tiefenlagers sowie für die Nachverschlussstätigkeiten zu aktualisieren.
- b. Im Plan für den Verschluss sind die Anforderungen an die Versiegelungselemente zur Gewährleistung der Langzeitsicherheit und die daraus abgeleitete Auslegung der Versiegelungselemente darzulegen.
- c. Spätestens mit dem Gesuch zum Verschluss ist nachzuweisen, dass die vorgesehene Versiegelung die im Plan für den Verschluss festgelegten Anforderungen erfüllt.



- d. Das Gesuch zum Verschluss hat einen aktualisierten Sicherheitsnachweis zu enthalten, welche die Erkenntnisse der Beobachtungsphase berücksichtigt.
- e. Mit dem Gesuch um Feststellung des ordnungsgemässen Verschlusses ist ein weiterer Nachweis für die Nachverschlussphase vorzulegen, in dem die effektive Ausführung des Verschlusses berücksichtigt wird.

## **8 Bautechnische Projektierung und Bau**

### **8.1 Untertägige Bauwerke**

#### **8.1.1 Grundlegende Anforderungen**

- a. Die Zugangsbauwerke und die weiteren untertägigen Lagerbauwerke sind so zu planen, zu bauen und zu unterhalten, dass deren sicherer Betrieb und die Langzeitsicherheit gewährleistet sind.
- b. Die Regeln, Bestimmungen und Grundsätze der einschlägigen SIA-Normen (Schweizer Ingenieur und Architektenverein) sind zu beachten.

#### **8.1.2 Projektierung**

- a. Als Grundlage der Projektierung ist gestützt auf Art. 16 Abs. 1 Bst. d KEG von den Entsorgungspflichtigen eine Nutzungsvereinbarung gemäss den Normen SIA 197 und 260 zu erstellen, die vor jeder Planungsphase zu aktualisieren ist. Gegenseitige Abhängigkeiten zwischen Nutzungsanforderungen sind zu berücksichtigen und widersprüchliche Anforderungen sind zu lösen.
- b. Die vorgesehenen Untertagebauwerke sind abgestimmt auf die Planungsphase im erforderlichen Detaillierungsgrad zu projektieren.
- c. Die bautechnischen Projekte müssen auf belastbaren standortspezifischen Daten und Grundlagen basieren.
- d. Mit einer bautechnischen Risikoanalyse sind die Risiken als Folge von zu erwartenden standortspezifischen und lagerspezifischen Ereignissen während der Bauarbeiten zu ermitteln und mit entsprechenden von den Entsorgungspflichtigen in der Nutzungsvereinbarung festgelegten Anforderungen an die Bauwerke zu vergleichen. Mögliche Auswirkungen auf die Betriebs- und Langzeitsicherheit sind aufzuzeigen.

- e. Mögliche Wechselwirkungen zwischen dem Ausbau der Lagerkammern und den Barrieren sind bei der Projektierung zu berücksichtigen. Insbesondere ist die Entwicklung des Temperaturgradienten zwischen der Innenseite des Ausbaus und dem Gebirge infolge des thermischen Eintrags wärmeproduzierender Abfälle bei der Tragwerksanalyse und Bemessung des Ausbaus als Lastfall zu berücksichtigen.

### **8.1.3 Bau**

- a. Beim Bau der untertägigen Bauwerke ist auf eine möglichst weitgehende Erhaltung der Eigenschaften der natürlichen Barriere zu achten. Hierzu sind unter anderem Massnahmen wie gebirgsschonende Vortriebsmethoden und ein schneller Einbau der Ausbruchsicherung der Lagerkammer vorzusehen.
- b. Ergänzend zu Art. 16 Abs. 1 Bst. d KEG sind die Grundsätze zur Ausführungskontrolle und Überwachung gemäss Norm SIA 197 zu beachten.
- c. Ergänzend zu Art. 18 KEG und Art. 27 KEV sind für jedes untertägige Bauwerk die entsprechenden Bauwerksakten in Anlehnung an die einschlägigen SIA-Normen zu erstellen. Ein Exemplar der Bauwerksakten ist dem ENSI nach Abschluss der Einlagerung der Abfälle einzureichen.

