



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 **Monat Jahr** (Entwurf zur externen Anhörung, September 2019)

Erläuterungsbericht zur Richtlinie

ENSI-G03/d

Inhalt

Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen

ENSI-G03/d

1	Einleitung	1
2	Harmonisierung mit internationalen Anforderungen	1
2.1	IAEA	1
2.2	WENRA	1
3	Aufbau der Richtlinie	1
4	Erläuterungen zu einzelnen Kapiteln der Richtlinie	2
	Zu Kapitel 3 „Gegenstand und Geltungsbereich“	2
	Zu Kapitel 4 „Grundlegende Vorgaben“	3
	Zu Kapitel 5 „Auslegung“	7
	Zu Kapitel 6 „Überwachung, Pilotlager und Markierung“	12
	Zu Kapitel 7 „Tätigkeiten im geologischen Tiefenlager“	17
	Zu Kapitel 8 „Bautechnische Projektierung und Bau“	23
	Zu Kapitel 9 „Sicherheitsnachweis“	26
	Zu Kapitel 10 „Sicherung und Safeguards“	33
	Zu Kapitel 11 „Qualitätssicherung und Dokumentation“	34
	Anhang 1: IAEA Safety Requirements	37
	Anhang 2: WENRA Safety Reference Levels	47

1 Einleitung

Die vorliegende Richtlinie ENSI-G03 ersetzt die Richtlinie ENSI-G03 aus dem Jahr 2009. Sie stützt sich auf das Kernenergiegesetz vom 21. März 2003 (KEG; SR 732.1) und die Kernenergieverordnung vom 10. Dezember 2004 (KEV; SR 732.11) und beinhaltet die Konkretisierung der Auslegungsgrundsätze für geologische Tiefenlager gemäss Art. 11 Abs. 3 KEV sowie die Anforderungen an den Nachweis der Betriebs- und Langzeitsicherheit.

2 Harmonisierung mit internationalen Anforderungen

2.1 IAEA

Von den IAEA Safety Standards der Kategorien „Requirements“ sind für die Richtlinie ENSI-G03 die Empfehlungen aus dem folgenden Dokument relevant:

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

Im Anhang 1 wird aufgezeigt, wie diese Empfehlungen im Schweizer Regelwerk berücksichtigt wurden.

2.2 WENRA

Die Western European Nuclear Regulators Association (WENRA) hat europaweit harmonisierte Sicherheitsanforderungen (Safety Reference Levels, SRL) für Kernkraftwerke festgelegt.

Für die Richtlinie ENSI-G03 sind WENRA Safety Reference Levels des Berichts „Radioactive Waste Disposal Facilities Safety Reference, 22 December 2014“ massgebend.

Im Anhang 2 sind die relevanten WENRA Safety Reference Levels aufgeführt und es wird aufgezeigt, über welche Kapitel der Richtlinie diese abgedeckt sind.

3 Aufbau der Richtlinie

Kapitel 1 besteht aus der Einleitung, die für alle ENSI-Richtlinien einheitlich ist.

Kapitel 2 nennt die rechtlichen Grundlagen, auf die sich die Richtlinie abstützt. Das ENSI ist Aufsichtsbehörde in den Bereichen nukleare Sicherheit und Sicherung (Art. 70 Abs. 1 Bst. a KEG). Als solche steht es ihm zu, in seinen Aufsichtsbereichen Richtlinien zu erlassen. Diese konkretisieren unbestimmte Rechtsbegriffe in den gesetzlichen Grundlagen und stellen eine einheitliche Vollzugspraxis sicher. Um Richtlinien zu erlassen, bedarf es keines aus-

drücklichen Auftrags an das ENSI in einer Verordnung. Dennoch finden sich in den Verordnungen zum Kernenergierecht verschiedene solche Aufträge.

Kapitel 3 umfasst die Darlegung des Gegenstands und des Geltungsbereichs.

Kapitel 4 enthält grundlegende Vorgaben zum Schutzziel der geologischen Tiefenlagerung und dessen Umsetzung.

Kapitel 5 befasst sich mit der Auslegung eines geologischen Tiefenlagers.

Kapitel 6 behandelt die Themen Überwachung, Pilotlager und dauerhafte Markierung.

Kapitel 7 regelt Tätigkeiten im geologischen Tiefenlager von erdwissenschaftlichen Untersuchungen, über die Einlagerung, Verfüllung und Versiegelung, die mögliche Rückholung radioaktiver Abfälle, den temporären Verschluss während der Betriebsphase bis zum Verschluss eines geologischen Tiefenlagers.

Kapitel 8 behandelt die bautechnische Projektierung und den Bau für untertägige Bauwerke, für die Oberflächenanlage und für Nebenzugangsanlagen.

Kapitel 9 regelt den Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase und die Nachverschlussphase.

Kapitel 10 behandelt Sicherung und Safeguards.

Kapitel 11 bezieht sich auf die Qualitätssicherung und die Dokumentation.

Kapitel 12 enthält Verweisungen.

In Anhang 1 werden Begriffe definiert, die damit ins ENSI-Glossar aufgenommen werden.

In Anhang 2 gibt einen Überblick über den Ablauf von Projektierung, Bau, Betrieb und Verschluss.

4 Erläuterungen zu einzelnen Kapiteln der Richtlinie

Zu Kapitel 3 „Gegenstand und Geltungsbereich“

Ein geologisches Tiefenlager ist gestützt auf Art. 3 Bst. c und d KEG eine Kernanlage im geologischen Untergrund und besteht nach Art. 64 KEV aus dem Hauptlager, aus einem Pilotlager und aus Testbereichen. Zu einer Kernanlage gehören nach Art. 49 Abs. 5 KEG auch die mit dem Bau und dem Betrieb zusammenhängenden Erschließungsanlagen und Installationsplätze. Beim geologischen Tiefenlager kommen zusätzlich die Standorte für die Verwertung und Ablagerung von Ausbruch-, Aushub- und Abbruchmaterial hinzu. Oberflächenanlage und Nebenzugangsanlagen des geologischen Tiefenlagers sind gestützt auf die genannte Bestimmung Bestandteil der Kernanlage, sofern sie einen engen sowohl räumlichen als auch funktionalen Zusammenhang zum geologischen Tiefenlager aufweisen und für dessen Bau und Betrieb notwendig sind.

Das Verfahren und die Kriterien, nach denen Standorte für geologische Tiefenlager für alle Abfallkategorien in der Schweiz ausgewählt werden, sind im Konzeptteil des Sachplans geologische Tiefenlager (BFE: Sachplan geologische Tiefenlager – Konzeptteil, Revision vom 30. November 2011) festgelegt. Die Richtlinie enthält deshalb keine spezifischen Vorgaben für die Auswahl von geologischen Standortgebieten. Das ENSI hat die sicherheitstechnischen Vorgaben für Etappe 3 des Sachplans sowohl für den Standortvergleich als auch für die Rahmenbewilligungsgesuche für die gewählten Standorte ergänzt und präzisiert (ENSI 33/649: Präzisierungen der sicherheitstechnischen Vorgaben für Etappe 3 des Sachplans geologische Tiefenlager, 2018).

Die Realisierung eines geologischen Tiefenlagers durchläuft ein mehrstufiges Bewilligungsverfahren (Rahmenbewilligung, Baubewilligung, Betriebsbewilligung, Verschluss und Entlassung aus der Kernenergiegesetzgebung). Dazu ist jeweils die Einhaltung aller gesetzlichen Vorschriften und insbesondere der Anforderungen an die nukleare Sicherheit und Sicherung zu prüfen. Bei der Erteilung der Rahmenbewilligung und bei der Feststellung, dass das Lager nicht mehr der Kernenergiegesetzgebung untersteht, ist dies der Bundesrat; bei den übrigen Bewilligungen das UVEK (Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation). Die verfahrensleitende Behörde (Bundesamt für Energie, BFE) hat alle Fachbehörden zur Stellungnahme einzuladen. Die Entscheidbehörde koordiniert die verschiedenen Rechtsregeln formell und materiell. Bereinigungen innerhalb der Bundesverwaltung richten sich nach Art. 62a ff. des Regierungs- und Verwaltungsorganisationsgesetzes vom 21. März 1997 (RVOG: SR 172.010).

Zu Kapitel 4 „Grundlegende Vorgaben“

Zu Kapitel 4.1 „Schutzziel der geologischen Tiefenlagerung“

Die Entsorgung von radioaktiven Abfällen hat gemäss Art. 31 KEG in einem geologischen Tiefenlager zu erfolgen. Dadurch werden die radioaktiven Abfälle vom Lebensraum des Menschen isoliert. Die Langzeitsicherheit des geologischen Tiefenlagers ist dabei durch ein System gestaffelter, passiv wirkender technischer und natürlicher Barrieren (Mehrfachbarrierensystem, Art. 11 Abs. 2 Bst. b KEV) zu gewährleisten, wobei in der Richtlinie ENSI-G03 die Begriffe Barriere und Sicherheitsbarriere synonym verwendet werden.

Ein absoluter Einschluss aller radioaktiven Stoffe über sehr lange Zeiträume ist nicht möglich. Das Barrierensystem ist deshalb so auszulegen, dass die Freisetzung von Radionukliden durch die technischen und natürlichen Barrieren hindurch bis in die Biosphäre gering bleibt und der Schutz von Mensch und Umwelt gewährleistet ist. Dies kann durch den Einschluss der radioaktiven Abfälle über eine gewisse Zeit, durch die verzögerte Freisetzung der radioaktiven Stoffe aus der Abfallmatrix und durch die Rückhaltung der radioaktiven Stoffe in den technischen und natürlichen Barrieren erfolgen.

Das Schutzziel steht im Einklang mit Art. 4 KEG und dem grundlegenden Schutzziel gemäss den Fundamental Safety Principles der IAEA (2006). Für die Betriebsphase gelten die grundlegenden Schutzziele in Art. 1 Bst. d 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 Kapitel 4.2 „Leitsätze zur Umsetzung des Schutzziels“

Die Leitsätze beruhen auf den im IAEA Safety Standard SSR-5 (2011) aufgeführten Grundsätzen und Anforderungen an die geologische Tiefenlagerung radioaktiver Abfälle.

Der in der Vorgängerversion dieser Richtlinie vorhandene Leitsatz zum Schutz des Menschen wird nicht mehr aufgeführt, da dieser durch Art. 1 und 4 KEG sowie Kapitel 4.3 dieser Richtlinie abgedeckt ist.

Die ehemaligen Leitsätze zu Sicherheitsbarrieren und zur Überwachung und Rückholung werden nicht mehr aufgeführt, da ihre Zielsetzungen durch Art. 11 Abs. 2 KEV abgedeckt sind.

Der ehemalige Leitsatz zur Lastenfreiheit wird nicht mehr aufgeführt, da die Lastenfreiheit bereits Teil des Schutzziels des geologischen Tiefenlagers ist. Gemäss Art. 31 KEG liegt die Entsorgungspflicht für radioaktive Abfälle bei den Betreibern der Kernanlagen. Somit obliegt der nutzniessenden Gesellschaft die Vorsorgepflicht, die geologische Tiefenlagerung so weit vorzubereiten und umzusetzen, dass künftigen Generationen keine unzumutbaren Lasten auferlegt werden. Die Vorbereitungen werden im Entsorgungsprogramm und in der Kostenstudie dokumentiert und periodisch überprüft.

Der ehemalige Leitsatz zu Bodenschätzen wird nicht mehr aufgeführt, da bereits bei der Standortwahl gemäss dem im Sachplan geologische Tiefenlager beschriebenen Verfahren die aus heutiger Sicht nutzungswürdigen Rohstoffe berücksichtigt werden. Dies trägt dem Gebot der Nachhaltigkeit Rechnung, da die Ressourcen auch späteren Generationen zugänglich bleiben sollen. Durch das Fehlen von Bodenschätzen mit besonderer Bedeutung wird die Wahrscheinlichkeit eines unbeabsichtigten menschlichen Eindringens verringert.

Der ehemalige Leitsatz zur Optimierung wird nicht mehr aufgeführt, da dieser durch Kapitel 4.4 dieser Richtlinie abgedeckt ist.

Zu Bst. a: Sind nach dem ordnungsgemässen Verschluss eines geologischen Tiefenlagers keine weiteren Massnahmen zur Gewährleistung der Langzeitsicherheit nötig, ergeben sich für spätere Generationen nur geringe Verpflichtungen (beispielsweise zum möglichst langen Kenntniserhalt des Lagerstandorts). Passiv wirkende, technische und natürliche Barrieren stellen sicher, dass kein aktives menschliches Eingreifen mehr nötig ist und somit die Langzeitsicherheit auch dann gewährleistet ist, wenn keine stabile Gesellschaft vorhanden ist.

Zu Bst. b: Der Schutz wird unabhängig von den heute bestehenden Landesgrenzen gefordert. Dies entspricht dem heutigen Verantwortungsverständnis. Die Bedeutung staatlicher Grenzen wird dadurch relativiert, dass die Auswirkungen eines verschlossenen geologischen

Tiefenlagers auf den Lebensraum des Menschen erst nach langer Zeit auftreten können. Solche Zeiträume umfassen das Vielfache der Lebensdauer von Staatsgrenzen.

Zu Bst. c: Ethische Überlegungen (vgl. Susanne Brauer: Schutzziele als ethische Fragen, Bericht im Auftrag des Bundesamtes für Energie, 2018) begründen eine Schutzverpflichtung gegenüber künftigen Generationen. Der Leitsatz folgt dabei dem Grundsatz, dass jede Generation heute oder in der Zukunft den gleichen Anspruch auf Schutz vor einer Gefährdung hat. Über die weit entfernte Zukunft der Menschheit sind keine verlässlichen Aussagen möglich. Das gilt insbesondere für die Lebensweise, die Nahrung und die Empfindlichkeit des Menschen gegenüber der Umgebungsstrahlung. Bei dieser prinzipiellen Unkenntnis der Empfindlichkeit der zukünftig zu schützenden Menschen kann gleicher Schutz nur dadurch umgesetzt werden, dass die Einschlusswirksamkeit eines geologischen Tiefenlagers heute und in Zukunft gleichen Ansprüchen zu genügen hat. Der Massstab für diese Ansprüche sind die heute geltenden Schutzansprüche.

Zu Bst. d: Der Schutz der Umwelt umfasst den Schutz der Lebensgrundlage des Menschen sowie einen weitgehenden Artenschutz (Erhalt der Artenvielfalt) für andere Lebewesen. Dies entspricht internationalen Bestrebungen um Nachhaltigkeit (Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future, 1987; Report of the United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, 3-14 June 1992 – Annex I, Rio Declaration on Environment and Development).

Das Vorgehen zum Schutz der Gesamtheit der Lebewesen ist international noch in Diskussion. Die Bestrebungen der ICRP (The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, 2007) gehen in die Richtung einer zuverlässigen Abschätzung der Strahlenwirkung auf einige typische Lebensformen (Environmental Protection – the Concept and Use of Reference Animals and Plants, 2008). Es werden dort aber keine konkreten Empfehlungen bezüglich Dosisbegrenzungen gemacht. Die Richtlinie geht deshalb von der bisherigen Annahme aus, dass die Arten geschützt sind, wenn die nötigen Vorkehrungen zum Individualschutz des Menschen getroffen wurden. Die internationalen Entwicklungen auf dem Gebiet des Schutzes der Umwelt werden auch künftig weiterverfolgt (ENSI 33/606: Overview of International Status of Considering Radiological Protection of Non-Human Biota in the Context of Deep Geological Disposal of Radioactive Waste, 2018).

Zu Kapitel 4.3 „Schutzkriterien“

Zu Kapitel 4.3.1 „Betriebsphase“

Im Gegensatz zur Nachverschlussphase, für welche die Schutzkriterien gemäss Kapitel 4.3.2 gelten, richten sich die radiologischen Schutzkriterien für die Betriebsphase eines geologischen Tiefenlagers nach der Strahlenschutzgesetzgebung (Strahlenschutzgesetz vom 22. März 1991 (StSG; SR 814.50), Strahlenschutzverordnung vom 26. April 2017 (StSV; SR 814.501)) und entsprechen somit den für Kernkraftwerke und Zwischenlager geltenden Anforderungen. Die radiologischen Schutzkriterien sind in der Richtlinie ENSI-G15 weiter

konkretisiert. Für Massnahmen zur Einhaltung der Schutzkriterien gilt insbesondere die Richtlinie ENSI-G12.

Die Bewilligungsbehörde legt im Zuge der Rahmenbewilligung einen quellenbezogenen Dosisrichtwert gemäss Richtlinie ENSI-G15 fest. Der Gesuchsteller des Rahmenbewilligungsgesuchs soll auf Basis seiner Dosisabschätzungen einen begründeten Vorschlag für den quellenbezogenen Dosisrichtwert (Art. 7 StSV) einreichen, der bei der Entscheidung der Bewilligungsbehörde berücksichtigt wird.

Zu Kapitel 4.3.2 „Nachverschlussphase“

Zu Bst. a: Ziel der Tiefenlagerung ist der dauerhafte Schutz von Mensch und Umwelt. Schutzkriterien in der Nachverschlussphase dienen dazu, den dauerhaften Schutz aufzuzeigen. Ein geologisches Tiefenlager ist gemäss IAEA Safety Standard SSR-5, Absatz 2.15, so auszulegen, dass die als Folge möglicher natürlicher Prozesse resultierende Individualdosis geringer als 0,3 mSv pro Jahr bleibt oder das resultierende Risiko in der Grössenordnung von 10^{-5} pro Jahr liegt.

Das aus den Szenarien abgeleitete Risiko wird aus dem Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Dosis berechnet. Die Eintrittswahrscheinlichkeit ist eine dimensionslose Grösse zwischen 0 (kein Eintritt des Szenariums im Nachweiszeitraum) und 1 (Eintritt des Szenariums im Nachweiszeitraum).

Zu Bst. b: Für die Eintrittswahrscheinlichkeit eines unbeabsichtigten menschlichen Eindringens in ein Tiefenlager sind aufgrund der Unkenntnis der zukünftigen Entwicklung der Gesellschaft keine belastbaren Aussagen möglich. Deshalb werden die entsprechenden Kriterien gemäss Absatz 2.15 des IAEA Safety Standard SSR-5 übernommen.

Zu Bst. c: Gemäss Absatz 2.16 des IAEA Safety Standard SSR-5 ist anerkannt, dass die Dosen für Menschen in der Zukunft nur geschätzt werden können und dass die mit diesen Schätzungen verbundenen Unsicherheiten für entferntere Zeiträume zunehmen werden. Bei der Anwendung von Kriterien für Zeiträume weit in der Zukunft ist deshalb Vorsicht geboten. Die mit Dosisberechnungen verbundenen Unsicherheiten können so gross werden, dass die Kriterien möglicherweise nicht mehr als vernünftige Entscheidungsgrundlage dienen. Die Richtlinie ENSI-G03 fordert deshalb, dass nach Ende des Nachweiszeitraums die radiologischen Auswirkungen eines Tiefenlagers nicht wesentlich höher sein dürfen als die natürliche radiologische Belastung in der Schweiz.

Das BAG macht zur mittleren natürlichen radiologischen Belastung der Schweizer Bevölkerung folgende Aussagen (BAG: Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität in der Schweiz – Ergebnisse 2017, Broschüre Bundesamt für Gesundheit, 2018): Die durchschnittliche „Radondosis“ für die Schweizer Bevölkerung beträgt etwa 3,2 mSv pro Jahr. Die Dosis aufgrund der terrestrischen Strahlung (d. h. Strahlung aus Boden und Fels) macht im Mittel 0,35 mSv pro Jahr aus und hängt davon ab, wie der Untergrund zusammensetzt ist. Die Dosis durch kosmische Strahlung beträgt im Mittel etwa 0,4 mSv pro Jahr. Radionuklide gelangen auch über die Nahrung in den menschlichen Körper und führen zu Dosen von rund

0,35 mSv. Zusammen beträgt die mittlere Dosis der Schweizer Bevölkerung aus natürlichen Quellen also 4,3 mSv pro Jahr.

Zu Kapitel 4.4 „Sicherheitsoptimierung“

Zu Bst. a: Eine Optimierungspflicht wird für ein geologisches Tiefenlager von der IAEA Safety Standard SSR-5 und der ICRP gefordert. Die Optimierung der Betriebssicherheit stützt sich dabei auf Art. 4 StSV. Die Optimierung der Langzeitsicherheit eines geologischen Tiefenlagers erfolgt durch ein schrittweises Vorgehen.

Zu Bst. b: Hier sind insbesondere Entscheidungen gemeint, die einen Einfluss auf die Langzeitsicherheit haben können. Die zugrunde liegenden Abwägungen sollen dokumentiert werden (siehe Kap. 11). Aufgrund der verschiedenen Anforderungen an die Betriebs- und Langzeitsicherheit des geologischen Tiefenlagers können sich diese sogar widersprechen. Die Abwägungen beinhalten deshalb die fallweise Abklärung, was für die Sicherheit insgesamt vorteilhaft ist. Wo erforderlich können die qualitativen Aspekte auch durch numerische Berechnungen gestützt werden.

Zu Bst. c: In der Richtlinie werden im Hinblick auf die Einhaltung der Schutzkriterien konkrete Anforderungen an die Wirksamkeit des Mehrfachbarrierensystems als Ganzes gestellt. Auch wenn die in den Schutzkriterien festgelegten Limiten eingehalten werden, sind die radiologischen Auswirkungen aus einem geologischen Tiefenlager mit geeigneten Massnahmen bei Projektierung, Bau und Betrieb so weit zu reduzieren, als dies nach dem Stand von Wissenschaft und Technik möglich und sinnvoll ist.

Zu Bst. e: Im Sinne einer sicherheitssteigernden Massnahme wird die Auslegung der Lagerbehälter für einen vollständigen Einschluss hochaktiver Abfälle für eine Dauer von mindestens tausend Jahren gefordert. Die Einschlussdauer ist abgeleitet aus dem Abklingen der Radiotoxizität und der Wärmeleistung der hochaktiven Abfälle während der ersten tausend Jahre. Während der Dauer des vollständigen Einschlusses werden sich Vorgänge wie die Aufsättigung der Verfüllung und der Druck- und Temperaturverlauf im Nahbereich der eingelagerten Abfälle den Gleichgewichtsbedingungen annähern. Dadurch werden die durch die Einlagerung entstandenen Beeinträchtigungen des geologischen Umfeldes kleiner, was die Belastbarkeit für die späteren grundlegenden Annahmen der sicherheitstechnischen Betrachtungen erhöht. Die Einschlussdauer der Lagerbehälter unter Tiefenlagerbedingungen soll durch die Entsorgungspflichtigen anhand des Stands von Wissenschaft und Technik aufgezeigt und die Versagensquote der Behälter und deren Zeitabhängigkeit untersucht werden.

Zu Kapitel 5 „Auslegung“

Es gelten die in der Kernenergiegesetzgebung festgehaltenen Grundsätze der nuklearen Sicherheit und Sicherung (Art. 4 und 5 KEG, Art. 7 bis 11 KEV).

Zu Kapitel 5.1 „Grundlegende Anforderungen“

Anforderungen, die sowohl für Oberflächenanlage- und Nebenzugangsanlagen als auch für Untertageanlagen eines geologischen Tiefenlagers gelten, umfassen den Strahlenschutz (inklusive der radiologischen Überwachung von Abluft und Abwasser und inklusive der Behandlung der aus dem Betrieb resultierenden radioaktiven Abfälle) den Brand- und den Blitzschutz, die Vermeidung der Kritikalität sowie die Langzeitsicherheit. In dieser Richtlinie werden nur Aspekte zu Flucht- und Rettungswegen, Kritikalität und Langzeitsicherheit behandelt, soweit sie durch andere Richtlinien nicht abgedeckt sind.

Zu Bst. a: Die erforderlichen Strahlenschutz- und Überwachungsmassnahmen sind in den massgeblichen Verordnungen und Richtlinien geregelt. Diese umfassen insbesondere die StSV, die Verordnung zum Umgang mit radioaktiven Materialien vom 26. April 2017 (SR 814.554) und die Dosimetrieverordnung vom 26. April 2017 (SR 814.501.43) sowie die Richtlinien ENSI-G05, ENSI-G12, ENSI-G13, ENSI-B04 und ENSI-B05.

Darin werden unter anderem die folgenden Anforderungen gestellt:

- Die Festlegung des Zonenkonzepts für den betriebsinternen Strahlenschutz für das gesamte Betriebsareal während der Betriebsphase. Im Zonenkonzept wird die Einstufung der verschiedenen Bereiche des Tiefenlagers einschliesslich Oberflächenanlage und Nebenzugangsanlagen in Überwachungs- und Kontrollbereiche (kontrollierte Zonen) gemäss Art. 80 und 85 StSV sowie in Arbeitsbereichstypen gemäss Art. 81 StSV und Zonen- und Gebietstypen gemäss Art. 82 StSV festgelegt.
- Das Sammeln durch geeignete Systeme und das kontrollierte Entsorgen von Abfällen und Abwässern, bei denen eine mögliche Kontamination nicht ausgeschlossen werden kann. Das betrifft insbesondere für Abfälle und Abwässer, die in der kontrollierten Zone der Oberflächenanlage oder als Folge von Störfällen und deren Behebung anfallen.
- Massnahmen zur Sicherstellung, dass luftgetragene radioaktive Stoffe, die zum Beispiel beim Umladungsvorgang in der Oberflächenanlage, beim Reinigen der Transport- und Lagerbehälter oder aufgrund von Störfällen entstehen können, nicht unkontrolliert aus den kontrollierten Zonen entweichen.
- Spezifische Rückhalteeinrichtungen in der Lüftungsanlage, um eine mögliche Abgabe radioaktiver Stoffe in der Abluft zu begrenzen.

Die Anforderungen an den organisatorischen, baulichen, technischen und abwehrenden Brandschutz richten sich nach den kantonalen und eidgenössischen Vorgaben (u. a. Schweizerische Brandschutzvorschriften der Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen, technische Richtlinien des Verbands Schweizerischer Errichter von Sicherheitsanlagen) sowie der Richtlinie HSK-R-50.

Weitere Anforderungen an die Auslegung der Bauwerke resultieren aus der sicherheitstechnischen Klassierung der mechanischen und elektrischen Ausrüstungen in Sicherheits- und Erdbebenklassen gemäss den Kriterien von Anhang 4 Ziffer 3 KEV und der daraus abgeleiteten Einstufung der Bauwerke in Bauwerksklassen. Bezüglich der Anforderungen an die Bauwerke sind auch die einschlägigen Normen des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA) zu berücksichtigen.

Zu Bst. b: Die Richtlinie ENSI-B12 sowie kantonale und eidgenössische Vorgaben, unter anderem die Schweizerischen Brandschutzvorschriften der Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (VKF), sind für die Flucht- und Rettungswege in den Untertageanlagen nicht in allen Bereichen anwendbar (z. B. Länge der Fluchtwege). Aus diesem Grund sollen insbesondere die von den Richtlinien abweichenden Massnahmen in einem Flucht- und Rettungskonzept beschrieben werden und es soll gezeigt werden, dass damit die Sicherheit gewährleistet bleibt.

Zu Bst. c: Veränderungen und Entwicklungen, die zu einer Erhöhung der Reaktivität nach Verschluss des Tiefenlagers führen könnten, sind zum Beispiel die Korrosion der Brennelemente und Tiefenlagerbehälter, die Konsolidierung des Wirtgesteins oder der Eintritt von Wasser in die Lagerkaverne. Mögliche Massnahmen zur Vermeidung von Kritikalität nach dem Verschluss sind zum Beispiel die Begrenzung des Brennstoffs pro Tiefenlagerbehälter und eine geeignete Anordnung der Tiefenlagerbehälter im geologischen Tiefenlager. Bezüglich der Beschaffenheit der Brennelemente während der Betriebsphase sind gemäss Richtlinie ENSI-G20, Kap. 6.1 Bst. a Ziff. 1, die für die Kontrolle der Reaktivität erforderlichen Geometrie (Form und Lage) und Materialeigenschaften der Brennelemente zu beachten. Die Kritikalitätssicherheit ist im Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase und die Nachverschlussphase aufzuzeigen. Der Nachweis der Kritikalitätssicherheit für die Betriebsphase ist unter anderem durch die Verordnung SR 732.112.2 und die Richtlinie ENSI-A05 geregelt. Für den Zeitraum nach dem Verschluss des geologischen Tiefenlagers soll die Norm DIN 25472 beachtet und sinngemäss angewendet werden.

Zu Bst. d: Wenn die Langzeitsicherheit aufgrund des Zusammenwirkens aller Barrieren trotz Veränderungen erhalten bleibt, ist keine Beeinträchtigung gegeben.

Zu Kapitel 5.2 „Zusatzanforderungen“

Zu Kapitel 5.2.1 „Oberflächenanlage und Nebenzugangsanlagen“

Externe und interne Störfälle sollen gemäss Art. 8 KEV berücksichtigt werden. Für den Nachweis des ausreichenden Schutzes gegen Flugzeugabsturz gelten die Anforderungen der Verordnung SR 732.112.2.

Zu Bst. a: Diese Anforderung gilt insbesondere auch für oberflächennahen Abschnitte der Zugangsbauwerke, da diese in wasserführenden Lockergesteinen verlaufen.

Zu Bst. b: Die HAA-Umladezelle ist jener Teil der Verpackungsanlage, in dem die abgebrannten Brennelemente aus den Transport- und Lagerbehältern (TLB) in die Tiefenlagerbehälter umgeladen und die Tiefenlagerbehälter verschweisst werden. Daher werden an die Umladezelle höhere Anforderungen als an die übrigen Teile der Verpackungsanlage gestellt.

Zu Bst. c: Die erforderliche Kapazität ergibt sich aus den betrieblichen Anforderungen und bezieht sich unter anderem auf die Grösse von Pufferlagern oder die Anzahl der Andockstellen für TLB und Tiefenlagerbehälter an der Umladezelle. Darüber hinaus kann es nötig sein, den Einlagerungsbetrieb auch dann aufrecht zu erhalten, wenn zum Beispiel unvorhergesehene Reparaturarbeiten in der Umladezelle notwendig sind oder kontaminierte Anlagenbereiche nach einem Störfall vorübergehend nicht benutzt werden können.

Zu Bst. d: Während der langen Trockenlagerung der abgebrannten Brennelemente können Schädigungen an den Brennelementen aufgrund von Materialermüdung nicht ausgeschlossen werden. Der Zustand der Brennelemente wird erst nach dem Öffnen der TLB in der Umladezelle ersichtlich sein. Daher müssen Vorrichtungen zur Verfügung stehen, um gegebenenfalls auch beschädigte Brennelemente in Tiefenlagerbehälter umladen zu können.

Zu Kapitel 5.2.2 „Untertägige Bauwerke“

Zu Bst. a: Die Langzeitsicherheit eines geologischen Tiefenlagers beruht auf dem Einschluss und der Rückhaltung sowie der Isolation der in den Abfällen enthaltenen Radionuklide von Mensch und Umwelt. Dies wird durch ein System von technischen und natürlichen Barrieren erreicht. Im IAEA Safety Standard SSR-5 wird in Requirement 16 (Design of a disposal facility) empfohlen, dass ein Tiefenlager mit seinen technischen Barrieren so auszulegen ist, dass es keine unannehmbaren langfristigen Störungen des Standortes verursacht, selbst durch den Standort geschützt wird, die Sicherheitsfunktionen erfüllt und Eigenschaften besitzt, welche jene der natürlichen Barrieren ergänzen.

Auf die zentralen Sicherheitsfunktionen wird in Requirement 7 (Multiple safety functions) eingegangen. Eine Sicherheitsfunktion kann durch eine physikalische oder chemische Eigenschaft oder einen Prozess bereitgestellt werden, der zum Einschluss und Rückhaltung beiträgt (z. B. Wasserundurchlässigkeit, begrenzte Korrosion der Abfallbehälter, Auflösungsrate der Abfälle und Löslichkeit, Rückhaltung von Radionukliden und Verzögerung der Radionuklidmigration).

Dem Erhalt der natürlichen Barriere ist gemäss Requirement 9 grosse Bedeutung beizumessen, da sie hauptsächlich für den Schutz des Tiefenlagers vor äusseren Einflüssen sorgt. Wegen der langen Zeiträume kommt der Geosphäre eine besondere Bedeutung zu. Sie soll so gewählt werden, dass sie für die erforderlichen Zeiträume den nötigen Schutz erbringen kann.

Zu Bst. b: Gemäss Art. 11 KEV ist die Langzeitsicherheit durch gestaffelte passive Sicherheitsbarrieren (Mehrfachbarrierensystem) zu gewährleisten. Die Staffelung der Barrieren bedeutet, dass die verminderte Wirksamkeit einer einzelnen Barriere zu keiner Umgehung des Mehrfachbarrierensystems führt. Erfüllt eine Barriere ihre Funktion nur teilweise, kom-

men durch die Staffelung weitere, verschiedenartige Barrieren zum Tragen und gewährleisten die Sicherheit des geologischen Tiefenlagers. Die Langzeitsicherheit hängt somit von den diversen, unterschiedlichen Barrieren ab, welche jeweils über verschiedene Zeiträume bestimmte Sicherheitsfunktionen erfüllen. Passiv wirkend bedeutet, dass nach Lagerverschluss kein weiterer Unterhalt der Barrieren notwendig ist. Gemäss Art. 11 Abs. 1 Bst. a KEV muss die natürliche Barriere aus geeigneten Gesteinen mit einer ausreichenden Ausdehnung bestehen.

Zu Bst. c: Es wird immer Veränderungen an den Barrieren geben. Die Barrieren verlieren nach einer gewissen Zeit ihre Sicherheitsfunktionen. Wenn die Sicherheitsfunktionen der jeweiligen Barriere innerhalb des vorgesehenen Zeitraums trotz der Veränderung erhalten bleiben, ist keine Beeinträchtigung gegeben.

Zu Bst. c Ziff. 1: Der thermische Eintrag wärmeproduzierender Abfälle kann sich zum Beispiel auf das Sorptions- und Quellvermögen und das geomechanische Verhalten der technischen und natürlichen Barrieren, auf die Selbstabdichtung im Wirtgestein, auf chemische Wechselwirkungen oder auf den Gastransport auswirken.

Zu Bst. c Ziff. 2: Gasbildung durch Metallkorrosion oder durch den Abbau organischer Stoffe aus den eingelagerten Abfällen, den Tiefenlagerbehältern und den im Ausbau der Lagerstollen verwendeten Materialien kann Gasdruck aufbauen. Zum Nachweis der Beherrschung des Druckaufbaus können technische Massnahmen wie zum Beispiel eine Abfallbehandlung, eine Vergrösserung des Speichervolumens im Tiefenlager, eine geeignete Wahl des Abstands der Lagerstollen beziehungsweise der eingelagerten Behälter sowie das von der Nagra vorgeschlagene EGTS (engineered gas transport system) verwendet werden.

Zu Bst. c Ziff. 3: Die verwendeten Materialien sollen für die über längere Zeiträume zu erwartenden Lagerbedingungen, unter anderem chemische und thermische Bedingungen, und für die Anforderungen an die Langzeitsicherheit geeignet sein.

Zu Bst. e: Diese Anforderung bezieht sich auf die Einlagerung von Abfällen verschiedener Kategorien in einem HAA- respektive SMA-Lager als auch auf die Einlagerung aller Abfälle in einem Kombilager. Sie dient dazu, die gegenseitige Beeinflussung der Abfälle zu reduzieren und sicherheitsrelevante Beeinträchtigungen der Betriebs- und Langzeitsicherheit zu vermeiden. Dieser Aspekt könnte auch bei der Einlagerung von Abfällen innerhalb einer Kategorie sicherheitstechnisch relevant sein.

Zu Bst. f: Diese Trennung dient insbesondere der Umsetzung von Strahlenschutzanforderungen (Richtlinie ENSI-G12).

Zu Bst. g: Negative Auswirkungen im Tiefenlager können zum Beispiel durch einen untertägigen Wassereintritt, durch einen Niederbruch oder durch Erdbeben entstehen. Derartige Gefährdungen aus dem Gebirge werden im Rahmen des Sicherheitsnachweises betrachtet, indem für die Sicherheitsanalysen ein anlagenspezifisches umfassendes Spektrum potenzieller auslösender Ereignisse bestimmt wird. Dieses umfasst zusätzlich zu den auslösenden Ereignissen gemäss Art. 8 Abs. 2 und 3 KEV, Art. 4 und 5 der Verordnung SR 732.112.2 und

der Richtlinie ENSI-A05, Kap. 4.5.1 Bst. a und b sowie Kap. 4.6.1 auch Gefahren und Gefährdungsbilder aus dem Gebirge, wie sie zum Beispiel in der Norm SIA 199 (Anhang E) angeführt sind. Für die Ermittlung des umfassenden anlagenspezifischen Ereignisspektrums können deterministische und probabilistische Methoden unter Berücksichtigung der nationalen und internationalen Erkenntnisse verwendet werden.

Zu Kapitel 6 „Überwachung, Pilotlager und Markierung“

Zu Kapitel 6.1 „Überwachung“

Unter Überwachung wird eine über längere Zeiträume kontinuierliche oder periodische Beobachtung einer Eigenschaft oder Messung einer Kenngrösse verstanden. Gemäss den Vorgaben des ENSI für Etappe 3 des Sachplans geologische Tiefenlager ist mit dem Rahmenbewilligungsgesuch ein integrales Überwachungskonzept einzureichen, das sich über alle Phasen der Realisierung eines geologischen Tiefenlagers erstreckt und die relevanten Aspekte der Überwachung umfasst (z. B. Nullmessungen, Umweltüberwachung, Beobachtungen im geologischen Tiefenlager).

Zu Bst. a: Im integralen Überwachungsprogramm wird gezeigt, wie die übergeordneten Ziele der Überwachung eines geologischen Tiefenlagers erreicht werden. Dazu werden belastbare Aussagen über die Zustände und Vorgänge in einem geologischen Tiefenlager und in dessen geologischem Umfeld ermittelt, um die Wirksamkeit des Barrierensystems zu beurteilen sowie das frühzeitige Erkennen von Entwicklungen und die Erhärtung des Sicherheitsnachweises zu ermöglichen. Gemäss Art. 23 KEV muss mit dem Rahmenbewilligungsgesuch ein Konzept für die Beobachtungsphase eingereicht werden. Diese Vorgabe wird in der Richtlinie auf das gesamte geologische Tiefenlager sowie alle Phasen der Realisierung des Lagers erweitert.

Zu Bst. b: Der Begriff der Überwachung wird im Rahmen eines geologischen Tiefenlagers breit verwendet. Für ein geologisches Tiefenlager einschliesslich seiner Oberflächenanlage und Nebenzugangsanlagen gibt es mindestens die folgenden Überwachungsaspekte:

- Die bau- und betriebsbegleitende Überwachung des geologischen Umfeldes umfasst geeignete Messungen für die Beurteilung der Betriebs- und Langzeitsicherheit, die Aussagen zum Verhalten des geologischen Tiefenlagers beziehungsweise seines Umfeldes erlauben. Die Überwachung des geologischen Umfeldes während des Baus und Betriebs dient auch der Vertrauensbildung, dass sich das geologische Tiefenlager auslegungskonform verhält. Sie ergänzt kontinuierlich die geologische und hydrogeologische Datenbasis für die Beurteilung der langfristigen Entwicklung des geologischen Tiefenlagers.
- Die radiologische Umweltüberwachung zwecks Beweissicherung erfolgt in der Umgebung des geologischen Tiefenlagers. Sie dient der Beweissiche-

rung für den Fall, dass während oder nach dem Bau eine Veränderung der Umwelteigenschaften auftritt oder angenommen werden muss. Sie hat insbesondere die Überwachung der Radioaktivität von Quell- und Grundwasser, Böden, Gewässern und Atmosphäre im Einflussgebiet eines geologischen Tiefenlagers einzubeziehen. Im Rahmen der radiologischen Umweltüberwachung können auch nicht-radiologische Beobachtungen, wie zum Beispiel die Überwachung von Tierarten in der Umgebung des Lagers sowie der Grundwasserverhältnisse und Quellen vorgenommen werden, welche sicherheitsrelevant sein können. Änderungen der Schüttung von Quellen können beispielsweise auf sicherheitsrelevante Lücken oder Abweichungen des hydrogeologischen Modells hinweisen. Die Schnittstellen zu nicht sicherheitsrelevanten Umweltaspekten sollen frühzeitig geklärt werden. Nach dem ordnungsgemässen Verschluss des geologischen Tiefenlagers kann diese Überwachung als Kontrolle und Vertrauensbildung dienen, dass keine unerwarteten Einflüsse des geologischen Tiefenlagers an der Erdoberfläche zu beobachten sind. Für die radiologische Umweltüberwachung sind ebenfalls die StSV und entsprechende Richtlinien des ENSI zu berücksichtigen.