## **8.2 Oberflächenanlage und Nebenzugangsanlagen**

- a. Projektierung und Bau sowie zugehörige Dokumentation haben gemäss Anhang 4 KEV und Anhang 2 der Richtlinie ENSI-A04 in den 4 Hierarchiestufen B1 bis B4 zu erfolgen.
- b. Die Auslegungsgrundlagen B1 gemäss Anhang 4 KEV sind aus den Sicherheitsanalysen abzuleiten.
- c. Mit Ausnahme der Festlegung von Einwirkungen infolge Naturereignissen müssen Bemessung und Bau der Bauwerke nach den Normen SIA 260 bis 267 erfolgen.
- d. Zur Bestimmung der durch Naturereignisse bedingten Einwirkungen ist gemäss Art. 8 Abs. 4bis KEV von einem Naturereignis mit einer Häufigkeit von  $10^{-3}$  pro Jahr sowie einem Naturereignis mit einer Häufigkeit von  $10^{-4}$  pro Jahr auszugehen. Dabei ist:
  - 1. ein Naturereignis mit einer Häufigkeit von  $10^{-3}$  pro Jahr als vorübergehende Bemessungssituation nach der Norm SIA 260 und
  - 2. ein Naturereignis mit einer Häufigkeit von  $10^{-4}$  pro Jahr als aussergewöhnliche Bemessungssituation nach der Norm SIA 260

zu behandeln.

- e. Die Bauwerke sind für ein linear elastisches Tragwerksverhalten zu bemessen. Beim Lastfall Flugzeuganprall sind lokal begrenzte, plastische Verformungen des Tragwerks zulässig.
- f. Für Betonbauteile mit Barrierenfunktion gelten bezüglich Gebrauchstauglichkeit „hohe Anforderungen“ gemäss Norm SIA 262.

## **9 Sicherheitsnachweis**

### **9.1 Grundlegende Anforderungen**

- a. Im Sicherheitsnachweis ist die Einhaltung der Schutzkriterien aufzuzeigen.
- b. Der Detaillierungsgrad des Sicherheitsnachweises hat sich an der Stufe des Bewilligungsverfahrens zu orientieren.
- c. Für den Sicherheitsnachweis sind Daten, Prozesse und Modellkonzepte gemäss Stand von Wissenschaft und Technik zu verwenden und deren Unsicherheiten aufzuzeigen.
- d. Der Sicherheitsnachweis ist periodisch gemäss aktuellem Zustand der Anlage sowie bei Vorliegen neuer Erkenntnisse anzupassen und dem ENSI einzureichen.
- e. Mit dem Gesuch um Feststellung des ordnungsgemässen Verschlusses ist der Langzeitsicherheitsnachweis zu aktualisieren.

### **9.2 Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase**

- a. Der Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase hat sich auf umfassende Sicherheitsanalysen sowohl für den Normalbetrieb der Anlage als auch für Störfälle zu stützen.
- b. Die erforderlichen Unterlagen für den Sicherheitsnachweis im Rahmen des Bau- und des Betriebsbewilligungsgesuchs haben sich nach den Angaben in Anhang 3 und Anhang 4 KEV sowie Art. 124 Abs. 2 StSV zu richten.
- c. Der Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase hat alle Anlagenteile eines geologischen Tiefenlagers sowie der dazugehörigen Oberflächenanlage und Nebenzuganganlagen zu umfassen.
- d. Im Sicherheitsnachweis ist insbesondere auf die Anforderungen einzugehen, die sich im geologischen Tiefenlager im Falle eines parallelen Ablaufs von Bau und Betrieb ergeben.

- e. Die Sicherheitsanalysen sind entsprechend den geltenden Regelungen für Kernanlagen, insbesondere aus Art. 8 KEV, aus der Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und die Bewertung des Schutzes gegen Störfälle in Kernanlagen vom 17. Juni 2009 (SR 732.112.2) sowie den Richtlinien ENSI-A01, ENSI-A05, ENSI-A08 und ENSI-G14 durchzuführen.
- f. Die Auswirkungen der im Rahmen der Sicherheitsanalyse betrachteten Störfälle auf die Langzeitsicherheit eines verschlossenen geologischen Tiefenlagers sind darzulegen.

### **9.3 Sicherheitsnachweis für die Nachverschlussphase**

- a. Der Sicherheitsnachweis ist auf die Ergebnisse einer umfassenden Sicherheitsanalyse abzustützen, in der das Langzeitverhalten eines geologischen Tiefenlagers und die daraus resultierenden sicherheitsrelevanten Auswirkungen untersucht werden. Neben quantitativen Betrachtungen ist auch die Bewertung qualitativer Aspekte im Sicherheitsnachweis aufzuführen.
- b. Der Sicherheitsnachweis hat Aufschluss über die Zuverlässigkeit der getroffenen Aussagen und über die sicherheitstechnische Relevanz von Unsicherheiten zu geben. Unsicherheiten sind, soweit notwendig und möglich, durch Forschung und Datenerhebung zu reduzieren.
- c. Die Auswirkungen von Bau und Betrieb auf die Langzeitsicherheit sind im Sicherheitsnachweis für die Nachverschlussphase zu berücksichtigen.
- d. Die verfügbaren technisch-wissenschaftlichen Daten über das geologische Tiefenlager und seine Umgebung, die Informationen über die eingelagerten Abfallgebinde, die während des Betriebs gewonnenen Erkenntnisse und die Ergebnisse der Überwachung sind im Sicherheitsnachweis zu berücksichtigen.

#### **9.3.1 Sicherheitsanalyse**

- a. Die Sicherheitsanalyse hat mindestens die folgenden Elemente zu umfassen:
  1. Beschreibung des geologischen Tiefenlagersystems
  2. Verwendung verifizierter Daten zu den geologischen Gegebenheiten am Standort
  3. Aufzeigen der Wirkungsweise, des Rückhaltevermögens und der Robustheit der technischen und natürlichen Barrieren

4. Darlegung und Bewertung der Auswirkungen gekoppelter Prozesse und der Gasbildung und -ausbreitung auf die technischen und natürlichen Barrieren sowie auf den Radionuklidtransport
  5. Beschreibung der zu erwartenden geologischen Langzeitentwicklung
  6. Beschreibung der zu erwartenden Entwicklung der im geologischen Tiefenlager befindlichen Materialien, einschliesslich der radioaktiven Abfälle und der technischen und natürlichen Barrieren
  7. Szenarienanalyse und Festlegung der Rechenfälle, mit denen die zu betrachtenden Entwicklungen des Tiefenlagers untersucht werden
  8. Begründung, warum die verwendeten Annahmen und Rechenmodelle auf die vorliegende Situation anwendbar sind
  9. systematische Sensitivitäts- und Unsicherheitsanalyse zur Ermittlung des Einflusses von Unsicherheiten in den Daten, Prozessen und Modellen auf die Berechnungsergebnisse
  10. Betrachtung umhüllender Szenarien von möglichen Entwicklungen insbesondere der Gebietsmorphologie und des Klimas im Rahmen der Biosphärenmodellierung
- b. Die unter Bst. a Ziff. 6 genannte Beschreibung muss die möglichen gegenseitigen Beeinflussungen der unterschiedlichen Materialien berücksichtigen.
  - c. Für die unter Bst. a Ziff. 7 genannte Szenarienanalyse und Festlegung der Rechenfälle gilt, dass sicherheitsrelevante FEPs (features, events and processes) durch Rechenfälle abzudecken sind. Die radiologischen Auswirkungen zukünftiger Entwicklungen sind durch umhüllende Varianten einzugrenzen oder durch konservative Annahmen abzuschätzen.
  - d. In der unter Bst. a Ziff. 8 verlangten Begründung ist die Bedeutung von Vereinfachungen zu erläutern.

### 9.3.2 Nachweiszeitraum

- a. Für den Sicherheitsnachweis ist ein Nachweiszeitraum von bis zu einer Million Jahre festzulegen. Die zeitliche Entwicklung des radiologischen Gefährdungspotenzials der eingelagerten Abfälle und die Prognostizierbarkeit der geologischen Langzeitentwicklung sind zu berücksichtigen.
- b. In der Sicherheitsanalyse sind Dosisberechnungen bis zum Zeitpunkt der maximalen radiologischen Auswirkungen des geologischen Tiefenlagers durchzuführen, mindestens jedoch bis zum Ende des Nachweiszeitraums.