- Die radiologische Überwachung zur Gewährleistung des Strahlenschutzes während der Betriebsphase findet gemäss den Vorgaben in den Richtlinien ENSI-G12 und ENSI-G13 statt. Der für die Umgebungsüberwachung relevante quellenbezogene Dosisrichtwert wird in der Betriebsbewilligung festgelegt. Die radiologische Überwachung beginnt zur Beweissicherung vor der erstmaligen Annahme von Abfällen Messungen durchzuführen.
- Die Überwachung im Pilotlager respektive der Experimente in den Testbereichen dienen dazu, die Prozesse bezüglich der Abfälle und der Sicherheitsbarrieren vor Ort beobachten zu können und Daten zur Erhärtung des Sicherheitsnachweises zu ermitteln (Art. 65 und 66 KEV). Die Resultate dieser Überwachung liefern Grundlagen für den Verschluss des geologischen Tiefenlagers.
- Die messtechnische Überwachung während Bau und Betrieb muss die Beurteilung der Bau- und Betriebssicherheit der untertägigen Bauwerke und technologischen Barrieren erlauben, unter anderem mittels Überwachung der hydrogeologischen und geotechnischen Bedingungen sowie des Systemverhaltens (Interaktion zwischen Gebirge und Ausbau). Bei Bedarf sind aufgrund der Ergebnisse zusätzliche Massnahmen zu ergreifen, um die Sicherheit zu gewährleisten. Entsprechende Massnahmen werden bereits für die Untertagbauwerke vorgesehen, die im Rahmen der erdwissenschaftlichen Untersuchungen Untertage (EUU) gebaut werden sollen. Dazu wird auf die Grundsätze und Bestimmungen in den einschlägigen SIA-Normen verwiesen.

Zu Bst. c: Das Überwachungsprogramm für ein geologisches Tiefenlager umfasst mindestens die in Bst. b aufgelisteten Überwachungsaspekte. Zur Übersicht über das gesamte Überwachungsprogramm sollen die Zusammenhänge und die Abgrenzungen der verschiedenen Überwachungsaspekte klar aufgezeigt werden. Die Berichterstattung sollte nach Möglichkeit themenspezifisch aufgebaut sein.

Zu Bst. d: Die periodische (mit dem Entsorgungsprogramm bzw. der periodischen Berichterstattung oder den Bewilligungsgesuchen) Prüfung auf Eignung und die Aktualisierung nach Bedarf des Überwachungsprogramms erfolgt gemäss Art. 36 KEV.

Zu Bst. e: Die Pflicht zur Überwachung eines geologischen Tiefenlagers erstreckt sich über mehrere Jahrzehnte und endet mit der Entlassung aus der Kernenergiegesetzgebung. Nach dem ordnungsgemässen Verschluss des geologischen Tiefenlagers kann eine zusätzliche befristete Überwachung angeordnet werden (Art. 39 Abs. 3 KEG). Die Überwachung eines geologischen Tiefenlagers muss rechtzeitig aufgenommen werden, so dass für die Beweissicherung genügend aussagekräftige Daten zur Verfügung stehen. Der jeweilige Zeitraum zur Überwachung eines Parameters wird im Rahmen des Überwachungsprogramms individuell festgelegt. Dies gilt insbesondere für die Zeitdauer der Nullmessung vor den ersten Bauaktivitäten am Standort des geologischen Tiefenlagers. Im Überwachungsprogramm wird dargestellt, welche Parameter mit einer Nullmessung erfasst werden sollen und welche Zeitdauer dafür vorgesehen ist.

Zu Bst. h: Die periodische Berichterstattung zur Überwachung ist in Art. 37 und Anhang 5 KEV geregelt.

Zu Bst. i: Durch Dokumentation der Resultate aus der Überwachung, einschliesslich der Archivierung von Proben daraus, kann die Möglichkeit offengehalten werden, erweiternde Untersuchungen anzusetzen, wenn beispielsweise neue Analyseverfahren entwickelt worden sind oder die Notwendigkeit für unabhängige Messungen erkannt wird.

Zu Kapitel 6.2 „Pilotlager“

In Art. 66 KEV sind Aspekte zur Auslegung des Pilotlagers bereits detailliert geregelt. Für seinen Zweck muss das Pilotlager in der Bauweise und im Inventar repräsentativ für das Hauptlager sein. Im Gegensatz zum Hauptlager muss das Pilotlager mit Überwachungseinrichtungen instrumentiert und entsprechend ausgelegt werden. Dazu kann das Pilotlager aus einer oder mehreren Kavernen beziehungsweise einem oder mehreren Stollenabschnitten bestehen. Im Pilotlager und seiner Umgebung soll die Wirksamkeit des Barrierensystems überwacht werden. Dies soll Schlüsse auf das korrekte Funktionieren des Hauptlagers ermöglichen. Das Pilotlager dient dazu, physikalische und chemische Vorgänge im Hauptlager an einem realistischen Abbild zu beobachten. Es dient auch der Information der Bevölkerung über dessen Entwicklungen während der Beobachtungsphase.

Die Dauer der Beobachtungsphase in der Schweiz wird anhand aktualisierter Unterlagen nach Abschluss der Einlagerung der Abfälle durch das UVEK festgelegt (Art. 68 KEV). Die

Verordnung über den Stilllegungsfonds und den Entsorgungsfonds für Kernanlagen vom 7. Dezember 2017 (SEFV; SR 732.17) geht für die Berechnung der Entsorgungskosten von einer Dauer der Beobachtungsphase von fünfzig Jahren aus. Unter Berücksichtigung der Dauer für Bau, Einlagerungsbetrieb, Beobachtungsphase und Verschluss dürfte die Standfestigkeit der unterirdischen Bauwerke auf über hundert Jahre auszurichten sein. Das Projekt für die Beobachtungsphase ist alle zehn Jahre zu überprüfen und nachzuführen (Art. 42 KEV). Eine zu lange Beobachtungsphase kann die Langzeitsicherheit gefährden, ohne dass ein signifikanter Mehrwert an Informationen zu erwarten ist.

Zu Bst. a: Um die Verhältnisse im Pilotlager zu verfolgen und Anzeichen von ungünstiger Wechselwirkung zwischen Barrieren zu erkennen, können zum Beispiel folgende Aspekte überwacht werden:

- zeitliche Entwicklung der Temperaturverteilung
- Wasseraufsättigung
- Druckverhältnisse (Wasser, Gas, Gebirge)
- felsmechanisches Verhalten des Gebirges und Mikroseismizität
- chemische Parameter der Poren- und Kluftwässer
- Gasentwicklung aus den Abfallgebinden.

Viele der im Hauptlager erwarteten Prozesse laufen viel zu langsam ab, als dass sie während der Beobachtungsphase im Pilotlager erfasst werden könnten. Es ist daher zu erwarten, dass durch die Überwachung nur ausgewählte Aspekte des Sicherheitsnachweises bestätigt werden können. Die Überwachung kann aber auch helfen, unerwartete Vorgänge zu erkennen.

Zu Bst. b: Die Anforderung ergänzt die vorgegebene räumliche und hydraulische Trennung gemäss Art. 66 Abs. 3 Bst. b KEV.

Zu Bst. c: Um eine möglichst lange Beobachtungsdauer zu erreichen und frühzeitig auf möglicherweise warnende Erkenntnisse aus der Beobachtung des Pilotlagers reagieren zu können, sollen die Beschickung und die Überwachung des Pilotlagers vor dem Beginn der Einlagerung im Hauptlager erfolgen.

Zu Bst. d: Die Überwachungseinrichtungen könnten die langfristige Wirkung der Barrieren des Pilotlagers beeinträchtigen und damit dessen Langzeitsicherheit gefährden. Daher ist bei der Auslegung der untertägigen Bauwerke zu berücksichtigen, dass für die Überführung des Pilotlagers in einen langfristig sicheren Zustand eine Umlagerung der Abfälle aus dem Pilotlager in einen neu aufgefahrenen Lagerstollen notwendig sein kann.

Zu Kapitel 6.3 „Dauerhafte Markierung“

Der Bundesrat schreibt die dauerhafte Markierung des Lagers vor (Art. 40 Abs. 7 KEG). Der IAEA Safety Standard SSR-5 bezeichnet die dauerhafte Markierung als eine mögliche

Massnahme (neben Informationserhalt, Dokumentation und Archivierung), das Risiko unbeabsichtigten menschlichen Eindringens in das Lager zu reduzieren. Aus Art. 69 Abs. 3 Bst. c KEV ergibt sich, dass sich die dauerhafte Markierung auf die Nachverschlussphase bezieht, in der ein geologisches Tiefenlager nicht mehr der Kernenergiegesetzgebung untersteht.

Zu Bst. a: In der Richtlinie wird der Betreiber verpflichtet, Vorschläge zur dauerhaften Markierung eines geologischen Tiefenlagers zu entwickeln. Die dauerhafte Markierung wird sich am konkreten Standort sowie am Lagerkonzept orientieren müssen. Das mit dem Baugesuch einzureichende Konzept wird technische, wissenschaftliche, gesellschaftliche und kulturelle Aspekte berücksichtigen müssen und in späteren Projektphasen stufengerecht weiter zu konkretisieren sein. Es ist allerdings darauf hinzuweisen, dass die Einreichung des Baugesuchs für das SMA- beziehungsweise das HAA-Lager gemäss aktueller Planung frühestens ab 2041 beziehungsweise 2045 vorgesehen ist.

Die Möglichkeiten zur Markierung von Endlagern werden seit vielen Jahren von verschiedenen Ländern untersucht. Keines dieser Länder und keines der Projekte, die bisher verfolgt wurden, geht von einer Markierungsdauer von einer Million Jahre aus. Grundlage dafür ist die Überlegung, dass weder natürliche noch künstliche Barrieren, Überreste oder Quellen, sondern nur erkennbar an sie adressierte Mitteilungen intelligente Wesen vom Eindringen in geologische Tiefenlager abhalten können. Der generell akzeptierte Zeitraum für die Markierung liegt im Bereich von einigen tausend Jahren. Dies wird auch durch Überlegungen zur signifikanten Abnahme der Radiotoxizität der eingelagerten Abfälle über diesen Zeitraum gestützt. Ein unbeabsichtigtes Eindringen in ein verschlossenes Tiefenlager in ferner Zukunft kann nicht ausgeschlossen werden und ist in der Sicherheitsanalyse für die Nachverschlussphase zu berücksichtigen (Aufteilung des Lagers in mehrere getrennte Teilbereiche, Vermeidung von absehbaren Ressourcenkonflikten etc.).

Grundsätzlich gilt als akzeptiert, dass Warnungen gegenüber unbeabsichtigtem Eindringen (Human Intrusion) durch künftige Gesellschaften sinnvoll sind und umgesetzt werden sollen. Möglichkeiten sowie Art und Weise, wie dies umgesetzt werden könnte, wurden im Rahmen eines 2011 bis 2018 durchgeführten Projekts der Atomenergieagentur NEA der OECD zum generationenübergreifenden Erhalt von Aufzeichnungen, Kompetenzen und Erinnerungen (Preservation of Records, Knowledge and Memory (RK&M) across generations) erörtert. Eine Erkenntnis ist, dass die dauerhafte Markierung eines geologischen Tiefenlagers nur ein Instrument unter vielen ist, um den in der KEV gesetzlich verankerten Informations- und Wissenstransfer an kommende Generationen nach dem Verschluss des geologischen Tiefenlagers zu gewährleisten. Die dauerhafte Markierung eines geologischen Tiefenlagers kann dazu beitragen, dass Menschen nicht unbeabsichtigt in ein verschlossenes geologisches Tiefenlager eindringen.

Absichtliches Eindringen von Menschen in ein geologisches Tiefenlager oder die gezielte Schädigung eines geologischen Tiefenlagers sind in der Sicherheitsanalyse für die Nachverschlussphase hingegen nicht zu berücksichtigen (siehe Kap. 9.2.4). Entsprechend muss das absichtliche Eindringen auch nicht im Konzept der dauerhaften Markierung enthalten sein.

Bis heute hat die IAEA keine Empfehlungen zur Realisierung einer Markierung formuliert. Aus Sicht des ENSI ist die gesetzlich geforderte dauerhafte Markierung erreicht, wenn die Markierung einige Jahrtausende nach dem Verschluss des Tiefenlagers bestehen bleibt.

Zu Bst. b: Die Langzeitsicherheit hat höchste Priorität; diese darf durch die Markierung nicht beeinträchtigt werden. Beispielsweise wäre eine Markierung für die Sicherheit problematisch, wenn sie in entfernter Zukunft zwar noch erkennbar, aber nicht mehr korrekt interpretierbar ist. Sie könnte Neugierde wecken und die Gefahr eines Eindringens in das Lager noch erhöhen.

Zu Kapitel 7 „Tätigkeiten im geologischen Tiefenlager“

Zu Kapitel 7.1 „Erdwissenschaftliche Untersuchungen“

Zu Bst. a und b: Erdwissenschaftliche Untersuchungen dienen gemäss Art. 35 KEG dazu, Kenntnisse im Hinblick auf ein geologisches Tiefenlager zu verschaffen und bedürfen einer Bewilligung des zuständigen Departements. Dies gilt unabhängig davon, wann solche Untersuchungen durchgeführt werden, also insbesondere auch bereits vor, während oder nach der Standortsuche. Erdwissenschaftliche Untersuchungen können die Eignung des Standorts durch Schädigung der geologischen Barrieren beeinträchtigen. Sie umfassen unter anderem:

- Sondierbohrungen
- erdwissenschaftliche Untersuchungen Untertag (EUU)
- Untersuchungen in Testbereichen

Sondierbohrungen (Tief- und Quartärbohrungen) werden von der Oberfläche aus durchgeführt und dringen teilweise zerstörend in den einschlusswirksamen Gebirgsbereich ein. Für alle unter Verweis auf Art. 35 KEG beantragten Sondierbohrungen werden Gutachten durch das ENSI erstellt. Dabei wird insbesondere geprüft, ob die Schädigung des Untergrunds auf das für den Erkenntnisgewinn notwendige Minimum beschränkt wird. Hinsichtlich des Umfangs und der Ziele dieser Sondierbohrungen verweist das ENSI auf seine Präzisierungen der sicherheitstechnischen Vorgaben für Etappe 3 des Sachplans geologische Tiefenlager und die darin zitierten Quellen (ENSI 33/649). Verschiedene Untersuchungen, wie seismische oder geoelektrische Messungen sowie die Entnahme von Grund- und Quellwasserproben, dienen zwar ebenfalls zur Charakterisierung des Untergrunds, dringen aber nicht zerstörend in den einschlusswirksamen Gebirgsbereich ein. Sie werden daher in der vorliegenden Richtlinie nicht behandelt. Sie können aber kantonalen oder anderen bundesrechtlichen Bewilligungspflichten unterliegen (vgl. Art. 61 KEV).

Erdwissenschaftliche Untersuchungen Untertag (EUU) werden von Untertagebauwerken aus getätigt und beginnen mit der Erschliessung des Untergrunds durch Schächte, Rampen und Sondierstollen. EUU sind nach Erteilung der Rahmenbewilligung vorgesehen und enden mit

Erteilung der nuklearen Baubewilligung. EEU können später – sofern die entsprechende Eignung nachgewiesen und bestätigt wurde – in die gemäss Art. 65 KEV vorgeschriebenen unterirdischen Testbereiche oder andere Teile des geologischen Tiefenlagers integriert werden.

In den Testbereichen sind gemäss Art. 65 KEV die sicherheitsrelevanten Eigenschaften des Wirtgesteins zur Erhärtung des Sicherheitsnachweises standortspezifisch vertieft abzuklären. Dazu können innerhalb eigenständiger Bereiche unter anderem Experimente zu den Eigenschaften des Mehrfachbarrierensystems, zur Demonstration sicherheitsrelevanter Techniken und zu Einlagerungskonzepten unter den in einem Tiefenlager herrschenden Bedingungen sowie Langzeitexperimente bis in die Beobachtungsphase hinein durchgeführt werden. Zu den sicherheitsrelevanten Eigenschaften des Wirtgesteins gehören zum Beispiel das Materialverhalten, das Rückhaltevermögen für Radionuklide und das mechanische Gebirgsverhalten. Die Testbereiche werden nach Erteilung der nuklearen Baubewilligung eingerichtet und stellen eine wertvolle Ergänzung zum Pilotlager für die Bestätigung des Sicherheitsnachweises dar.

Zu Bst. c: Sondierbohrungen oder -stollen dringen teilweise in den einschlusswirksamen Gebirgsbereich ein und können dessen Barrierenwirkung beeinträchtigen. Eine Beeinträchtigung der Sicherheitsfunktionen eines Tiefenlagers soll jedoch ausgeschlossen werden, weshalb ein Sicherheitsabstand gefordert wird. Für die Festlegung des Sicherheitsabstands sollen eventuell aufgelockerte Bereiche aufgrund erdwissenschaftlicher Untersuchungen und Auffahren eines Tiefenlagers berücksichtigt werden.

Zu Kapitel 7.2 „Einlagerung“

Zu Bst. a: Die Anforderungen an den Einlagerungsbetrieb werden in den Betriebsvorschriften für das geologische Tiefenlager festgelegt. Dazu gehören die Annahmebedingungen für Abfallgebinde, die sich aus dem Sicherheitsnachweis ergeben.

Zu Bst. c: Nach erfolgter Annahme der Abfälle werden diese vor Einlagerung gegebenenfalls umverpackt (hochaktive Abfälle) oder weiter verpackt (schwach- und mittelaktive Abfälle). Diese Verfahren werden vom ENSI vorgängig geprüft. Im Hinblick auf die Umladung der Brennelemente aus den Transport- und Lagerbehältern in die Endlagerbehälter gilt die in der ENSI-G05²⁴ geforderte Entnahmefähigkeit.

Zu Bst. d: Diese Anforderung bedingt, dass die Mittel zur Handhabung und die Methoden zur Nachbehandlung von beschädigten Abfallgebinden vorhanden sind.

Zu Bst. e: Gemäss Art. 29 Abs. 1 Bst. f KEV bedarf die erste Einlagerung von Abfallgebinden eines Typs in ein geologisches Tiefenlager einer Freigabe durch das ENSI. Im Zuge dieser Freigabe wird auch die Erfüllung der festgelegten Eignungskriterien für den vorgesehenen Lagerbereich nachgewiesen.

Zu Kapitel 7.3 „Verfüllung und Versiegelung“

Zu Bst. a: Die Offenhaltung der Lagerstollen für hochaktive Abfälle soll so kurz wie nötig sein, um das Wirtgestein nur minimal zu schädigen und das Risiko von im Krisenfall offen bleibenden Stollen möglichst gering zu halten.

Zu Bst. b: Eine Stabilisierung und längere Offenhaltung von Hohlräumen (beispielsweise durch ein Auskleiden oder das Setzen von Gittern und Ankern) soll nur dort und in dem Masse erfolgen, wo dies für die Langzeitsicherheit keine ungünstigen Auswirkungen hat. Ansonsten soll, wie im Falle von Lagerstollen für hochaktive Abfälle in der Richtlinie gefordert, eine Verfüllung und Versiegelung unmittelbar nach der Einlagerung der Abfälle vorgesehen werden. Die Funktionstüchtigkeit der Versiegelungen wird in den Testbereichen nachgewiesen. Die Versiegelung soll unter anderem vor ungewolltem Wassereintrich schützen.

Zu Bst. c: Im Versiegelungskonzept ist die Umsetzung mindestens der unter Bst. b erwähnten Anforderungen zu beschreiben und es hat alle vorgesehenen Versiegelungselemente des Tiefenlagers zu umfassen.

Zu Bst. d: Die Nachweise erfolgen durch entsprechende Experimente in den Testbereichen gemäss Art 65 Abs. 3 KEV.