- c. Für die Zeit nach Ablauf des Nachweiszeitraums ist der Variationsbereich der möglichen radiologischen Auswirkungen eines geologischen Tiefenlagers unter Berücksichtigung der inhärent vorhandenen Unsicherheiten zu ermitteln. Szenarien, in denen der Tiefenlagerbereich aufgrund geologischer Vorgänge zunehmend Einflüssen der Erdoberfläche ausgesetzt wird, sind in diese Betrachtungen einzubeziehen.

### **9.3.3 Annahmen zur Klimaentwicklung und Lebensweise der Bevölkerung**

- a. Auch für Zeitperioden, in denen eine Besiedlung der Erdoberfläche im Einflussbereich eines geologischen Tiefenlagers ausgeschlossen werden kann, ist das Schutzkriterium von Kap. 4.3.2 Bst. a einzuhalten. Dazu ist für diese Perioden die Präsenz von Menschen in einer Referenzbiosphäre anzunehmen.
- b. Für die Berechnung der Strahlendosis ist ein repräsentatives Individuum innerhalb der von den potenziellen Auswirkungen eines geologischen Tiefenlagers meist betroffenen Bevölkerungsgruppe mit aus heutiger Sicht realistischen Lebensgewohnheiten zu postulieren. Bei der Analyse ist zu unterstellen:
  - 1. Mögliche Varianten der Klimaentwicklung und entsprechende Biosphärenmodelle sind festzulegen und ihre Bedeutung für die Langzeitsicherheit des geologischen Tiefenlagers ist zu untersuchen.
  - 2. Die Wirkung ionisierender Strahlung auf den Menschen hat sich nach den heutigen Kenntnissen zu richten.
  - 3. Szenarien, in denen die Sicherheit des geologischen Tiefenlagers durch menschliche Handlungen beeinflusst wird, sind so anzunehmen, wie es mit Blick auf die heutige Gesellschaft glaubhaft erscheint.

### **9.3.4 Nicht zu betrachtende Entwicklungen**

Die Sicherheitsanalyse ist nicht zu führen für:

- a. absichtliches Eindringen von Menschen in ein geologisches Tiefenlager
- b. gezielte Schädigung eines geologischen Tiefenlagers
- c. Vorgänge, deren nicht-radiologische Auswirkungen die radiologischen um ein Vielfaches übertreffen

## 10 Sicherung und Safeguards

### 10.1 Sicherung

- a. Der Schutz eines geologischen Tiefenlagers sowie der dazugehörigen Oberflächenanlage und Nebenzugangsanlagen hat dem Grundsatz der in die Tiefe gestaffelten Abwehr zu entsprechen, welche bauliche, technische, organisatorische und administrative Massnahmen vorsieht. Es gelten die Bestimmungen gemäss Art. 9 und Anhang 2 KEV, der Verordnung des UVEK über die Gefährdungsannahmen und Sicherungsmassnahmen für Kernanlagen und Kernmaterialien (SR 732.112.1) sowie der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen vom 9. Juni 2006 (VAPK; SR 732.143.1), der Verordnung über die Betriebswachen von Kernanlagen vom 9. Juni 2006 (VBWK; SR 732.143.2) und der Verordnung über die Personensicherheitsprüfungen im Bereich Kernanlagen vom 9. Juni 2006 (PSPVK; SR 732.143.3).
- b. Der Nachweis der Aspekte der IT-Sicherheit ist zu erbringen.
- c. Die Vorkehrungen zur Sicherung dürfen die Langzeitsicherheit eines geologischen Tiefenlagers nicht beeinträchtigen.
- d. Der Sicherungsnachweis ist in einem Sicherheitsbericht gemäss den Vorgaben aus Kap. 6.2 der Richtlinie ENSI-G09 zu dokumentieren.