Zu Kapitel 7.4 „Rückholung ohne grossen Aufwand“

Zu Kapitel 7.4.1 „Generelle Vorgaben“

Zu Bst. a: Die gesetzlich geforderte Möglichkeit zur Rückholung der radioaktiven Abfälle ohne grossen Aufwand (Art. 37 Abs. 1 Bst. b KEG und Art. 67 Abs. 2 KEV) gilt bis zum Lagerverschluss. Nach dem Verschluss ist eine Rückholung unter erhöhtem Aufwand immer noch möglich, die Möglichkeit wird aber gesetzlich nicht mehr gefordert. Alle zur Sicherstellung der allfälligen Rückholung notwendigen Massnahmen dürfen die passiven Sicherheitssysteme eines geologischen Tiefenlagers und damit die Langzeitsicherheit nicht beeinträchtigen (Art. 11 Abs. 2 Bst. c KEV). Vor Inbetriebnahme eines Tiefenlagers ist nachzuweisen, dass das Entfernen des Verfüllmaterials zwecks allfälliger Rückholung und die Technik zur Rückholung der Abfälle funktionieren (Art. 65 Abs. 2 Bst. b und c KEV). An die konkrete Umsetzung der Rückholung werden mit Ausnahme des Nachweises der Funktionstüchtigkeit der sicherheitsrelevanten Techniken vor Beginn der Einlagerung und der einzureichenden Konzepte (vgl. Kap. 7.4.2) keine weiteren Anforderungen gestellt, da die Rückholung ohne grossen Aufwand kein vorgesehener Bestandteil des Betriebs ist.

Eine allfällige Rückholung der radioaktiven Abfälle wird erleichtert, wenn die Tiefenlagerbehälter bis zum Ende der Beobachtungsphase (Art. 68 KEV) mechanisch intakt und damit transportierbar bleiben.

Bei der Auslegung soll die Dauerhaftigkeit der untertägigen Tragwerke, die für eine allfällige Rückholung verwendet werden sollen, bis zum Verschluss des Tiefenlagers gewährleistet werden. Als Tragwerk ist die Gesamtheit der Bauteile und des Gebirges zu verstehen, die für

das Gleichgewicht und die Formhaltung des Bauwerks notwendig sind. Die Nutzungsdauer der untertägigen Bauwerke wird von den Entsorgungspflichtigen festgelegt. Die Bestimmungen und Anforderungen aus den einschlägigen SIA-Normen (u. a. Norm SIA 197) sind, wo anwendbar, zu berücksichtigen.

Zu Bst. b: Während eine Rückholung der radioaktiven Abfälle grundsätzlich nicht nur aufgrund von Sicherheitsüberlegungen erfolgen könnte, sondern auch aufgrund eines sich entwickelnden Standes von Wissenschaft und Technik, gesellschaftspolitischen oder ökonomischen Argumenten, stellt die Richtlinie bewusst nur Anforderungen an eine Rückholung der Abfälle für den Fall eines nicht (mehr) erbringbaren Sicherheitsnachweises. Dieser könnte zum Beispiel aufgrund der Folgen eines Störfalls während der Betriebsphase oder durch ein unerwartetes Versagen des Barrierensystems während der Beobachtungsphase eintreten.

Zu Kapitel 7.4.2 „Konzept zur allfälligen Rückholung der radioaktiven Abfälle“

Das Rückholungskonzept wird jeweils mit dem Gesuch für die Rahmen-, Bau und Betriebsbewilligung sowie periodisch über die Beobachtungsphase hinweg an den Stand von Wissenschaft und Technik beziehungsweise an die Ergebnisse der Überwachung angepasst.

Zu Bst. a: Das mit dem Rahmenbewilligungsgesuch einzureichende Konzept für eine allfällige Rückholung der radioaktiven Abfälle ohne grossen Aufwand beschreibt die Art und Weise des Vorgehens in den Grundzügen. Im Konzept soll dargestellt werden, welche planerischen, logistischen, baulichen und überwachungstechnischen Schritte notwendig sind, um eine allfällige Rückholung bis zum Verschluss des Lagers sicherzustellen. Die Grundzüge umfassen auch konzeptuelle Überlegungen zur Möglichkeit eines Teilverschlusses der Anlage und zur dabei vorzusehenden Minimierung auftretender Langzeitschäden im Untergrund.

Zu Bst. b: Das mit dem Baugesuch zu aktualisierende Konzept für eine allfällige Rückholung der radioaktiven Abfälle legt die entsprechende Technik und Organisation in erhöhtem Detaillierungsgrad dar. Die Rückholung soll dabei gegenüber anderen Abläufen, bei denen Abfälle nach deren Einlagerung wieder bewegt werden, abgegrenzt werden. Es soll aufgezeigt werden, welche Massnahmen (z. B. zur Überwachung) vorgesehen sind, damit ein Rückholungsentscheid auf fundierten Kenntnissen erfolgen kann. Die Rückholung soll dabei für die verschiedenen Betriebsphasen, für verschiedene Szenarien der Rückholung und Zustände von Stollen und Tiefenlagerbehältern differenziert betrachtet werden (z. B. das Wiederauffahren verfüllter Stollen, das Aufbrechen von Siegelstrecken, das Entfernen von Verfüllungen der Lagerkammern, das Greifen und Sichern der Tiefenlagerbehälter und der Rücktransport zur Oberfläche). Die Massnahmen zur Sicherstellung der Möglichkeit zur Rückholung bis zum Lagerverschluss sollen mit deren Auswirkungen auf die Langzeitsicherheit dargestellt werden. Eine Abschätzung der aufgrund einer Rückholung resultierenden Strahlenexposition für Personal und Bevölkerung soll vorgenommen und mit den Folgen einer nicht durchgeführten Rückholung verglichen werden.

Das mit dem Baugesuch einzureichende Projekt zur Demonstration der Funktionstüchtigkeit zeigt auf, anhand welcher Demonstrationsversuche und mit welchen Abfallgebinden die

Rückholungstechnik und deren Funktionstüchtigkeit unter den später zu erwartenden Bedingungen gezeigt werden soll und warum diese gewählten Abfallgebinde repräsentativ beziehungsweise abdeckend für alle anderen Abfallgebinde sind. Eine allfällig angeordnete Rückholung der radioaktiven Abfälle aus Tiefenlagerkavernen oder -stollen fände unter Bedingungen statt, die an der Erdoberfläche nur sehr bedingt nachgebildet werden können (beengte Verhältnisse, erhöhte Temperatur, Strahlung).

Zu Bst. c: Die Aktualisierung des Rückholungskonzepts soll neben den Erfahrungen, die aus der Demonstration der Funktionstüchtigkeit gemäss Art. 65, Abs. 2 Bst. b und c KEV resultieren, auch die aktuell vorgesehenen Systeme der Überwachung berücksichtigen, die eine wichtige Grundlage für den Entscheid über eine mögliche Rückholung liefern.

Zu Bst. d: Während der gesamten Betriebsphase soll immer ein gültiges und nachgewiesenermassen funktionierendes Rückholungskonzept vorhanden sein. Die entsprechenden Techniken müssen erprobt sein, die entsprechenden Geräte jedoch nicht vorgehalten werden.

Zu Kapitel 7.5 „Temporärer Verschluss während der Betriebsphase“

Zu Bst a: Die geforderten Massnahmen zu einem temporären Verschluss sollen sicherstellen, dass im Fall einer ungünstigen Entwicklung der Rahmenbedingungen, welche die Sicherheit des Lagers oder einen ordnungsgemässen Verschluss in Frage stellen, die Einlagerungsbereiche für einige Jahrzehnte bis Jahrhunderte in einen passiv sicheren Zustand überführt werden können. Der temporäre Verschluss unterscheidet sich vom ordnungsgemässen Verschluss (Art. 39 Abs. 3 und 4 KEG) durch das schnellere Handeln und die Möglichkeit der Reversibilität der getroffenen Massnahmen. Gründe für einen temporären Verschluss können beispielsweise eine sich abzeichnende gesellschaftliche Instabilität, ein unmittelbar drohender Kriegszustand, Epidemien oder ein ökonomischer Zusammenbruch sein.

Für die Umsetzung des temporären Verschlusses sollte von einem Zeitbedarf von einigen Wochen bis Monaten entsprechend einer vereinfachten (Teil-)Versiegelung der Anlage ausgegangen werden. Die genauen Anforderungen müssen projekt- und situationsbezogen beurteilt werden. Es ist möglich, dass ein temporärer Verschluss später wieder rückgängig gemacht oder ersetzt werden muss, um die Arbeiten im Tiefenlager wieder aufnehmen oder eine sichere endgültige Verfüllung und Versiegelung eines geologischen Tiefenlagers gemäss den Anforderungen an die Langzeitsicherheit durchführen zu können.

Zu Bst. b: Massnahmen zur Realisierung eines temporären Verschlusses sollen bereits bei der Lagerauslegung in Betracht gezogen werden. Insbesondere ist auf einen ausreichenden Abstand zwischen den Lagerbereichen, die im Zuge des temporären Verschlusses nicht verfüllt werden, und den bereits eingelagerten Abfällen zu achten, so dass die erforderliche Barrierenwirkung des Wirtgesteins im Umkreis der Abfallbehälter nicht durch einen Niederbruch oder einen Einsturz der offenen Lagerbereiche beeinträchtigt wird. Zudem sollen weitere Massnahmen, wie zum Beispiel das fortlaufende Verfüllen der Lagerstollen (Kap. 7.3 Bst. a), die Zielsetzung des temporären Verschlusses unterstützen.

Zu Bst. c: Vorkehrungen betreffen Massnahmen, welche zur Umsetzung des temporären Verschlusses in den untertägigen Anlagen geplant sind.

Zu Bst. d: Im Konzept für den temporären Verschluss sind Aspekte, wie die Massnahmen zur Umsetzung, die verwendeten Materialien und der Zeitbedarf zu beschreiben. Die sich daraus ergebenden auslegungsbestimmenden Folgen können bereits für das Baugesuch wichtig sein.

Zu Kapitel 7.6 „Verschluss eines geologischen Tiefenlagers“

Ein geologisches Tiefenlager ist so auszulegen, dass es innert einiger Jahre verschlossen werden kann (Art. 11 KEV). Mit dem Verschluss gemäss Art. 69 KEV und Art. 39 KEG ist ein geologisches Tiefenlager in einen Zustand zu überführen, in welchem keine weiteren Massnahmen zur Gewährleistung der Langzeitsicherheit erforderlich sind. Der Verschluss umfasst das Verfüllen sämtlicher nach der Beobachtungsphase noch offener Teile des geologischen Tiefenlagers, das Überführen des Pilotlagers in einen langfristig sicheren Zustand und das Versiegeln der für die Langzeitsicherheit und die Sicherung massgebenden Anlagenteile. Mit dem Rahmenbewilligungsgesuch ist gemäss Art. 13 KEG ein Konzept für den Verschluss einzureichen. Im geforderten Konzept und im später einzureichenden Plan (Baugesuch) respektive Projekt (Betriebsbewilligungsgesuch) werden die gemäss Art. 69 KEV³ aufgeführten Aspekte stufengerecht dokumentiert.

Zu Bst. a: Gemäss Art. 24 Abs. 2 Bst. f KEV sind mit dem Baugesuch Pläne für die Stilllegung und für den Verschluss einzureichen und gemäss Art. 42 KEV während des Betriebes nachzuführen. Mit Bst. a wird der Empfehlung DI-59 der WENRA nachgekommen, dass die Pläne auch für die Betriebsbewilligung aktualisiert werden sollen. Ein Plan für die Stilllegung soll für alle Anlagenteile eingereicht werden, die nach der Einlagerungsphase wieder vollständig rückgebaut werden sollen, also insbesondere für die Oberflächenanlage und die Nebenzugangsanlagen. Das Projekt zur Beobachtungsphase und der Plan für den Verschluss (Art. 42 KEV) sind insbesondere für die Untertagebauwerke relevant.

Zu Bst. b: Der Plan für den Verschluss ist gemäss Art. 16 KEG mit dem Baugesuch einzureichen. Die Auswirkung des Verschlusses auf den Bau des Gesamtlagers soll darin aufgezeigt werden.

Zu Bst. c: Der Nachweis der Erfüllung dieser Anforderungen stützt sich dabei auf die Erkenntnisse, die gemäss Art. 65 Abs. 3 KEV aus der Erprobung der Versiegelung gewonnen werden.

Zu Bst. d: Gemäss Art. 50 und 63 KEG müssen die Entsorgungspflichtigen vor dem Verschluss ein Gesuch einreichen. Mit dem Gesuch zum Verschluss nach der Beobachtungsphase wird insbesondere eine aktualisierte Sicherheitsanalyse zum Nachweis des passiv sicheren Zustandes nach dem Verschluss verlangt.

Zu Bst. e: In diesem Sicherheitsnachweis für die Nachverschlussphase sollen die aus den Verschlussarbeiten gewonnenen Erkenntnisse integriert werden. Er bildet die Grundlage für

den endgültigen Sicherheitsnachweis gemäss Art. 71 Abs. 2 Bst. d KEG und die Feststellungsverfügung zur Entlassung eines geologischen Tiefenlagers aus der Kernenergiegesetzgebung.

Zu Kapitel 8 „Bautechnische Projektierung und Bau“

Zu Kapitel 8.1 „Untertägige Bauwerke“

Zu Bst. a und b: Die Baubewilligung wird erteilt, wenn unter anderem eine fachgerechte Projektausführung gewährleistet ist und ein Programm für qualitätssichernde Massnahmen für sämtliche Bautätigkeiten vorliegt (Art. 16 Abs. 1 Bst. d KEG).

Zu Kapitel 8.1.1 „Projektierung“

Zu Bst. a: In der Nutzungsvereinbarung (vgl. Normen SIA 197 und SIA 260) werden von den Entsorgungspflichtigen unter anderem die tiefenlagerspezifischen Nutzungsanforderungen aus Bau, Betrieb, Bauwerkserhaltung, Rückholbarkeit der Abfälle, Lagerverschluss und Langzeitsicherheit für die Projektierung der Untertagebauwerke lagertypspezifisch festgelegt und begründet.

Die Planungsphasen eines Bauvorhabens sind in der Norm SIA 197 beschrieben und werden von den Entsorgungspflichtigen den Bewilligungsschritten gemäss KEG zugeordnet. Die entsprechenden Projektierungsphasen (als Teil einer Planungsphase) werden durch die Entsorgungspflichtigen in Anlehnung an die Normen SIA 112 und SIA 197 definiert. Die in den einzelnen Phasen und Teilphasen der Planung verfolgten Teilziele und anfallenden Leistungen gemäss den SIA-Normen (vgl. Norm SIA 197, Anhang B) werden für ein Tiefenlager von den Entsorgungspflichtigen aufgrund ihrer projektspezifischen Vorgaben bestimmt.

Zu Bst. b: Ein angemessener Detaillierungsgrad der Lagerprojekte wird verlangt, damit unter anderem die Beurteilung von geotechnischen Gefährdungsbildern im Rahmen der bautechnischen Risikoanalyse, die Durchführung von felsmechanischen und geotechnischen Analysen und statischen Berechnungen unter Berücksichtigung der getroffenen Annahmen sowie die Beurteilung der Anforderungen an die Sicherheit ermöglicht wird. Der Detaillierungsgrad der Projektierung wird in den Planungsphasen bis zur Ausführung vertieft. Die Entsorgungspflichtigen begründen, falls einzelne Untertagebauwerke in der Projektierung in der jeweiligen Planungsphase nicht betrachtet werden. Der gewählte Grad der Detaillierung kann abhängig von der Relevanz einzelner Untertagebauwerke für die Sicherheit in der jeweiligen Planungsphase weiter vertieft werden.

Zu Bst. c: Die Projekte werden unter Berücksichtigung standortspezifischer hydrogeologischer und geotechnischer Daten und den daraus gezogenen Interpretationen und Beurteilungen der zu erwartenden hydrogeologischen und geotechnischen Verhältnisse erarbeitet. Belastbare Aussagen sind auch unter Berücksichtigung der bestehenden Variabilitäten und Unsicherheiten in Daten und Prozessen gültig. Standortspezifische und tiefenabhängige Ge-

birgseigenschaften, geotechnische Parameter und ihre Variabilitäten und Unsicherheiten werden abgedeckt und ihre Auswirkungen auf die Projektierung werden aufgezeigt. Für das Wirtgestein werden auf der Basis belastbarer standortspezifischer Daten geeignete Stoffgesetze entwickelt und validiert, die eine angemessene Beurteilung des hydro-mechanischen Gebirgsverhaltens und des Systemverhaltens (Gebirge-Ausbau-Wechselwirkung) erlauben.

Teil der Grundlagen sind standortspezifische Baugrundmodelle mit Längsprofilen und Datenbändern. Sie werden in den folgenden Planungsphasen anhand der neu gewonnenen und erweiterten Kenntnisse aktualisiert. Mögliche Gefährdungen aus dem Baugrund und dem Gebirge (beispielsweise Niederbrüche oder Wassereinbrüche) und ihre wahrscheinlichen Kombinationen (Gefährdungsbilder) während Bau und Betrieb werden gemäss den einschlägigen SIA-Normen analysiert und bewertet. Durch geeignete Massnahmen werden die relevanten Gefährdungen und Gefährdungsbilder beherrscht oder auf ein akzeptierbar kleines Mass beschränkt. Die geplanten Massnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit werden überprüft, wenn neue Erkenntnisse vorliegen. Dabei werden auch die Wirksamkeit der geplanten Massnahmen und die verbleibenden akzeptierten Risiken (Restrisiken) aufgezeigt. Bezüglich der Gefährdungen und Gefährdungsbilder wird auf die Norm SIA 199, Anhang E, verwiesen (vgl. Kap. 5.2.2 Bst. g).

Zu Bst. d: Die quantitative bautechnische Risikoanalyse in Anlehnung an die Norm SIA 197 wird in einer möglichst frühen Projektphase durchgeführt und in den darauffolgenden Projektphasen aktualisiert (vgl. ENSI 33/649, Kap. 4.3.2). Mit Ereignissen sind Gefährdungen und Gefährdungsbilder gemeint. Die ermittelten Risiken dienen der Prüfung möglicher Varianten und Anordnungen der Zugangsbauwerke sowie der wesentlichen Untertagebauwerke auf Lagerebene in den folgenden Projektphasen bis zu ihrer definitiven Festlegung. Dabei wird bei der bautechnischen Risikoanalyse, wenn nicht anderweitig begründet, das gesamte untertägige Lagerbauwerk (einschliesslich Zugangsbauwerke und Portalbereiche) berücksichtigt. Varianten, zum Beispiel für Zugangskonfigurationen, werden in die Analyse einbezogen. In begründeten Fällen können einzelne Untertagebauwerke in der bautechnischen Risikoanalyse nicht betrachtet werden.

Falls die im Projekt festgelegten Massnahmen nicht genügen, um die in der Nutzungsvereinbarung festgelegten quantitativen Anforderungen an die Bauwerke (in den SIA-Normen, beispielsweise Norm SIA 197, als Schutzziele bezeichnet) zu erfüllen, müssen zusätzliche Massnahmen geplant werden.

Zu Bst. e: Der Ausbau der Lagerkammern soll unter Berücksichtigung seiner Wechselwirkung mit anderen Barrieren, wie der Verfüllung oder des Wirtgesteins, und der kurz- bis langfristig ablaufenden Prozesse (z. B. pH-Fahne) geplant werden. Mögliche Veränderungen der Gesteins- und Gebirgseigenschaften auf Lagerebene infolge der Temperaturentwicklung sollen berücksichtigt werden.

Zu Kapitel 8.1.2 „Bau“

Zu Bst. a: Die gewählten Vortriebsverfahren und die vorgesehenen Ausbruchsicherungsmittel sollen ausreichende Flexibilität bieten, um Variationen der Gebirgs- oder Grundwasserhältnisse abzudecken.

Ausbruch- und Bauarbeiten für die Erstellung der untertägigen Bauwerke werden geplant, ausgeführt und überwacht, um die Sicherheitsanforderungen aus Bau, Betrieb und Langzeitsicherheit zu erfüllen; insbesondere im Fall der HAA-Lagerstollen, wenn diese Arbeiten gleichzeitig mit der Einlagerung der Abfälle in den bereits erstellten HAA-Lagerstollen ausgeführt werden.

Zu Bst. c: Die Bauwerksakten werden für jedes Untertagebauwerk separat erstellt und entsprechend der Projektphase nachgeführt. Sie beinhalten unter anderem die in der Norm SIA 197 aufgelisteten Unterlagen.

Die Bauwerksakten bilden eine wichtige Grundlage für die Aufsichtstätigkeit des ENSI in der Beobachtungsphase. Sie werden so gegliedert und dargestellt, dass sie in übersichtlicher Form alle wesentlichen Informationen über die ausgeführten baulichen und betrieblichen Anlagen (einschliesslich der messtechnischen Einrichtungen zur Überwachung) enthalten.

Zu Kapitel 8.2 „Oberflächenanlage und Nebenzugangsanlagen“

In diesem Unterkapitel werden spezifische Belange für die sicherheitsrelevanten Bauwerke der Oberflächen- und Nebenzugangsanlagen geregelt.

Zu Bst. a: Die Oberflächenanlage und die Nebenzugangsanlagen sollen in vier Hierarchiestufen B1 bis B4 gemäss Anhang 4 KEV geplant und gebaut werden. Wie bei allen nuklearen Neubauten ist das vereinfachte Freigabeverfahren nach Richtlinie ENSI-A04 auch hier nicht anwendbar. Zusätzlich zu den Auslegungsgrundlagen B1 nach Anhang 4 KEV ist gemäss Richtlinie ENSI-A04 auf Hierarchiestufe B1 auch ein Qualitätssicherungskonzept einzureichen.

Zu Bst. b: Die Sicherheitsanalysen gemäss Kap. 9.1 der Richtlinie ENSI-G03 geben unter anderem Auskunft über die Baugrundeigenschaften, die Grundwasserhältnisse oder die zu berücksichtigenden Gefährdungen. Die für die Tragwerksmodellierung und Festlegung der Einwirkungen erforderlichen Daten sind aus den Sicherheitsanalysen abzuleiten, um Widersprüche zwischen Sicherheitsanalyse und Gebäudebemessung zu vermeiden. Ebenso beruht die Gebäudeklassierung auf den Erkenntnissen der Sicherheitsanalysen.

Zu Bst. c: Es gelten allgemein die Bemessungsregeln der SIA Normen bezüglich Definition von Lasten und Lastkombinationen, Bemessungsregeln, konstruktiver Durchbildung, Baustoffkennwerten, Qualitätsanforderungen etc. Alternative Normenwerke dürfen verwendet werden, falls ein Sachthema in den SIA-Normen nicht geregelt ist und das alternative Normenwerk methodisch mit den SIA-Normen vergleichbar ist (Prinzip der Partialsicherheitsfaktoren). Lasten infolge Naturereignissen wie Erdbeben, Wind, Tornados oder Starkregen sind aus den Sicherheitsanalysen abzuleiten und nicht aus den SIA-Normen zu entnehmen.

Zu Bst. d: Aussergewöhnliche Bemessungssituationen werden in der Norm SIA 260, Art. 4.4.3.5 definiert; andauernde und vorübergehende Bemessungssituationen in der Norm SIA 260, Art. 4.4.3.4. Einwirkungen aus Naturereignissen mit einer Häufigkeit von 10^{-4} pro Jahr, Anpralllasten oder Explosionen sind als aussergewöhnliche Einwirkungen zu behandeln. Die aussergewöhnlichen Einwirkungen infolge von Naturereignissen mit einer Häufigkeit von 10^{-4} pro Jahr dürfen nicht geringer sein als die entsprechenden naturbedingten SIA-Einwirkungen, die gemäss SIA 260³⁸ mit Lastbeiwerten für andauernde und vorübergehende Bemessungssituationen zu erhöhen sind.

Zu Bst. e: Zur Vermeidung von bleibenden Gebäudeschäden soll sich das Tragwerk linear elastisch verhalten, auch bei Einwirkung von Naturereignissen mit einer Häufigkeit von 10^{-4} pro Jahr. Bei Flugzeuganprall sind beschränkte Gebäudeschäden zulässig, Flugzeugteile und Kerosin dürfen jedoch nicht ins Gebäudeinnere gelangen. Betonabplatzungen auf Wandinnenseiten sind derart zu beschränken, dass keine Ausrüstungen oder Lagergüter gefährdet werden. Die zulässigen Stahldehnungen bei Flugzeuganprall sind im IAEA Safety Report SRS-87 (Safety Aspects of Nuclear Power Plants in Human Induced External Events: Assessment of Structures) vorgegeben.

Zu Bst. f: Bei Betonbauteilen mit Barrierenfunktion (u. a. Umladezelle) sollen Anzahl und Breite von Rissen zum sicheren Einschluss radioaktiver Stoffe und zum Schutz von Dekontaminationsanstrichen beschränkt werden. Hohe Anforderungen sind in der Norm SIA 262, Art. 4.4.2.2.6 definiert. Insbesondere gilt eine Beschränkung der Stahlspannungen nach der Norm SIA 262, Tabelle 16 und Figur 31.

Zu Kapitel 9 „Sicherheitsnachweis“

Ein Sicherheitsnachweis belegt die Erfüllung der geltenden Sicherheitsanforderungen. Er stützt sich auf Argument und Nachweise, welche die Sicherheit eines geologischen Tiefenlagers beschreiben, quantifizieren und belegen. Er beinhaltet Sicherheitsanalysen sowie ergänzende qualitative Sicherheitsbewertungen und gibt Aufschluss über die Zuverlässigkeit der Aussagen.

Mit den Bewilligungsgesuchen (Rahmen-, Bau- und Betriebsbewilligungsgesuch) und mit dem Gesuch zum Verschluss eines geologischen Tiefenlagers sind gemäss Art. 13, 16, 20 und 39 KEG für die Betriebsphase (Betriebssicherheit) und für die Nachverschlussphase (Langzeitsicherheit) eines geologischen Tiefenlagers entsprechende Sicherheitsnachweise vorzulegen. Mit jedem Sicherheitsnachweis soll gezeigt werden, dass der Schutz von Mensch und Umwelt gewährleistet ist. Menschliche und organisatorische Faktoren sind Bestandteile des Sicherheitsnachweises (siehe Richtlinie Kap. 11).

Der Sicherheitsbericht ist das zentrale Dokument für den Sicherheitsnachweis in den Bewilligungsverfahren nach KEG und bildet damit eine Grundlage für technische und politische Diskussionen bzw. Entscheidungsfindungen. Er beschreibt das Tiefenlagerprojekt und den Nachweis für die Betriebs- und Langzeitsicherheit. Der Bericht fasst zusammen, wie der Pro-

jektant die Auslegung des geologischen Tiefenlagers optimiert hat und weist die sicherheitstechnische Relevanz von bestehenden Unsicherheiten aus.

Die Vorgaben an den Sicherheitsbericht zum Rahmenbewilligungsgesuch sind in ENSI 33/649 dokumentiert.

Im Sicherheitsbericht zum Baugesuch werden unter anderem die Gründe für die vom Projektanten gewählte Bauausführung dargelegt. Im Bericht werden auch die Gründe genannt, die zu einer Abweichung von der vorgesehenen Auslegung des geologischen Tiefenlagers führen könnten. Eine gewisse Flexibilität in der Auslegung ist erfahrungsgemäss notwendig, beispielsweise um die tatsächlich angetroffenen geologischen Verhältnisse oder technologische Verbesserungen berücksichtigen zu können.

In den späteren Sicherheitsberichten zur Betriebsbewilligung und zur Verschlussverfügung wird beschrieben, aus welchen Gründen und in welcher Form allenfalls von der Auslegung gemäss den vorangehenden Bewilligungen abgewichen wurde. Die Auswirkungen dieser Abweichungen auf die Langzeitsicherheit müssen dabei aufgezeigt werden.

Zu Bst. b: Auf den erforderlichen Detaillierungsgrad wird in Kap. 9.1 für die Betriebsphase und in Kap. 9.2 für die Nachverschlussphase eingegangen. Die Daten sollen auf dem Stand sein, der die Beurteilung der Sicherheit für den jeweiligen Bewilligungsschritt bzw. Verfügung gemäss KEG ermöglicht.

Zu Bst. c: Unsicherheiten in den Daten, Prozessen und Modellkonzepten sowie in der zukünftigen Entwicklung eines geologischen Tiefenlagers sind unvermeidlich. Der Umgang mit Unsicherheiten ist im Sicherheitsnachweis und in der Sicherheitsanalyse ein zentrales Element. Um die Robustheit der Wirkung des Barrierensystems aufzuzeigen, werden deshalb auch Entwicklungen betrachtet, die wenig wahrscheinlich oder sogar rein hypothetisch („what if“-Fälle) sind.

Die systematische Untersuchung des Einflusses der Unsicherheiten auf die Langzeitsicherheit dient dazu, das Vertrauen in die Aussagen zur Langzeitsicherheit zu verstärken, den zukünftigen Forschungsbedarf aufzuzeigen und die Auslegung des geologischen Tiefenlagers zu optimieren.

Zu Bst. d: Damit sind Erkenntnisse gemeint, die einen signifikanten Einfluss auf die Betriebs- oder Langzeitsicherheit haben können. Siehe auch Art. 41 Abs. 1, Anhang 3 und Anhang 5 KEV. Die Periodizität wird mit der Erteilung der Betriebsbewilligung festgelegt.

Zu Bst. e: Nach Prüfung des Sicherheitsnachweises durch das ENSI und der Feststellung des ordnungsgemässen Verschlusses durch den Bundesrat untersteht das Tiefenlager nicht mehr der Kernenergiegesetzgebung (Art. 39 Abs. 1 KEG).

Zu Kapitel 9.1 „Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase“

Zu Bst. a: Der Sicherheitsnachweis der Anlage umfasst neben den in der Richtlinie geregelten Aspekten unter anderem die folgenden Punkte:

- Eine Beschreibung der ober- und unterirdischen Anlagen, aus der die räumlichen Verhältnisse, die wichtigsten betrieblichen Einrichtungen, die typischen Arbeitsabläufe und die jeweiligen radiologischen Zustände (Aktivitätsinventare, Dosisleistungen und Kontaminationen) im Normalbetrieb hervorgehen. Diese Beschreibung beinhaltet entsprechend der Stufe des Bewilligungsverfahrens auch detaillierte Abbildungen und Pläne, soweit diese für den Sicherheitsnachweis erforderlich sind.
- Eine Beschreibung der Strukturen, Systeme und Komponenten (SSK) sowie der Organisation und der Prozesse, welche für die nukleare Sicherheit vorgesehen sind. Dies beinhaltet auch den Strahlenschutz bei Normalbetrieb und bei Betriebsstörungen sowie den Notfallschutz. Anforderungen zu den SSK sind in Art. 10 bis 12 KEV, Richtlinie ENSI-G01, ENSI-G02, ENSI-G12 und ENSI-G13 zu finden. Anforderungen betreffend der Organisation leiten sich aus Art. 30 KEV und Richtlinie ENSI-G07 ab. Wichtige Prozesse zur Aufrechterhaltung der Sicherheit sind in Art. 25 und Art. 31 bis 42 KEV beschrieben.
- Die im Normalbetrieb zu erwartenden Strahlenexpositionen des Personals und der Bevölkerung.
- Der Nachweis, dass während der gesamten Betriebsphase sowohl im Normalbetrieb als auch bei einem Störfall (z. B. unterstellte Überflutung durch Wasser) keine nukleare Kritikalität eintreten kann. Für den Nachweis der Kritikalitätssicherheit während der Betriebsphase eines geologischen Tiefenlagers ist die Norm DIN 25472 (Kritikalitätssicherheit bei der Endlagerung ausgedienter Kernbrennstoffe) zu beachten und sinngemäss anzuwenden.

Zu Bst. b: Der Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase erfolgt gemäss den bestehenden Regelungen für nukleare Anlagen. Die Vorgaben für den Sicherheitsnachweis zum Rahmenbewilligungsgesuch sind in der Aktennotiz ENSI 33/649, Kap. 5.1 festgelegt.

Zu Bst. c: Damit wird konkretisiert, dass der Sicherheitsnachweis für die Betriebsphase sowohl für die Untertageanlagen als auch für die Anlagen an der Oberfläche zu erbringen ist.

Zu Bst. d: Im Unterschied zu den bereits existierenden Kernanlagen der Schweiz sind bei einem geologischen Tiefenlager gegebenenfalls Bau und Betrieb zeitlich nicht vollständig getrennte Schritte im Lebenszyklus der Kernanlage. Während der Einlagerungsphase, dem ersten Abschnitt des nuklearen Betriebs untertage, werden die Abfallbehälter in die Lagerstollen oder -kavernen eingelagert und parallel dazu können neue Lagerstollen oder -kavernen aufgefahren werden. Daraus können sich spezielle Anforderungen zum Beispiel an den Brandschutz, den Strahlenschutz oder die Lüftung der Untertagebauwerke ergeben

Zu Bst. e: Sicherheitsanalysen für die Betriebsphase umfassen deterministische und probabilistische Untersuchungen von Störfallabläufen. Die deterministische Sicherheitsanalyse besteht aus einem technischen und einem radiologischen Teil. Die Anforderungen an die technische Sicherheitsanalyse sind in der Richtlinie ENSI-A01 und an die radiologische Sicherheitsanalyse sind in den Richtlinien ENSI-A08 und ENSI-G14 geregelt.

Ausgehend von den deterministischen und probabilistischen Sicherheitsanalysen und den sich daraus ergebenden möglichen radiologischen Belastungen für die Bevölkerung während der Betriebsphase sind Vorkehrungen für den anlageninternen und anlagenexternen Notfallschutz aufzuzeigen. Dabei sind den Vorgaben der Notfallschutzverordnung vom 22. Oktober 2010 (NFSV; SR 732.33, insbesondere Art. 6 und 7), der Richtlinie ENSI-B12 und der Strahlenschutzgesetzgebung (insbesondere Art. 125 StSV) Beachtung zu schenken. Ferner ist die Frage zu klären, ob nach Art. 3 NFSV Notfallschutzzonen zu errichten sind, oder ob aufgrund des kleinen Gefährdungsrisikos gem. Art. 4 NFSV eine abweichende Regelung möglich ist.

Zu Bst. f: Im Zuge der Sicherheitsanalysen werden die Auswirkungen von Störfällen während der Betriebsphase auf das Personal sowie auf die Bevölkerung und die Umwelt betrachtet und bei Bedarf Schutzmassnahmen getroffen. Durch Störfälle während der Betriebsphase kann aber auch die Wirkung der Barrieren gemindert werden. Aus diesem Grund sind eventuell zusätzliche Massnahmen erforderlich, damit die Langzeitsicherheit weiterhin gewährleistet bleibt.

Zu Kapitel 9.2 „Sicherheitsnachweis für die Nachverschlussphase“

Zu Bst. a: Der Sicherheitsnachweis enthält eine Gesamtbewertung der Langzeitsicherheit eines verschlossenen geologischen Tiefenlagers. Im Sicherheitsnachweis werden unter anderem die Zuverlässigkeit der Datengrundlagen, die qualitätssichernden Massnahmen, die Methoden und die Schlussfolgerungen der Sicherheitsanalyse bewertet. Gegebenenfalls können weitere Argumente, welche die Grundlagen und Ergebnisse der Sicherheitsanalyse sowie die Schlussfolgerungen des Sicherheitsnachweises zusätzlich stützen, aufgeführt werden. Nach Möglichkeit sind die Aussagen der Sicherheitsanalysen durch Naturanaloga zu stützen. Als Naturanaloga bezeichnet man für ein geologisches Tiefenlager relevante Geosysteme, Materialien und Prozesse in der Natur, deren Verhalten über lange Zeiträume der Vergangenheit untersucht werden kann. Darunter fallen auch anthropogene Materialien, die über längere Zeiträume natürlichen Prozessen ausgesetzt waren. Die Untersuchungen solcher Naturanaloga helfen bei der Abschätzung möglicher Entwicklungen und der Beurteilung der Langzeitsicherheit eines geologischen Tiefenlagers.

Im Sicherheitsnachweis wird die Wirksamkeit des Mehrfachbarrierensystems beurteilt. Sie kann unter anderem anhand von Sicherheitsfunktionen, wie dem Einschluss der Abfälle, der Verzögerung der Freisetzung von Radionukliden oder der Rückhaltung im Mehrfachbarrierensystem, bewertet werden.

Für die Nachverschlussphase wird der Sicherheitsnachweis stufengerecht geführt. Die dabei angenommene Entwicklung eines geologischen Tiefenlagers stützt sich auf die lokalen und

regionalen geologischen Verhältnisse und die vorhandenen Erkenntnisse aus den laufenden Untersuchungen und Überwachungsprogrammen.

Zu Bst. b: Zu den Unsicherheiten, die im Sicherheitsbericht aufzuzeigen und zu quantifizieren sind, gehören Unsicherheiten bezüglich Konzeptualisierungen, Rechenmodellen, Szenarien und Parametern. Aufschluss über die notwendige Forschung und Datenerhebung gibt der vom Bundesrat verfügte RD&D-Bericht der Entsorgungspflichtigen, welcher mindestens alle fünf Jahre im Rahmen des Entsorgungsprogramms oder bei Bedarf aufgrund der Erkenntnisse des Sicherheitsberichtes aktualisiert wird.

Zu Bst. c: Die genannten Auswirkungen können beispielsweise die Ausdehnung der EDZ, die Entsättigung des Wirtgesteins in Abhängigkeit von der Standzeit von Tunnelbauten sowie Niederbrüche während des Vortriebs sein.

Zu Bst. d: Gemäss Art. 22 Abs. 2 Bst. h KEG sind Erfahrungen aus vergleichbaren Anlagen zu berücksichtigen.

Zu Kapitel 9.2.1 „Sicherheitsanalyse“

Zu Bst. a: Umfang und Tiefe der Sicherheitsanalysen richten sich stufengerecht nach dem jeweiligen Bewilligungsgesuch.

Zu Bst. a Ziff. 1: Zur Beschreibung gehören zum Beispiel Abfallinventar, zeitlicher Verlauf der radiologischen Toxizität der eingelagerten Abfälle, Abfallzuteilung, Barrierensystem und geologische Situation.

Zu Bst. a Ziff. 3: Dazu können Berechnungen, Experimente und Beobachtungen herangezogen werden.

Zu Bst. a Ziff. 4: Das Nahfeld wird durch thermische, hydraulische, mechanische und chemische Wechselwirkungen, sogenannte gekoppelte THMC-Prozesse, beeinflusst. Dazu gehören beispielsweise die Temperaturentwicklung um das HAA-Lager, die Wiederaufsättigung, der Zweiphasenfluss, die mechanische Deformation des Wirtgesteins und die Ausbreitung einer pH-Fahne im Wirtgestein.

Zu Bst. a Ziff. 5: Die Beschreibung der geologischen Langzeitentwicklung beinhaltet beispielsweise Seismizität, Neotektonik und glaziale Tiefenerosion.

Zu Bst. a Ziff. 6: Die erwartete Entwicklung der im geologischen Tiefenlager befindlichen Materialien, Abfälle und technischen Barrieren umfasst beispielsweise die Korrosion der Lagerbehälter und die Auflösung der verglasten Abfälle.

Zu Bst. a Ziff. 7: Mit der Festlegung der Rechenfälle soll der Variationsbereich möglicher Freisetzungen radioaktiver Stoffe in die Biosphäre und die Dosismaxima aller Szenarien ermittelt werden. Diese geben Aufschluss über das Verhalten und die Robustheit des Gesamtsystems.

Zu Bst. a Ziff. 8: Vereinfachende Annahmen bei der Konzeptualisierung und Umsetzung der Rechenmodelle sind zulässig, wenn gezeigt werden kann, welche Bedeutung diese Vereinfachungen haben.

fachungen haben und wie sie die Ergebnisse beeinflussen. Eine Validierung auf der Grundlage experimenteller Daten erhöht das Vertrauen, dass die verwendeten Rechenmodelle und Eingabewerte die betrachteten Prozesse angemessen beschreiben.