### 10.2 Safeguards

- a. Ein geologisches Tiefenlager sowie die dazugehörigen Oberflächenanlage und Nebenzugangsanlagen sind so auszulegen, dass Kontrollen spaltbarer Materialien möglich sind.
- b. Die Vorkehrungen zur Kontrolle spaltbarer Materialien dürfen die Langzeitsicherheit eines geologischen Tiefenlagers nicht beeinträchtigen.

## 11 Qualitätssicherung und Dokumentation

- a. Für die Anforderungen zur Qualitätssicherung gilt Kap. 6.2 der Richtlinie ENSI-G07.<sup>1</sup>
- b. Die Anforderungen an die Langzeit- und Betriebssicherheit müssen dokumentiert und die Nachvollziehbarkeit von wesentlichen Entscheidungen für

---

<sup>1</sup> geändert am 1. November 2023 und geänderte Zuordnung der nachfolgenden Buchstaben

die geologische Tiefenlagerung sowie deren Konsequenzen bezüglich der Langzeitsicherheit und der Betriebssicherheit sichergestellt werden. Dazu gehören auch die sicherheitsrelevanten Eigenschaften und Anforderungen an die Elemente des Mehrfachbarrierensystems zur Erfüllung ihrer Sicherheitsfunktion.

- c. Sich widersprechende Sicherheitsanforderungen sind zu identifizieren, zu dokumentieren und der Umgang mit diesen ist darzulegen. Dafür ist ein Prozess zu implementieren. Falls die Lösung der Widersprüche nicht möglich ist, ist eine Entscheidung unter Abwägung der verschiedenen Sicherheitsanforderungen zu treffen. Der gesamte Prozess ist so zu dokumentieren, dass die resultierende Entscheidung und die Gründe dafür nachvollzogen werden können.
- d. Mit dem Gesuch für Erdwissenschaftliche Untersuchungen Untertag ist ein Dokumentationskonzept für alle Phasen nach Anhang 2 zur langfristigen Sicherstellung der Kenntnisse über das geologische Tiefenlager einzureichen.
- e. Die Dokumentation des Baus ist gemäss Art. 27 KEV und der Richtlinie HSK-R-08, die Dokumentation des Betriebs gemäss Art. 41 KEV und der Richtlinie ENSI-G09 zu erstellen. Für die Untertagebauwerke ist die Dokumentation für Bau und Betrieb entsprechend der Norm SIA 197 zu ergänzen.
- f. Die Dokumentation gemäss Art. 71 KEV ist in mindestens drei Exemplaren zu erstellen. Die Langzeitbeständigkeit der Dokumentation ist aufzuzeigen, und die dazu erforderlichen Instandhaltungsmassnahmen sind zu erläutern.
- g. Die Dokumentation muss in Präzisierung zu Art. 71 KEV mindestens die folgenden Angaben enthalten:
  - 1. Beschreibung der verschlossenen Anlage und des Standorts
  - 2. Angaben über die Einlagerung und die genaue Position jedes Tiefenlagerbehälters sowie über die Konditionierung der enthaltenen Gebinde gemäss Richtlinie ENSI-B05
  - 3. Angaben über die Zwischenlagerung, sofern sie für eine allfällige Rückholung der radioaktiven Abfälle oder die Langzeitsicherheit relevant sein können
  - 4. Zusammenfassung der Ergebnisse aus der Überwachung



## 12 Liste der Verweisungen

IAEA Safety Standard SSR-5: Disposal of Radioactive Waste, 2011

Norm SIA 197: Projektierung Tunnel – Grundlagen, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein

Norm SIA 260: Grundlagen der Projektierung von Tragwerken, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein

Norm SIA 262: Betonbau, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein

Diese Richtlinie wurde am 7. Dezember 2020 vom ENSI verabschiedet und ist gültig ab 1. Januar 2021.

Der Direktor des ENSI: sig. M. Kenzelmann



# **Anhang 1: Begriffe (gemäss ENSI-Glossar)**

## **Biosphärenmodell**

Das Biosphärenmodell ist ein Transport- und Expositionsmodell zur Berechnung der Strahlenexposition (Individualdosis) für die zu betrachtende Bevölkerungsgruppe als Folge der aus dem geologischen Tiefenlager durch die Geosphäre in die Biosphäre freigesetzten Radionuklide. Grundlage bilden ein Transport- und Akkumulationsmodell für die Berechnung der Radionuklidausbreitung im menschlichen Lebensraum (Wasser, Luft, Boden) und ein Modell für die Berechnung der Strahlendosis unter Berücksichtigung der Radionuklidaufnahme über das Trinkwasser, die Nahrung und die Atemluft sowie unter Berücksichtigung der direkten Bestrahlung.

## **Hauptlager**

Das Hauptlager ist der Bereich eines geologischen Tiefenlagers, in den der Hauptteil der radioaktiven Abfälle eingelagert wird.

## **Langzeitsicherheit**

Langzeitsicherheit bezeichnet die Sicherheit eines geologischen Tiefenlagers für Mensch und Umwelt nach dessen Verschluss.

## **Mehrfachbarrierensystem**

Ein Mehrfachbarrierensystem besteht aus gestaffelten, passiv und verschiedenartig wirkenden technischen und natürlichen Barrieren zum Einschluss und zur Rückhaltung der im Tiefenlager eingelagerten radioaktiven Stoffe. Für den Fall, dass eine Barriere ihre angedachte Funktion nicht wie geplant erfüllt, umfasst es weitere Barrieren, die dies kompensieren können.

## **Natürliche Barriere**

Eine natürliche Barriere ist ein geologisches Umfeld eines Tiefenlagers, das gemäss Sicherheitskonzept passiv zur Rückhaltung der Radionuklide beiträgt.

## **Nebenzugangsanlage**

Eine Nebenzugangsanlage umfasst jene Anlageteile (Bauwerke, Installationen und Geräte) an der Oberfläche und am oberen Ende eines Zugangsbauwerks (Schacht oder Tunnel) eines geologischen Tiefenlagers, über welche keine Transporte radioaktiver Abfälle erfolgen. Eine Nebenzugangsanlage stellt die Aufgaben und Funktionen des Nebenzugangs sicher und kann bei der Oberflächenanlage oder getrennt davon angeordnet sein.

## **Nutzungsvereinbarung**

Die Nutzungsvereinbarung ist gemäss Norm SIA 260 die Beschreibung der Nutzungs- und Schutzziele der Bauherrschaft oder der Eigentümerschaft sowie der grundlegenden Bedingungen, Anforderungen und Vorschriften für die Projektierung, Ausführung, Nutzung und

Erhaltung des Bauwerks. Die Nutzungsvereinbarung ist aufgrund eines Dialogs zwischen Bauherrschaft und Projektverfassenden zu erstellen.

### **Oberflächenanlage**

Die Oberflächenanlage umfasst die Gesamtheit der Anlagen (Bauwerke, Installationen und Geräte) an der Oberfläche (oder in Oberflächennähe) zur Annahme radioaktiver Abfälle, zur Vorbereitung der Einlagerung (z. B. Verpackung) inklusive Anlieferung und Rückschub aller dazu erforderlichen Behälter und Materialien, zum Verlad für den Transport der Tiefenlagerbehälter, Verfüll- und Versiegelungsmaterialien sowie für alle erforderlichen Nebenprozesse (z. B. Versorgungs- und Entsorgungseinrichtungen). Die Oberflächenanlage befindet sich am oberen Ende des Zugangsbauwerks, über welches die Transporte radioaktiver Abfälle in das geologische Tiefenlager erfolgen.

### **Pilotlager**

Das Pilotlager ist ein eigenständiger, vom Hauptlager abgetrennter Teil des geologischen Tiefenlagers, in dem das Verhalten der Abfälle, der Verfüllung und des Wirtgesteins bis zum Ablauf der Beobachtungsphase überwacht wird.

### **Planungsphase**

In einer Planungsphase wird ein Teil des gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks betrachtet. Die Planung eines Untertagebauwerks wird gemäss der Norm SIA 197 in drei Hauptphasen, Projektierung, Ausführung und Bewirtschaftung unterteilt. Diese werden in Teilphasen unterteilt.