Zu Bst. a Ziff. 9: Sensitivitäts- und Unsicherheitsanalysen geben wertvolle Hinweise auf eventuell notwendige weitere Untersuchungen und Methodenentwicklungen, um die bestehenden Unsicherheiten der Eingabewerte und Modelle zu reduzieren. Sie kann die Abhängigkeit der Berechnungsergebnisse von möglichen Vereinfachungen aufzeigen. Probabilistische Berechnungen können verwendet werden, um die mit den Szenarien verbundenen Risiken unter Berücksichtigung der Parameterbandbreiten, respektive deren dazugehörigen Unsicherheiten zu quantifizieren. Falls probabilistische Berechnungen verwendet werden, sollen unrealistische Parameterkombinationen vermieden werden. Zusätzlich soll eine Risikoverdünnung gemäss IAEA Safety Standard SSG-23, Absatz 5.68 vermieden und der Dosisbeitrag von seltenen Fällen mit grossen radiologischen Auswirkungen berücksichtigt werden.

Zu Bst. a Ziff. 10: Die Biosphäre kann über lange Zeiträume grossen Veränderungen unterliegen. Daher ist sicherzustellen, dass mit umhüllenden Szenarien die maximalen Auswirkungen eines geologischen Tiefenlagers erfasst werden. Bei der Entwicklung der Gebietsmorphologie werden zum Beispiel die glaziale Rinnenbildung und Erosion zu berücksichtigen sein.

Zu Bst. c: Die Möglichkeiten der Entwicklung eines geologischen Tiefenlagers werden durch die Eigenschaften seiner Komponenten sowie die Abfolge von Ereignissen und Prozessen (FEPs) bestimmt, welche die Freisetzung von Radionukliden aus dem Lager und deren Transport in den Lebensraum des Menschen (die Biosphäre) beeinflussen. Die FEPs ergeben sich zunächst aus dem Verständnis des betrachteten Systems heraus, werden aber üblicherweise durch den Vergleich mit internationalen FEP-Datenbanken bisheriger Endlagerprojekte überprüft. Basierend auf den massgeblichen FEPs werden die Szenarien definiert, innerhalb derer sich das Lagersystem voraussichtlich entwickeln wird. Dabei sind Vereinfachungen, welche eine Zusammenfassung ähnlicher Szenarien erlauben, zulässig, um eine zu feine Einteilung in Szenarien zu vermeiden. Mit der Berechnung der radiologischen Folgen umhüllender Varianten der Entwicklung eines geologischen Tiefenlagers wird davon ausgegangen, dass die tatsächliche Entwicklung mit keiner grösseren Freisetzung verbunden sein wird, als sich in diesen Entwicklungsvarianten zeigt. Allenfalls sind auch konservative Annahmen für die Wahl der Modellansätze und Modellparameter in die Berechnungen einzubeziehen. Dazu gehören auch Freilegungsszenarien und das unbeabsichtigte menschliche Eindringen. Bei der Modellierung von Szenarien können auch stilisierte Annahmen verwendet werden wie zum Beispiel die Biosphärenmodellierung (vgl. IAEA Safety Standard SSG-23, NEA No. 6923 sowie Vigfusson, J., Maudoux, J., Raimbault, Ph., Röhlig, K.-J., Smith, R. E.: European Pilot Study on The Regulatory Review of the Safety Case for Geological Disposal of Radioactive Waste – Case Study: Uncertainties and their Management).

Zu Kapitel 9.2.2 „Nachweiszeitraum“

Zu Bst. a: Gemäss Art. 4 KEG muss der Schutz von Mensch und Umwelt vor ionisierender Strahlung gewährleistet sein. Die Bewertung der potenziellen radiologischen Auswirkungen eines geologischen Tiefenlagers muss den unvermeidlichen, mit zunehmender Zeitspanne zunehmenden Unsicherheiten Rechnung tragen. So haben technische Barrieren, Wirtgestein, umgebende geologische Schichten, Biosphäre und die Lebensgewohnheiten der Menschen jeweils eine unterschiedliche zeitliche Prognostizierbarkeit.

Falls gezeigt werden kann, dass durch das geologische Tiefenlager aufgrund des radiologischen Gefährdungspotenzials der Abfälle bereits nach weniger als einer Million Jahre nur noch vernachlässigbar kleine radiologische Auswirkungen für Mensch und Umwelt zu erwarten sind, kann der Nachweiszeitraum kürzer sein.

Zu Bst. b: Treten die maximalen radiologischen Auswirkungen nach Ablauf des Nachweiszeitraums auf, so sind die Berechnungen nicht als effektive prognostizierte Strahlenexpositionen einer definierbaren Bevölkerungsgruppe zu verstehen, sondern als Indikatoren zur Bewertung der potenziellen Radionuklidfreisetzung in die Biosphäre.

Zu Bst. c: Nach Ablauf des Nachweiszeitraums wird das Kriterium gemäss Kap. 4.3.2 Bst. c herangezogen.

Zu Kapitel 9.2.3 „Annahmen zur Klimaentwicklung und Lebensweise der Bevölkerung“

Zu Bst. a: Der Schutz der Umwelt vor radioaktiven Stoffen aus dem geologischen Tiefenlager soll im Sinne einer konservativen Betrachtung auch für Szenarien ohne Besiedlung (z. B. während einer Vergletscherung) anhand gleicher Kriterien bewertet werden wie für Szenarien mit möglicher Besiedlung (vgl. Leitsatz zu Schutz der Umwelt 4.2d).

Zu Bst. b: Die Dosisberechnung stützt sich unter anderem auf Annahmen über die Strahlungsempfindlichkeit und die Lebensweise von Menschen, die in weit entfernter Zukunft leben. Die Richtlinie fordert, dass aus heutiger Sicht glaubwürdige Annahmen zu treffen sind. Damit ist gemeint, dass ausgehend von mutmasslichen örtlichen und klimatischen Gegebenheiten eine für heutige Menschen mögliche Besiedlung und Lebensweise (inklusive Selbstversorger) anzunehmen ist. Die Ergebnisse der Individualdosis-Berechnung dienen der Bewertung der Freisetzung der radioaktiven Stoffe aus dem geologischen Tiefenlager und somit der Bewertung der in der Zukunft vorhandenen Schutzfunktion des geologischen Tiefenlagers. Für die Bewertung der Langzeitsicherheit sind auch Szenarien einzubeziehen, welche die Folgen von menschlichen Handlungen analysieren. Die Annahmen für die zukünftigen menschlichen Handlungen sollen auf den Aktivitäten der heutigen Gesellschaft (beispielsweise bei der Erstellung von Stauseen, Tunnel- oder Brunnenbauten sowie Explorationsbohrungen) beruhen.

Zu Kapitel 9.2.4 „Nicht zu betrachtende Entwicklungen“

Zu Ziff. 1: Unter absichtlichem Eindringen in das geologische Tiefenlager werden Handlungen verstanden, die mit Wissen über die Gefährlichkeit der eingelagerten Abfälle durchgeführt werden. Die Handelnden sind deshalb für die allenfalls auftretenden Folgen verantwortlich.

Zu Ziff. 2: Unter gezielter Schädigung werden beispielsweise terroristische oder kriegerische Ereignisse verstanden.

Zu Ziff. 3: Darunter werden äusserst seltene Prozesse wie Meteoriteneinschläge verstanden. Als Beispiel dient der Einschlag eines Meteoriten im Nördlinger Ries vor zirka 15 Millionen Jahren, bei dem eine ganze Region bis in grössere Tiefe zerstört wurde.

Zu Kapitel 10 „Sicherung und Safeguards“

Zu Kapitel 10.1 „Sicherung“

Zu Bst. a: Die personellen Sicherungsmassnahmen, insbesondere die Betriebswache, sind in der Verordnung über die Betriebswachen von Kernanlagen vom 9. Juni 2006 (VBWK⁵⁵; SR 732.143.2) geregelt. Basierend auf dieser Verordnung sowie der Verordnung über die Anforderungen an das Personal von Kernanlagen vom 9. Juni 2006 (VAPK; SR 732.143.1) sind periodische Personensicherheitsprüfungen gemäss der Verordnung über die Personensicherheitsprüfungen im Bereich Kernanlagen vom 9. Juni 2006 (PSPVK; SR 732.143.3) einzuleiten.

Zu Bst. d: Dokumente sind gemäss Richtlinie ENSI-G09 zu klassifizieren, wenn sie Information enthalten, deren Bekanntwerden die Sicherheit der Bevölkerung beeinträchtigen kann.

Zu Kapitel 10.2 „Safeguards“

Zu Bst. a: Gemäss Art. 4 der Safeguardsverordnung vom 21. März 2012 (SR 732.12), liegt die Zuständigkeit für die Aufsicht über die Safeguardsmassnahmen beim BFE. Dies umfasst die nationale Kernmaterialkontrolle und -buchhaltung sowie weitere Aufsichtstätigkeiten und Aufgaben, welche sich aus bilateralen und multilateralen Verpflichtungen der Schweiz in den Bereichen Nichtverbreitung von Kernwaffen (Non-Proliferation), Exportkontrolle nuklearer Güter und Kernbrennstoffkreislauf ergeben. Die geologische Tiefenlagerung spaltbarer Materialien stellt spezielle Ansprüche an die Kontrolle. In der Richtlinie BFE-SG02 werden die Safeguardsmassnahmen in Anlagen mit Kernmaterialien und in der Richtlinie BFE-SG03 die Berichterstattungspflichten bezüglich spaltbarer Materialien geregelt.

Zu Bst. b: Zusätzlich zum nationalen Regelwerk (siehe Bst. a) sind auch die Vorschläge des IAEA Technical Report NF-T-3.1 hinsichtlich der Anforderungen an die Vorkehrungen zur Kontrolle für Verpackungsanlagen und geologische Tiefenlager zu berücksichtigen, soweit sie die Langzeitsicherheit nicht beeinträchtigen. Die internationalen Vorschläge zur Überwa-

chung eines geologischen Tiefenlagers schliessen Inspektionen durch IAEA-Inspektoren während Bau und Betrieb der Verpackungsanlage und des geologischen Tiefenlagers ein. Ebenfalls werden seismische Messungen zum Nachweis unangemeldeter unterirdischer Aktivitäten im Tiefenlagerbereich und die Überwachung der Oberfläche durch Satelliten und Flugzeuge vorgeschlagen.

Zu Kapitel 11 „Qualitätssicherung und Dokumentation“

Zu Bst. a: Mit der geforderten Qualitätssicherung wird berücksichtigt, dass die Langzeitsicherheit und ihr Nachweis von der korrekten Ausführung einer Vielzahl von Tätigkeiten abhängig sind, die in jeder Realisierungsphase eines geologischen Tiefenlagers mit einer vorgegebenen Qualität ausgeführt werden müssen. In den gemäss Art. 16 und 20 KEG sowie Art. 25 und 31 KEV vorgängig zu den einzelnen Realisierungsphasen eines geologischen Tiefenlagers einzureichenden Programmen werden die qualitätssichernden Massnahmen für sämtliche sicherheitsrelevanten Tätigkeiten unter Berücksichtigung menschlicher und organisatorischer Faktoren detailliert beschrieben. Zu den Realisierungsphasen gehören die Projektierung, die erdwissenschaftlichen Untersuchungen, der Bau, der Betrieb, die Überwachung und der Verschluss.

Zu Bst. d und e: Ein Anforderungsmanagement (Requirements Management) mit einer umfassenden Dokumentation ist für den langfristigen Wissenserhalt wichtig, da die Tiefenlagerung ein generationenübergreifendes Projekt ist. Entscheide werden mit den dafür relevanten Begründungen verknüpft und dokumentiert, damit die Nachvollziehbarkeit auch in Zukunft gewährleistet bleibt. So wird sichergestellt, dass alle erforderlichen Informationen und Begründungen für Entscheide auch in Zukunft zur Verfügung stehen. Ein etabliertes Anforderungsmanagement ist im Hinblick auf die Realisierung von Tiefenlagern bereits für die Standortwahl von Bedeutung.

Zu Bst. f: Bereits in der Projektierungsphase vor Baubeginn der EUU (siehe Kap. 7.1) können Informationen entstehen, deren langfristige Archivierung wertvoll sein kann. So kann z. B. eine spätere Neubewertung von Sachverhalten fundiert erfolgen, wenn die Gründe, die zu Wahl einer bestimmten Option geführt haben, nachvollziehbar dokumentiert sind (vgl. Kap. 11 Bst. i). Daher wird bereits für das Gesuch der EUU ein erstes Dokumentationskonzept gefordert, in das der Stand laufender Forschungsprojekte einfließen kann. Die Dokumentation betrifft alle Phasen eines geologischen Tiefenlagers nach Anhang 2 der Richtlinie.

Zu Bst. g: Die Dokumentation des Baus und des Betriebs von Kernanlagen ist in KEG, KEV und Richtlinien des ENSI weitgehend geregelt und durch die aktuelle Praxis bewährt. Die Dokumentation umfasst im weiteren Sinne auch die periodische Berichterstattung während des Betriebs nach Art. 22 Abs. 2 Bst. f und Art. 37 Abs. 1 KEV sowie der Richtlinie ENSI-B02⁶³ und die Alterungsüberwachung nach Art. 35 KEV sowie der Richtlinie ENSI-B01. Für geologische Tiefenlager weist das Bauwerk zwei Besonderheiten auf: Grosse Teile liegen in Tiefen von mehreren Hundert Metern untertage, weshalb die in der Norm SIA 197 dargelegte Praxis zu beachten ist. Das untertägige Bauwerk muss zudem nicht nur den sicheren Betrieb

ermöglichen, sondern stellt auch eine wichtige Komponente für die Langzeitsicherheit in der Nachverschlussphase dar.

Zu Bst. h: Für die Dokumentation nach dem ordnungsgemässen Verschluss ist eine möglichst lange Beständigkeit anzustreben (z. B. IAEA-TECDOC-1097). Ähnlich wie bei der Markierung des geologischen Tiefenlagers muss auf zwei Schwerpunkte geachtet werden: Dauer der Nutzbarkeit der Informationsträger und Dauer der Verständlichkeit der Informationen. Nach Verschluss des geologischen Tiefenlagers beziehungsweise nach Ablauf einer zusätzlich angeordneten Überwachungsfrist wird die Dokumentation dem zuständigen Departement übergeben, welches anschliessend die Verantwortung für die korrekte Archivierung der Informationsträger übernimmt. Der Bundesrat sorgt schliesslich dafür, dass die Information über das Lager, die eingelagerten Abfälle und den Schutzbereich aufbewahrt wird und die Kenntnisse darüber erhalten bleiben (Art. 40 Abs. 6 KEG). Die Erstellung mehrerer Exemplare der Dokumentation und ihre Aufbewahrung an unterschiedlichen Orten hat zum Ziel, den Verlust durch zerstörerische Ereignisse zu vermeiden.

Bei der Lebensdauer der Informationsträger geht es nicht nur um die Langzeitbeständigkeit des Mediums (z. B. Papier, Film, digitale Datenträger), sondern auch um die voraussichtliche Dauer des Fortbestehens der Technologie zum Lesen der Informationsträger. Es sind Datenträger zu bevorzugen, die mit verhältnismässig einfachen Mitteln lesbar und kopierbar sind. Die zu dokumentierenden Instandhaltungsmassnahmen umfassen die Bewahrung und Wiederherstellung des Sollzustandes sowie die Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes von Ausrüstungen und Systemen. Die Instandhaltung umfasst Wartung, Instandsetzung und Prüfung.

Zu Bst. i: Das Aufbewahren von verständlicher und allgemein zugänglicher Information über ein geologisches Tiefenlager hilft, die Wahrscheinlichkeit eines unbeabsichtigten menschlichen Eindringens herabzusetzen. Es darf aber kein notwendiges Sicherheitselement für die Langzeitsicherheit eines geologischen Tiefenlagers sein, da das Funktionieren der Informationsübermittlung über sehr lange Zeiten nicht garantiert werden kann. Eine entsprechend dieser Anforderungen erstellte, archivierte und durch Massnahmen der Langzeitbeständigkeit bewirtschaftete Dokumentation kann als Ergänzung des Markierungskonzepts angesehen werden (vgl. Kap. 6.3). Für die Dokumentation werden in Ergänzung zur KEV weitere, als notwendig angesehene Informationen verlangt. Für SMA handelt es sich im Wesentlichen um die Dokumentation der Konditionierung gemäss Kap. 4.3 der Richtlinie ENSI-B05. Insbesondere für HAA können Angaben aus der Zwischenlagerung entsprechend der Richtlinie ENSI-B17 relevant werden, wie die Dauer der Zwischenlagerung oder die Ergebnisse von Überwachungstätigkeiten.

Anhang 1: IAEA Safety Requirements

ID	Nr.	Anforderung	Abbildung im Schweizer Regelwerk
SSR-5	2.15 (a)	The dose limit for members of the public for doses from all planned exposure situations is an effective dose of 1 mSv in a year. ...	Art. 22 StSV Kap. 4.3.2 ENSI-G03
SSR-5	2.15 (b)	To comply with this dose limit, a disposal facility (considered as a single source) is so designed that the calculated dose or risk to the representative person who might be exposed in the future as a result of possible natural processes affecting the disposal facility does not exceed a dose constraint of 0.3 mSv in a year or a risk constraint of the order of 10^{-5} per year.	Kap. 4.3.2 ENSI-G03
SSR-5	Req. 1	<p>Governmental responsibilities</p> <p>The government is required to establish and maintain an appropriate governmental, legal and regulatory framework for safety within which responsibilities shall be clearly allocated for disposal facilities for radioactive waste to be sited, designed, constructed, operated and closed. This shall include: confirmation at a national level of the need for disposal facilities of different types; specification of the steps in development and licensing of facilities of different types; and clear allocation of responsibilities, securing of financial and other resources, and provision of independent regulatory functions relating to a planned disposal facility.</p>	Art. 5 KEV

SSR-5	Req. 2	<p>Responsibilities of the regulatory body</p> <p>The regulatory body shall establish regulatory requirements for the development of different types of disposal facility for radioactive waste and shall set out the procedures for meeting the requirements for the various stages of the licensing process. It shall also set conditions for the development, operation and closure of each individual disposal facility and shall carry out such activities as are necessary to ensure that the conditions are met.</p>	Art. 11 KEV
SSR-5	Req. 3	<p>Responsibilities of the operator</p> <p>The operator of a disposal facility for radioactive waste shall be responsible for its safety. The operator shall carry out safety assessment and develop and maintain a safety case, and shall carry out all the necessary activities for site selection and evaluation, design, construction, operation, closure and, if necessary, surveillance after closure, in accordance with national strategy, in compliance with the regulatory requirements and within the legal and regulatory infrastructure.</p>	<p>Art. 22 KEG</p> <p>Art. 33 KEV</p> <p>Kap. 9 ENSI-G03</p>
SSR-5	Req. 4	<p>Importance of safety in the process of development and operation of a disposal facility</p> <p>Throughout the process of development and operation of a disposal facility for radioactive waste, an understanding of the relevance and the implications for safety of the available options for the facility shall be developed by the operator. This is for the purpose of providing an optimized level of safety in the operational stage and after closure.</p>	Kap. 4.4 ENSI-G03

SSR-5	Req. 5	<p>Passive means for the safety of the disposal facility</p> <p>The operator shall evaluate the site and shall design, construct, operate and close the disposal facility in such a way that safety is ensured by passive means to the fullest extent possible and the need for actions to be taken after closure of the facility is minimized.</p>	<p>Art. 7 und 11 KEV</p> <p>Kap. 4.2 Bst. a sowie Kap. 5.2.2 ENSI-G03</p>
SSR-5	Req. 6	<p>Understanding of a disposal facility and confidence in safety</p> <p>The operator of a disposal facility shall develop an adequate understanding of the features of the facility and its host environment and of the factors that influence its safety after closure over suitably long time periods, so that a sufficient level of confidence in safety can be achieved.</p>	<p>Kap. 9 ENSI-G03</p>
SSR-5	Req. 7	<p>Multiple safety functions</p> <p>The host environment shall be selected, the engineered barriers of the disposal facility shall be designed and the facility shall be operated to ensure that safety is provided by means of multiple safety functions. Containment and isolation of the waste shall be provided by means of a number of physical barriers of the disposal system. The performance of these physical barriers shall be achieved by means of diverse physical and chemical processes together with various operational controls. The capability of the individual barriers and controls together with that of the overall disposal system to perform as assumed in the safety case shall be demonstrated. The overall performance of the disposal system shall not be unduly dependent on a single safety function.</p>	<p>Art. 11 KEV</p> <p>Kap. 5.2.2 ENSI-G03</p>

SSR-5	Req. 8	<p>Containment of radioactive waste</p> <p>The engineered barriers, including the waste form and packaging, shall be designed, and the host environment shall be selected, so as to provide containment of the radionuclides associated with the waste. Containment shall be provided until radioactive decay has significantly reduced the hazard posed by the waste. In addition, in the case of heat generating waste, containment shall be provided while the waste is still producing heat energy in amounts that could adversely affect the performance of the disposal system.</p>	<p>Kap. 4.4 Bst. e sowie Kap. 5.2.2 ENSI-G03</p>
SSR-5	Req. 9	<p>Isolation of radioactive waste</p> <p>The disposal facility shall be sited, designed and operated to provide features that are aimed at isolation of the radioactive waste from people and from the accessible biosphere. The features shall aim to provide isolation for several hundreds of years for short lived waste and at least several thousand years for intermediate and high level waste. In so doing, consideration shall be given to both the natural evolution of the disposal system and events causing disturbance of the facility.</p>	<p>Art. 31 KEG Kap. 5.2.2 sowie Kap. 9.2 ENSI-G03</p>
SSR-5	Req. 10	<p>Surveillance and control of passive safety features</p> <p>An appropriate level of surveillance and control shall be applied to protect and preserve the passive safety features, to the extent that this is necessary, so that they can fulfil the functions that they are assigned in the safety case for safety after closure.</p>	<p>Art. 39 KEG Art. 66 und 68 KEV Kap. 6.1 ENSI-G03</p>

SSR-5	Req. 11	<p>Step by step development and evaluation of disposal facilities</p> <p>Disposal facilities for radioactive waste shall be developed, operated and closed in a series of steps. Each of these steps shall be supported, as necessary, by iterative evaluations of the site, of the options for design, construction, operation and management, and of the performance and safety of the disposal system.</p>	<p>Art. 5 und 62 sowie Anhang 4 KEV</p> <p>Kap. 4.4, 9 und 9.2 sowie Anhang 2 ENSI-G03</p>
SSR-5	Req. 12	<p>Preparation, approval and use of the safety case and safety assessment for a disposal facility</p> <p>A safety case and supporting safety assessment shall be prepared and updated by the operator, as necessary, at each step in the development of a disposal facility, in operation and after closure. The safety case and supporting safety assessment shall be submitted to the regulatory body for approval. The safety case and supporting safety assessment shall be sufficiently detailed and comprehensive to provide the necessary technical input for informing the regulatory body and for informing the decisions necessary at each step.</p>	<p>Art. 13, 16, 20, 21 und 39 KEG</p> <p>Art. 23 und 42 KEV</p> <p>Kap. 9 ENSI-G03</p>
SSR-5	Req. 13	<p>Scope of the safety case and safety assessment</p> <p>The safety case for a disposal facility shall describe all safety relevant aspects of the site, the design of the facility and the managerial control measures and regulatory controls. The safety case and supporting safety assessment shall demonstrate the level of protection of people and the environment provided and shall provide assurance to the regulatory body and other interested parties that safety requirements will be met.</p>	<p>Kap. 9 ENSI-G03</p>

SSR-5	Req. 14	<p>Documentation of the safety case and safety assessment</p> <p>The safety case and supporting safety assessment for a disposal facility shall be documented to a level of detail and quality sufficient to inform and support the decision to be made at each step and to allow for independent review of the safety case and supporting safety assessment.</p>	<p>Art. 22 Abs. 2 Bst. i KEG Anhang 3 KEV Kap. 9 und 11 ENSI-G03</p>
SSR-5	Req. 15	<p>Site characterization for a disposal facility</p> <p>The site for a disposal facility shall be characterized at a level of detail sufficient to support a general understanding of both the characteristics of the site and how the site will evolve over time. This shall include its present condition, its probable natural evolution and possible natural events, and also human plans and actions in the vicinity that may affect the safety of the facility over the period of interest. It shall also include a specific understanding of the impact on safety of features, events and processes associated with the site and the facility.</p>	<p>Art. 5 KEV Kap. 7.1 und 9.2 ENSI-G03 ENSI 33/649</p>
SSR-5	Req. 16	<p>Design of a disposal facility</p> <p>The disposal facility and its engineered barriers shall be designed to contain the waste with its associated hazard, to be physically and chemically compatible with the host geological formation and/or surface environment, and to provide safety features after closure that complement those features afforded by the host environment. The facility and its engineered barriers shall be designed to provide safety during the operational period.</p>	<p>Art. 11 KEV Kap. 5 ENSI-G03</p>

SSR-5	Req. 17	<p>Construction of a disposal facility</p> <p>The disposal facility shall be constructed in accordance with the design as described in the approved safety case and supporting safety assessment. It shall be constructed in such a way as to preserve the safety functions of the host environment that have been shown by the safety case to be important for safety after closure. Construction activities shall be carried out in such a way as to ensure safety during the operational period.</p>	Kap. 5 und 8.1 ENSI-G03
SSR-5	Req. 18	<p>Operation of a disposal facility</p> <p>The disposal facility shall be operated in accordance with the conditions of the licence and the relevant regulatory requirements so as to maintain safety during the operational period and in such a manner as to preserve the safety functions assumed in the safety case that are important to safety after closure.</p>	<p>Art. 19 bis 22 KEG</p> <p>Kap. 4.3.1 und Kap. 5.1 Bst. d ENSI-G03</p>
SSR-5	4.37	<p>Fissile material, when present, has to be managed and has to be emplaced in the disposal facility in a configuration that will remain subcritical. This may be achieved by various means, including the appropriate distribution of fissile material during the conditioning of the waste and the proper design of the waste packages. Assessments have to be undertaken of the possible evolution of the criticality hazard after waste emplacement, including after closure.</p>	Kap. 5.1 Bst. c ENSI-G03
SSR-5	Req. 19	<p>Closure of a disposal facility</p> <p>A disposal facility shall be closed in a way that provides for those safety functions that have been shown by the safety case to be important after closure. Plans for closure, including the transition from active management of the facility, shall be well defined and practicable, so that closure can be carried out safely at an appropriate time.</p>	<p>Art. 13 und 16, Art. 22 Abs. 2 Bst. k, Art. 39, 50 und 63 KEG</p> <p>Art. 11 und 69 KEV</p> <p>Kap. 7.6 ENSI-G03</p>

SSR-5	Req. 20	<p>Waste acceptance in a disposal facility</p> <p>Waste packages and unpackaged waste accepted for emplacement in a disposal facility shall conform to criteria that are fully consistent with, and are derived from, the safety case for the disposal facility in operation and after closure.</p>	Kap. 7.2 Bst. a bis c ENSI-G03
SSR-5	Req. 21	<p>Monitoring programmes at a disposal facility</p> <p>A programme of monitoring shall be carried out prior to, and during, the construction and operation of a disposal facility and after its closure, if this is part of the safety case. This programme shall be designed to collect and update information necessary for the purposes of protection and safety. Information shall be obtained to confirm the conditions necessary for the safety of workers and members of the public and protection of the environment during the period of operation of the facility. Monitoring shall also be carried out to confirm the absence of any conditions that could affect the safety of the facility after closure.</p>	Kap. 6.1 ENSI-G03
SSR-5	Req. 22	<p>The period after closure and institutional controls</p> <p>Plans shall be prepared for the period after closure to address institutional control and the arrangements for maintaining the availability of information on the disposal facility. These plans shall be consistent with passive safety features and shall form part of the safety case on which authorization to close the facility is granted.</p>	<p>Art. 40 KEG</p> <p>Art. 71 KEV</p> <p>Kap. 6.3 und 11 ENSI-G03</p>

SSR-5	Req. 23	<p>Consideration of the State system of accounting for, and control of, nuclear material</p> <p>In the design and operation of disposal facilities subject to agreements on accounting for, and control of, nuclear material, consideration shall be given to ensuring that safety is not compromised by the measures required under the system of accounting for, and control of, nuclear material.</p>	<p>Safeguardsverordnung (SR 732.12)</p> <p>Kap. 10.1 und 10.2 ENSI-G03</p> <p>ENSI-G09</p> <p>BFE-SG02</p> <p>BFE-SG03</p>
SSR-5	Req. 24	<p>Requirements in respect of nuclear security measures</p> <p>Measures shall be implemented to ensure an integrated approach to safety measures and nuclear security measures in the disposal of radioactive waste.</p>	<p>SR 732.143.1</p> <p>SR 732.143.2</p> <p>SR 732.143.3</p> <p>Kap. 10.1 und 10.2 ENSI-G03</p> <p>ENSI-G09</p>
SSR-5	Req. 25	<p>Management systems</p> <p>Management systems to provide for the assurance of quality shall be applied to all safety related activities, systems and components throughout all the steps of the development and operation of a disposal facility. The level of assurance for each element shall be commensurate with its importance to safety.</p>	<p>Art. 25 KEV</p> <p>Kap. 11 ENSI-G03</p>
SSR-5	Req. 26	<p>Existing disposal facilities</p> <p>The safety of existing disposal facilities shall be assessed periodically until termination of the licence. During this period, the safety shall also be assessed when a safety significant modification is planned or in the event of changes with regard to the conditions of the authorization. In the event that any requirements set down in this Safety Requirements publication are not met, measures shall be put in place to upgrade the safety of the facility, economic and social factors being taken into account.</p>	<p>Art. 22 Abs. 2 Bst. d KEG</p> <p>Art. 42 KEV</p> <p>Kap. 9 Bst. d ENSI-G03</p>

Anhang 2: WENRA Safety Reference Levels

Nr.	Anforderung	Abbildung im Schweizer Regelwerk
DI-1	The licensee shall have the responsibility for ensuring and demonstrating that the facility is safe until termination of the licence, and for demonstrating that the facility will continue to be safe thereafter.	Art. 22 und 39 KEG Kap. 7.6 ENSI-G03
DI-2	The licensee shall make and implement programs and procedures necessary to maintain safety.	Art. 22 KEG Kap. 4.4, 8.1 und 11 ENSI-G03
DI-3	The licensee shall continuously improve safety by, in particular, using experience feedback and advances in science and technology.	Art. 22 KEG Kap. 4.4 und 9 ENSI-G03
DI-4	The licensee shall establish and implement its safety policy taking due account of national and international standards and ensure that matters related to safety are given the highest priority.	Art. 5, 22 und 34 KEG Kap. 4.4 und 9 ENSI-G03
DI-5	The licensee shall ensure that the resources (including organizational structure, individuals, experience and skills, infrastructure, working environment, information and knowledge, suppliers, materials) for all necessary activities before termination of the licence will be available at the time they are needed.	Art. 22 und 30 KEG Kap. 11 ENSI-G03
DI-6	After closure and until termination of the licence, the licensee shall remain responsible for surveillance of the disposal system in accordance with the safety case and for any remedial action that might be required.	Art. 21 und 39 KEG Kap. 6 und 7.6 ENSI-G03
DI-7	The licensee shall ensure that all activities, including those carried out by contractors, are performed and controlled according to the licensee's management system.	Art. 30 KEV Kap. 11 ENSI-G03
DI-8	The licensee shall ensure that interfaces between its responsibilities and those of other organizations are clearly defined, agreed and documented.	Art. 30 KEV Kap. 11 ENSI-G03
DI-9	The licensee shall establish an organizational structure to enable its safety policy to be implemented with a clear definition of responsibilities, lines of authority and communication.	Art. 22 KEG Art. 30 und 31 KEV

DI-10	The licensee shall establish the capability in terms of staffing, skills, experience and knowledge to build and maintain the competences required to undertake all relevant activities and adapt its organization progressively in accordance with future plans.	Art. 31 KEV VAPK
DI-11	The licensee shall define the necessary qualification, experience and skills for all staff involved with activities that may affect safety.	Art. 30 KEV VAPK Kap. 11 ENSI-G03
DI-12	The licensee shall establish training programs to develop and maintain the professional skills of its staff, and to ensure that personnel are appropriately trained before beginning each activity.	Art. 30 und 31 KEV VAPK
DI-13	Where any activity related to safety is carried out by a contractor, the licensee shall retain within its organization the capability to assess the adequacy of the contractor's resources and skills for ensuring safety and the quality of the deliverables.	Art. 30 KEV
DI-14	The licensee shall establish, document, implement, assess and continuously improve its management system to achieve and enhance safety by bringing together in a coherent manner all the requirements for managing the organization by: <ul style="list-style-type: none"> • Describing and implementing the planned and systematic actions necessary to provide adequate confidence that all these requirements are satisfied; • Ensuring that health, environmental, security, quality and economic requirements are not considered separately from safety requirements, to help preclude their possible negative impact on safety; • Promoting the development of a safety culture, which includes individual and collective commitment to safety and encourages a proactive, questioning and learning attitude at all levels in the organization; • ... 	Kap. 11 ENSI-G03
DI-15	The licensee shall ensure that its management system covers normal operation conditions, anticipated operational occurrences and possible accidents.	Art. 30 KEV Kap. 9.1 und 11 ENSI-G03

DI-16	The licensee shall ensure that its management system takes into account safety in design, construction, commissioning operation, decommissioning, closure and after closure. The licensee shall review its management system at regular intervals to ensure continuing suitability and effectiveness.	Art. 16 KEG Kap. 11 ENSI-G03
DI-17	<p>The licensee shall document in its management system at least the following:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Its safety policy; • A description of its management system; • A description of its organizational structure; • A description of the functional responsibilities, accountabilities, levels of authority and interactions of those managing, performing and assessing work; • A description of the licensee's interactions with contractors, including the control of activities carried out by contractors; • A description of the processes and supporting information that explain how work is to be prepared, carried out, recorded, assessed, reviewed, and improved; • A description of the provisions to record and review knowledge, information and data about all aspects related to safety of the disposal facility and system and to preserve the records; • A description of the provisions to ensure appropriate transfer of knowledge to its personnel throughout the different phases until termination of the licence. 	ENSI-G07
DI-18	The licensee shall ensure that, for any operational activity relating to safety, all documents required to demonstrate that it will be undertaken safely (e.g.: operational procedures, operating instructions) have been prepared before beginning that activity.	Art. 25 und 31 KEV

DI-19	<p>The licensee shall establish and conduct an experience feedback program to collect, screen, analyse and document in a systematic way experience important to safety in all phases of facility development until termination of the licence. This program shall cover issues of importance for both operational and post-closure safety. This information shall be used for preventing events and processes adverse to safety, and for improving the design or manner of construction and operation of the facility as necessary. Experience from other facilities shall also be considered as appropriate.</p>	<p>Art. 36 KEV Kap. 7.7 ENSI-G07</p>
DI-20	<p>The licensee shall ensure that, during design, construction, commissioning, operation, closure and post-closure until termination of the licence, knowledge and records important to safety are available and updated as appropriate for current activities, safety assessment and long term record keeping on:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Characterisation of the site; • Design basis; • Design; • As built construction of the disposal facility; • Inventory and emplacement of the waste; • State of the disposal system after closure; • All documents relating to the safety case. 	<p>Art. 22 und 38 KEG Art. 37, 41, 42, 54, 71 und 72 sowie Anhang 4 KEV Kap. 11 ENSI-G03</p>
DI-21	<p>The licensee shall ensure that, at termination of the licence, records on the site and on the as closed state of the disposal facility are available for continuing preservation, in accordance with the national legal and regulatory framework.</p>	<p>Art. 38 und 40 KEG Art. 71 KEV Kap. 11 Bst. h ENSI-G03</p>
DI-22	<p>The licensee shall design, construct, operate and decommission a disposal facility, ensure closure and, as appropriate, carry out post-closure surveillance so as to fulfil the objective of protecting people and the environment according to applicable radiological protection criteria, including the ALARA principle. A graded approach shall be adopted proportionate to the hazard presented by the waste.</p>	<p>Art. 8 bis 10 StSG Art. 3 bis 5 StSV Art. 5 KEG Kap. 4.4 und 5.2.2 ENSI-G03</p>

DI-23	The licensee shall ensure that safety is provided by means of multiple safety functions, including use of multiple barriers and controls. The performance of these barriers shall be achieved by diverse physical and chemical means. The overall performance of the disposal system shall not be unduly dependent on any single safety function according to the defence in depth principle.	Art. 5 KEG Art. 10 und 11 KEV Kap. 5.2.2 Bst. b ENSI-G03
DI-24	The licensee shall ensure that safety will be achieved entirely by passive means, after closure of the facility and after any subsequent period of active institutional control.	Art. 11 KEV Kap. 4.2 Bst. a sowie Kap. 5.2.2 Bst a und b ENSI-G03
DI-25	Throughout the process of development (e.g. design, construction commissioning), operation, decommissioning and closure of a disposal facility, the licensee shall aim for an optimized level of safety considering both operational and the post-closure phases.	Art. 4 StSV Kap. 4.4 Bst. a und d ENSI-G03
DI-26	The licensee shall design, construct, operate, decommission and close the disposal facility in order to establish a disposal system which provides containment and isolation of the waste for a period of time suited to its radiological hazards.	Art. 39 KEG Art. 11 KEV Kap. 9.2.2 ENSI-G03
DI-27	The licensee shall ensure that the disposal system provides isolation and containment during normal evolution and shall establish to a high level of confidence that the disposal system can be relied on to provide isolation and containment over the timescales necessary.	Art. 39 KEG Art. 11 KEV Kap. 5.2.2, 9.2 und 9.2.2 ENSI G03
DI-28	The licensee shall ensure that any provisions to facilitate reversal of disposal operations, or retrieval of waste packages disposed of, have no unacceptable effects on post-closure safety.	Art. 11. KEV Kap. 5.1 Bst. d ENSI-G03
DI-29	The licensee shall define and implement an appropriate program (e.g. through R&D, investigations, modelling, testing and monitoring activities) with the purpose of providing an understanding of the evolution of the disposal system adequate for the safety case.	Art. 32 KEG Art. 52, 58, 65 und 66 KEV Kap. 6.2 und 9.2 ENSI-G03
DI-30	If construction, operation, decommissioning or closure activities take place concurrently, the licensee shall perform the works so that they will not have an unacceptable effect on operational or post-closure safety.	Kap. 5.2.2 Bst. f, Kap. 7.2 Bst. g, Kap. 8.1 Bst. a, Kap. 8.1.2 Bst. a und Kap. 9.1 Bst. d ENSI-G03

DI-31	The licensee shall ensure that any measures necessary for the purpose of accounting for and control of nuclear material shall not unacceptably affect operational and post-closure safety.	Kap. 10.2 Bst. b ENSI-G03
DI-32	The licensee shall prepare and implement a program for site characterization of the selected site. The program shall provide the information necessary to support the safety case.	Art. 13 Bst. g KEG Art. 5 und 59 KEV
DI-33	The licensee shall conduct site characterisation of the selected site: <ul style="list-style-type: none"> • To establish baseline conditions for the site and the environment; • To support the understanding of the normal evolution; • To identify any events and processes associated with the site that might disturb the normal evolution of the disposal system; • To support the understanding of the effect on safety of any features, events and processes associated with the disposal system. 	Art. 35 KEG Art. 60, 65 und 66 KEV Kap. 6.1 Bst. b und f, Kap. 6.2 Bst. a und Kap. 9.2.1 ENSI-G03
DI-34	The licensee shall design the disposal facility to establish a disposal system which provides operational and post-closure safety. The licensee shall take into account the characteristics of the wastes to be disposed of (e.g.: radioactivity, heat and gas generation), the feasibility of the technical options and the characteristics of the selected site.	Art. 20 und 37 KEG Art. 7 und 23 KEV Kap. 5 und 9 ENSI-G03
DI-35	The licensee shall establish a design basis for the facility taking into account normal operational conditions, anticipated operational occurrences and possible accidents derived from a relevant set of postulated initiating events (PIEs).	Art. 7 und 8 KEV Kap. 9.1 Bst. a und e ENSI-G03
DI-36	The licensee shall design the disposal facility giving due consideration to both normal evolution of the disposal system after closure and scenarios involving events and processes that might disturb the normal evolution of the disposal system.	Kap. 9.2 und 9.2.1 ENSI-G03
DI-37	The licensee shall design the disposal facility giving due consideration to disturbances of the disposal system during operation whose consequences may affect post-closure safety.	Kap. 5.1 Bst. d, Kap. 8.1 Bst. a, Kap. 8.1.1 Bst. d, Kap. 9.1 Bst. f und Kap. 9.2 Bst. c ENSI-G03