### **Projektierung**

Die Projektierung ist eine Planungsphase und umfasst gemäss Norm SIA 260 Entwurf, Tragwerksanalyse und Bemessung. Sie beinhaltet gemäss der Norm SIA 197 die Teilphasen strategische Planung, Vorstudien, Vorprojekt, Auflageprojekt und Bauprojekt.

### **Robustheit**

Robustheit ist die Eigenschaft eines Systems oder einer Komponente, die Sicherheitsfunktionen auch unter Berücksichtigung von Unsicherheiten, einwirkenden Prozessen und Ereignissen zu gewährleisten.

### **Rückholung**

Rückholung umfasst die Bergung und den Transport von eingelagerten radioaktiven Abfällen aus dem geologischen Tiefenlager zurück an die Oberfläche.

### **Sicherheitsoptimierung**

Für ein geologisches Tiefenlager wird die Sicherheitsoptimierung als ein schrittweiser Prozess verstanden, indem bei jeder sicherheitsrelevanten Entscheidung verschiedene Alternativen und ihre Bedeutung für die Sicherheit im Betrieb und für die Langzeitsicherheit betrachtet werden und ein insgesamt für die Sicherheit vorteilhafter Entscheid gefällt wird.

## **Szenarien**

Szenarien sind mögliche Varianten der Entwicklung der Abfälle, der technischen und natürlichen Barrieren, der Biosphäre und der menschlichen Lebensweisen unter Einwirkung von angenommenen Eigenschaften, Ereignissen und Vorgängen (features, events and processes, FEPs).

## **Technische Barriere**

Eine Technische Barriere ist eine technische Komponente, die über den Verschluss hinaus in einem geologischen Tiefenlager verbleibt und gemäss Sicherheitskonzept passiv zur Rückhaltung der Radionuklide beiträgt.

## **Temporärer Verschluss**

Temporärer Verschluss bezeichnet den Verschluss eines geologischen Tiefenlagers, dessen Umsetzung einige Wochen bis Monate benötigt und dessen Wirksamkeit einige Jahrzehnte bis Jahrhunderte anhält.

## **Testbereiche**

Testbereiche sind eigenständige Teile des geologischen Tiefenlagers, um die sicherheitsrelevanten Eigenschaften des Wirtgesteins oder der technischen Barrieren zur Erhärtung des Sicherheitsnachweises vertieft abzuklären beziehungsweise um sicherheitsrelevante Techniken zu erproben und deren Funktionstüchtigkeit nachzuweisen.

## **Überwachung**

Überwachung ist die über längere Zeit kontinuierliche oder periodische Beobachtung einer Eigenschaft, die Messung einer Kenngrösse oder die Summe aller solcher Beobachtungen und Messungen.

## **Umhüllende Varianten**

Umhüllende Varianten sind Entwicklungsvarianten der Abfälle, der technischen und natürlichen Barrieren, der Biosphäre und der menschlichen Lebensweisen, die zu radiologischen Auswirkungen in den betrachteten Zeiträumen führen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit grösser sind als jene des tatsächlichen zukünftigen Entwicklungsverlaufs.

## **Verfüllung**

Die Verfüllung ist die Schliessung von Hohlräumen durch Einbringen von Feststoffen. Die Verfüllung kann zur mechanischen Stabilisierung, räumlichen Abtrennung oder Gewährleistung der Funktionstüchtigkeit der natürlichen und technischen Barrieren dienen.

## **Verpackungsanlage**

Die Verpackungsanlage ist jener Teil der Oberflächenanlage, in welchem der Umgang mit den einzulagernden radioaktiven Abfällen erfolgt, von der Annahme der Abfälle bis zur Verbringung in das Tiefenlager.

## **Versiegelung**

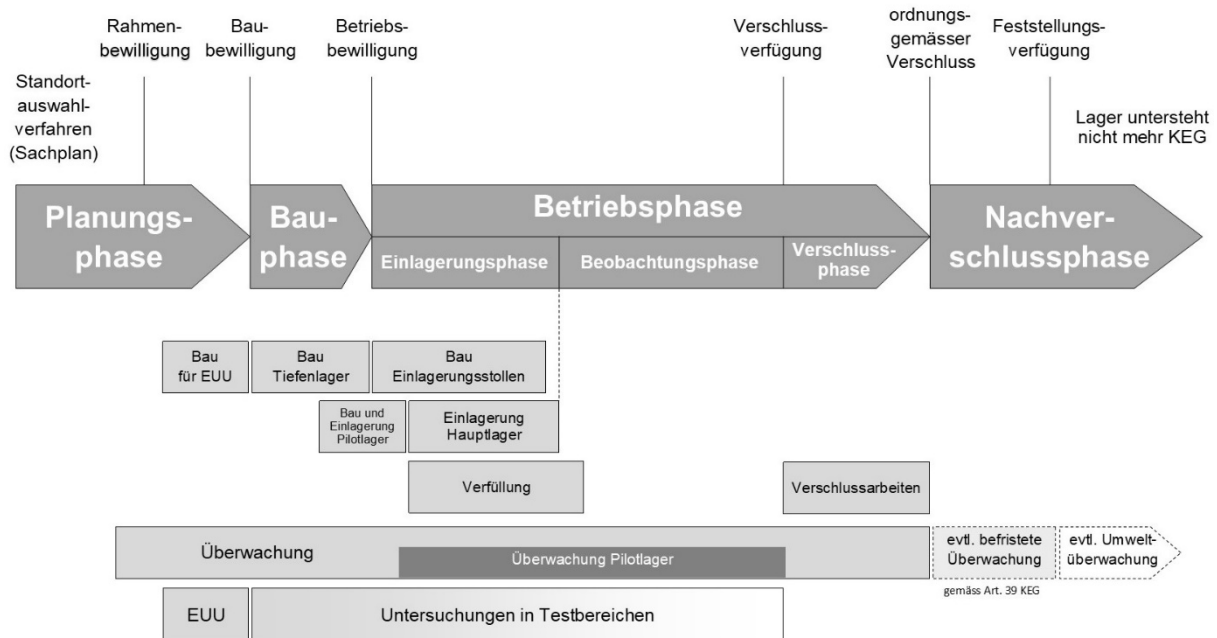
Die Versiegelung ist eine technische Barriere zur hydraulischen Abdichtung, zur Stützung des Gebirges und zum Schutz der Verfüllung.

## **Zugangsbauwerke**

Zugangsbauwerke sind Bauwerke wie Rampen oder Schächte, welche ausgehend von den Anlagen an der Erdoberfläche die Anlagen im geologischen Untergrund erschliessen.

## Anhang 2: Projektierung, Bau, Betrieb und Verschluss

Es gelten die im KEG und der KEV festgelegten Phasen und Bewilligungsschritte zu Projektierung, Bau, Betrieb und Verschluss eines geologischen Tiefenlagers:



EUU = Erdwissenschaftliche Untersuchungen Untertag

Die Betriebsphase eines geologischen Tiefenlagers umfasst den Einlagerungsbetrieb, die Beobachtungsphase und den Verschluss.

Die Verschlussarbeiten beginnen nach Erteilung der Verschlussverfügung und enden mit dem ordnungsgemässen Verschluss.

Gemäss Art. 39 Abs. 3 KEG kann der Bundesrat nach dem ordnungsgemässen Verschluss eine weitere befristete Überwachung anordnen.

Gemäss Art. 39 Abs. 4 KEG wird ein geologisches Tiefenlager nach ordnungsgemässigem Verschluss oder nach Ablauf der Überwachungsfrist durch eine Feststellungsverfügung aus der Kernenergiegesetzgebung entlassen.









---

Herausgeber:  
Eidgenössisches  
Nuklearsicherheits-  
inspektorat ENSI  
CH-5201 Brugg

+41 (0)56 460 84 00  
info@ensi.ch  
www.ensi.ch

© ENSI  
Dezember 2020  
(Änderung vom  
1. November 2023)

---

ENSI-G03

ENSI  
Industriestrasse 19  
5201 Brugg  
Schweiz

+41 56 460 84 00  
[info@ensi.ch](mailto:info@ensi.ch)  
[www.ensi.ch](http://www.ensi.ch)