DI-38	<p>The licensee shall design the disposal facility to fulfil the following safety functions during the operational and post-closure phases:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control of the exposure of people and the environment; • Containment and isolation of radioactive material; • Control of sub-criticality, if applicable; If burnup credit is adopted for criticality management, the licensee shall confirm compliance with the limiting minimum burnup level with respect to initial enrichment by administrative and operational controls; • Heat or gas removal, if applicable. 	<p>Art. 16 und 20 KEG Art. 11 KEV Kap. 5.1 Bst. a bis c, Kap. 5.2.2 Bst. b bis d ENSI-G03</p>
DI-39	<p>The licensee shall identify and classify engineered structures, systems and components (SSCs) in accordance with their importance for operational and post-closure safety.</p>	<p>Art. 24 und Anhang 4 KEV</p>
DI-40	<p>The licensee shall base the design of the facility on applicable standards, appropriately proven techniques and the use of appropriate materials to ensure that the safety requirements will be met, throughout operation and post-closure.</p>	<p>Art. 16, 20 und 22 KEG Art. 7 KEV</p>
DI-41	<p>The licensee shall have a process for identifying any conflicting design requirements from different regulatory regimes, and seeking to resolve them.</p>	<p>Kap. 11 Bst. e ENSI-G03</p>
DI-42	<p>The licensee shall design the disposal facility so that the engineered components (including barriers) are, to an adequate extent, physically and chemically compatible with each other, with the waste disposed of and with the host environment.</p>	<p>Kap. 5.2.2 Bst. c ENSI-G03</p>
DI-43	<p>The licensee shall make design provisions for maintenance, testing, inspection and monitoring of structures, systems and components (SSCs), addressing also their ageing.</p>	<p>Art. 24 und 35 sowie Anhänge 3 und 4 KEV</p>
DI-44	<p>The licensee shall establish design provisions for monitoring the host environment.</p>	<p>Art. 66 KEV Kap. 6.1 ENSI-G03</p>
DI-45	<p>The licensee shall incorporate passive safety features for operational safety into the design of the disposal facility as far as reasonably practicable.</p>	<p>Art. 10 Ziff. 1 Bst. i KEV</p>

DI-46	The licensee shall design the equipment of the disposal facility to take account of radiation protection aspects, ease of maintenance and inspection, and minimization of the probability and consequences of anticipated operational occurrences and, as far as practicable, possible accidents during handling.	Art. 27 KEV Kap. 5.1 Bst. a, b und d ENSI-G03
DI-47	Before starting construction, the licensee shall establish a baseline state of the environment both for supporting the monitoring program and for evaluating the impact of the facility on the environment.	Kap. 6.1 Bst. b und e ENSI-G03
DI-48	Before starting construction, the licensee shall define and document a systematic monitoring program to be implemented during construction, commissioning, operation, decommissioning and closure, and as appropriate after closure.	Art. 68 KEV Kap. 6.1 ENSI-G03
DI-49	The licensee shall ensure that the monitoring program contributes to: <ul style="list-style-type: none"> • Demonstrating adequate protection of people and the environment and demonstrating compliance with the regulatory requirements and licence conditions; • Confirming that the disposal facility and system behaves and evolves as expected in the safety case; • Building confidence in and refining the key assumptions and models made in the safety case; • Enhancing understanding of the environmental conditions and of the functioning of the disposal system; • Acquiring information for supporting decision-making and; • Providing background information for any post-closure surveillance program. 	Art. 38 und 39 KEG Art. 66 KEV Kap. 6.1 Bst. b, Kap. 6.2 Bst. a, Kap. 9.2 Bst. d ENSI-G03
DI-50	The licensee shall construct the disposal facility in accordance with the design as described in the safety case and by application of appropriately proven techniques.	Art. 16 und 18 KEG Art. 7 und 65 KEV Kap. 9 Bst. d, Kap. 9.2 Bst. d ENSI-G03
DI-51	The licensee shall construct the disposal facility in such a way as to preserve the post-closure safety functions of the host environment.	Art. 35 Ziff. 2 Bst. a KEG Art. 67 KEV Kap. 5.1 Bst. g, Kap. 8.1 Bst. a und Kap. 8.1.2 Bst. a ENSI-G03

DI-52	In order to refine the assumptions of the safety case, the licensee shall gather information during construction to improve the knowledge of: <ul style="list-style-type: none"> • The intrinsic properties of the host environment • The response of the host environment to the presence of the disposal facility. 	Kap. 6.1 Bst. b und f ENSI-G03
DI-53	The licensee shall plan, assess, document and implement any modifications of design, construction procedures and methods using arrangements consistent with the importance to safety of the modification. These arrangements shall ensure that the modifications will not have an unacceptable effect on operational and post-closure safety.	Art. 26, 27 und 40 KEV
DI-54	The licensee shall operate the facility in accordance with the conditions of the licence and the relevant regulatory requirements so as to maintain safety during the operational phase, and so as to establish and preserve the post-closure safety functions claimed in the safety case.	Art. 20 KEG Kap. 5.1 Bst. d und Kap. 5.2.2 Bst. a ENSI-G03
DI-55	The licensee shall make and implement arrangements to detect and respond to anticipated operational occurrences and possible accidents. Provisions for doing so shall not unacceptably affect operational or post-closure safety.	Art. 8 KEV Kap. 5.1 Bst. d und Kap. 9.1 Bst. f ENSI-G03
DI-56	In order to refine the assumptions of the safety case, the licensee shall continue to gather information during operation to improve the knowledge of: <ul style="list-style-type: none"> • The intrinsic properties of the host environment; • The response of the host environment to the presence of the disposal facility. 	Art. 66 KEV Kap. 6.1, Kap. 9 Bst. d und Kap. 9.2 Bst. d ENSI-G03
DI-57	The licensee shall establish, substantiate, document and implement operational limits and conditions (OLCs) to operate the disposal facility safely, to maintain the waste in a safe state during operation and to ensure compliance with the requirements for post-closure safety.	Anhang 3 KEV Kap. 7.2 Bst. a ENSI-G03
DI-58	The licensee shall make adequate arrangements for commissioning and operation of the disposal facility including arrangements for receiving, handling and emplacement of waste before these activities are commenced.	Art. 29 KEV Kap. 7.2 ENSI-G03

DI-59	Before starting the emplacement of any waste, the licensee shall review the plan for decommissioning, closure and post-closure activities.	Kap. 7.6 Bst. a. ENSI-G03
DI-60	The licensee shall ensure that any modifications to the disposal facility will not have an unacceptable effect on operational and post-closure safety.	Art. 27 und 33 sowie Anhang 3 KEV Kap. 9 ENSI-G03
DI-61	The licensee shall plan, assess, document and implement any modifications of design, waste acceptance criteria, structures, systems and components (SSCs), operational limits and conditions (OLCs) and operational procedures and methods using arrangements consistent with the importance to safety of the modifications.	Art. 65 KEG Art. 27, 33 und 40 sowie Anhang 3 KEV Kap. 7.2 und 9 ENSI-G03
DI-62	The licensee shall prepare and implement an on-site emergency plan to respond to possible accidents requiring protection of the personnel and members of the public. This emergency plan shall be proportionate to the consequences of the possible accidents considered and shall provide for: <ul style="list-style-type: none"> • Regaining control of the disposal facility in an emergency; • Preventing or mitigating the consequences of any such emergency; <p>If an off-site emergency plan is required, the licensee shall provide the technical basis for its development and implementation.</p>	Art. 5, 7, 8 und 30 KEV Art. 125 StSV Kap. 5.1 ENSI-G03 ENSI-B12
DI-63	For the purposes of emergency planning the licensee shall, as appropriate: <ul style="list-style-type: none"> • Establish and implement the necessary organizational structure for clear allocation of responsibilities and authorities, • Ensure that, based on the on-site emergency plan, appropriate trained and qualified personnel, facilities and equipment needed to control an emergency will be available whenever they might be required, and • Establish arrangements as necessary for coordinating emergency activities and cooperating with external response organizations throughout all phases of an emergency. 	Art. 20 KEG Anhang 3 KEV ENSI-B12

DI-64	The licensee shall submit the on-site emergency plan to the regulatory body. At regular intervals, the licensee shall carry out emergency exercises, some of which shall be witnessed by the regulatory body. Some of these exercises shall, as appropriate, include the participation of external emergency response organizations. The plan shall be subject to review and updating in the light of the experience gained.	ENSI-B11
DI-65	The licensee shall establish and implement programs for maintenance, periodic testing and inspection, based on written procedures in order to ensure and confirm that structures, systems and components (SSCs) are able to function in accordance with the requirements for operational and post-closure safety.	Art. 22 KEG Art. 32 KEV
DI-66	The licensee shall record and assess the results of maintenance, periodic testing and inspection, important to safety. Results derived from these programs shall be used to review the adequacy of the design, construction and operation of the disposal facility and to identify any implications for post-closure safety.	Art. 33 KEV
DI-67	At regular intervals, the licensee shall review and as necessary revise programs for maintenance, periodic testing and inspection to incorporate the lessons learned from experience.	Art. 33 KEV
DI-68	The licensee shall close the disposal facility in such a way as to provide for the safety functions required after closure.	Art. 39 KEG Art. 67 und 69 KEV Kap. 7.6 ENSI-G03

DI-69	<p>Before starting decommission and closure, the licensee shall define the corresponding program so that it takes into account, as appropriate:</p> <ul style="list-style-type: none"> • The state of the facility, as constructed and operated including information on waste inventory and emplacement; • Dismantling and removal of operational equipment; • Remaining backfilling and sealing; • Decommissioning of auxiliary structures, e.g. parts of the facility on the surface; • Environmental remediation as required; • Programs for monitoring and surveillance; • Programs for security and safeguards; • Plans for preserving knowledge and records about the waste disposed of and the disposal system. 	<p>Art. 13 Abs. 1 Bst. c, Art. 16 Abs. 1 Bst. e, Art. 22 Abs. 2 Bst. k KEG Art. 42, 45 und 67 KEV Kap. 7.3, 7.6, 6.1, 6.3, 10 und 11 ENSI-G03 Kap. 5.4.9 ENSI-G17</p>
DI-70	<p>The licensee shall perform decommissioning and closure activities in accordance with the national legal and regulatory framework so as to maintain safety during de-commissioning and closure, and so as to establish and preserve the post-closure safety functions claimed in the safety case.</p>	<p>Art. 13, 22 und 26 KEG Art. 69 KEV Kap. 7.6 ENSI-G03</p>
DI-71	<p>The licensee shall plan, assess, document and implement any modifications in the decommissioning and closure procedures and methods using arrangements consistent with the importance to safety of the modifications.</p>	<p>Art. 65 KEG Art. 27 und 40 KEV</p>
DI-72	<p>After closure and until termination of the license, the licensee shall implement a post-closure surveillance program, if appropriate. In the event that surveillance demonstrates the need for re-medial actions, the licensee shall implement such actions in accordance with the licence.</p>	<p>Art 39 KEG Kap. 7.6.1 Bst. e ENSI-G03</p>

DI-73	<p>As a condition for the termination of the licence, the licensee shall:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demonstrate that the results of any surveillance program are consistent with the assumptions of the safety case, to the satisfaction of the regulatory body; • Propose any restrictions on land use, suggest and substantiate the way they shall be implemented, or any other measures deemed appropriate for the post-licensing phase. 	<p>Art. 39 und 40 KEG Art. 66 und 70 KEV Kap. 6.1 ENSI-G03</p>
DI-74	<p>The licensee shall contribute to the safe management of the waste by establishing preliminary waste acceptance criteria at the earliest opportunity. The licensee shall update such preliminary waste acceptance criteria to reflect the development of the disposal project.</p>	<p>Kap. 7.2 Bst. a ENSI-G03</p>
DI-75	<p>Prior the start of waste emplacement, the licensee shall specify waste acceptance criteria so as to ensure the conformity of individual waste consignments to the safety case and other aspects of the disposal arrangements. The waste acceptance criteria shall be consistent with the operational and post-closure safety case and shall be reported to the regulatory body, for approval if appropriate.</p>	<p>Art. 37 KEG Kap. 7.2 Bst. a bis c ENSI-G03</p>
DI-76	<p>The licensee shall ensure that waste acceptance criteria specify limits on important parameters such as radionuclide inventories and activity concentrations in individual waste consignments. Appendix 2 presents further details of the typical content for low and intermediate level waste.</p>	<p>Art. 37 KEG Kap. 7.2 Bst. a bis c ENSI-G03</p>
DI-77	<p>The licensee shall specify criteria to ensure that waste accepted for disposal is physically and chemically stable over a timescale consistent with the safety case and compatible with other components of the disposal facility.</p>	<p>Art. 37 KEG Kap. 4.2.1.5 und 4.2.1.6 ENSI-B05 Kap. 7.2 Bst. b und f ENSI-G03</p>
DI-78	<p>The licensee shall report changes to waste acceptance criteria to the regulatory body, for approval if appropriate. The licensee shall substantiate the consistency of any changes with the assumptions made in the safety case.</p>	<p>Kap. 7.2 Bst. c und d ENSI-G03</p>

DI-79	The licensee shall ensure that the waste accepted for disposal conforms to waste acceptance criteria. A conformity assessment shall be performed in accordance with written arrangements which include administrative procedures, inspections and/or tests.	Kap. 7.2 Bst. d ENSI-G03
DI-80	The licensee shall provide a system for tracing the location in the disposal facility of any waste disposed of.	Kap. 11 Bst. i ENSI-G03
DI-81	To provide an adequate level of assurance that waste characteristics conform to the waste acceptance criteria, the licensee shall satisfy itself that the management system of the organization submitting waste for disposal appropriately addresses waste quality issues.	Kap. 4.4 ENSI-B05
DI-82	The licensee shall establish procedures for dealing with waste that does not conform to waste acceptance criteria, and shall not accept such waste unless acceptability with regard to operational and post-closure safety has been demonstrated on a case by case basis.	Kap. 7.2 Bst. b und d ENSI-G03
DI-83	The licensee shall provide to the regulatory body a safety case substantiating that operational and post-closure safety requirements as specified in the national legal and regulatory framework are met. The licensee shall update the safety case in accordance with regulatory requirements.	Kap. 9 ENSI-G03
DI-84	The licensee shall provide assurance through the safety case that workers, members of the public and the environment are and will remain adequately protected against the hazards associated with the waste being disposed of.	Kap. 4.1 und 9 ENSI-G03
DI-85	The licensee shall include in the safety case, a safety assessment that demonstrates conformity with the safety requirements. The licensee shall also present an evaluation of the technical feasibility of the design and the construction, operation, decommissioning, closure and post-closure activities.	Art. 11 KEV Kap. 5 und Kap. 9 Bst. a ENSI-G03

DI-86	<p>The licensee shall include in the safety assessment for the operational and post-closure phases:</p> <ul style="list-style-type: none"> • An evaluation of the performance and robustness of the disposal facility and system and its components; • An evaluation of the radiological impact. 	<p>Kap. 9.2.1 Bst. a Ziff. 3 und Kap. 9.2.2 Bst. b ENSI-G03</p>
DI-87	<p>The licensee shall describe in the safety case all safety important aspects of the disposal facility and system including the waste to be disposed of, the design, the construction, operation, closure, decommissioning and post-closure activities. The typical content of a safety case is given in Appendix 3.</p>	<p>Kap. 9 ENSI-G03</p>
DI-88	<p>The licensee shall in the safety case take due consideration to future human actions including inadvertent human intrusion. Such consideration should focus on reducing the likelihood and potential consequences of inadvertent human intrusion. Any measures taken to prevent inadvertent human intrusion must not compromise the operational safety of the disposal facility and the post-closure safety of the disposal system.</p>	<p>Art. 40 KEG Art. 70 KEV Kap. 6.3 und Kap. 9.2.4 Bst. a und b ENSI-G03</p>
DI-89	<p>The licensee shall ensure that the safety case provides a clear understanding of the safety arguments, is suitably comprehensive and documented with a content and level of detail appropriate to the step reached in the disposal facility development.</p>	<p>Kap. 9 Bst. b und Kap. 11 Bst. d und i ENSI-G03</p>
DI-90	<p>The licensee shall ensure that the safety case provides clarity, substantiation and traceability of the assumptions, choices and decisions made.</p>	<p>Kap. 4.4 Bst. a bis c, Kap. 9 Bst. c und Kap. 11 Bst. d und e ENSI-G03</p>
DI-91	<p>The licensee shall ensure that the safety case adequately reflects the factors (e.g. features, events and processes) that influence safety and their significance.</p>	<p>Art. 33 KEV Kap. 9.2.1 Bst. c ENSI-G03</p>
DI-92	<p>The licensee shall identify all uncertainties significant to safety and shall demonstrate that these uncertainties are adequately taken into account in the safety case. As part of the safety case, the licensee shall describe a program for uncertainty management.</p>	<p>Kap. 9 Bst. c, Kap. 9.2 Bst. b, Kap. 9.2.1 Bst. a und Kap. 9.2.2 Bst. c ENSI-G03</p>
DI-93	<p>The licensee shall ensure that the safety case shows that the principle of optimization has been addressed in relevant choices and decisions on the disposal system.</p>	<p>Kap. 4.4 ENSI-G03</p>

DI-94	The licensee shall present as part of the safety case the program, plans and provisions for closure of the disposal facility and for any post-closure activities. The program, plans and provisions shall be revised and updated as appropriate.	Art. 22 Bst. k KEG Art. 42 KEV Kap. 7.6 und Kap. 9 Bst. e ENSI-G03
DI-95	The licensee shall describe in the safety case the management system, including the principles on which it is based, and how it will evolve during future phases of development, operation and closure of the disposal facility.	Kap. 11 ENSI-G03 ENSI-G07
DI-96	The licensee shall include in the safety case, subject to a graded approach, a synthesis of multiple lines of reasoning regarding post-closure safety and an evaluation of the level of confidence reached.	Kap. 9 ENSI-G03 Kap. 4.2 ENSI-G07
DI-97	The licensee shall update the safety case to reflect current knowledge and submit it to the regulatory body <ul style="list-style-type: none"> • in support of applications for major regulatory decisions; • as a result of major changes relevant to safety (e.g. in basic assumptions); • at least at regular (periodic) intervals as defined in the national legal and regulatory framework. 	Kap. 9 ENSI-G03
DI-98	The licensee shall update the safety case to reflect as a minimum: <ul style="list-style-type: none"> • Changes to regulatory requirements and standards; • Results from surveillance programs; • Changes to the radioactive waste inventory to be disposed of; • Results from analysis of operational occurrences and accidents; • Results of the periodic safety reviews; as soon as reasonably practicable and in accordance with the safety importance of the improved knowledge.	Art. 33 KEV Kap. 9 Bst. c und e sowie Kap. 9.2 Bst. d ENSI-G03 ENSI-G08
DI-99	The licensee shall use the safety case as the basis for assessing the safety implications of changes to the disposal facility and system.	Art. 65 KEG Art. 40 KEV

DI-100	The licensee shall consider in the operational safety assessment, both occupational exposure and public exposure resulting from normal operation, and anticipated operational occurrences and possible accidents.	Kap. 9.1 ENSI-G03
DI-101	The licensee shall include in the post-closure safety assessment a scenario analysis that considers the possible features, events and processes that might affect the performance of the disposal system, including events of low probability.	Kap. 9.2.1 Bst. c ENSI-G03
DI-102	The licensee shall determine in the assessment whether adequate defence in depth has been provided, as appropriate, through a combination of several layers of protection (e.g. safety function provided by physical barriers, systems to protect the barriers, and administrative procedures) that would have to fail or to be bypassed before there could be any consequences for people or the environment.	Art. 11 KEV Kap. 5.2.2 Bst. a und b ENSI-G03
DI-103	The licensee shall substantiate the timescale over which the safety assessment is carried out in the safety case.	Kap. 9.2.1 Bst. a bis c ENSI-G03
DI-104	The licensee shall assess the possible evolution of the criticality hazard after closure in the light of long-term uncertainties.	Kap. 5.1 Bst. c, Kap. 9 Bst. c und Kap. 9.2.1 Bst. a ENSI-G03
DI-105	In the safety assessment, the licensee shall only use models and computer codes that have undergone verification and, to the extent possible, validation.	Kap. 9 Bst. c sowie Kap. 9.2.1 Bst. b ENSI-G03
DI-106	The licensee shall carry out at regular intervals a review of the operational and post-closure safety of the facility (periodic safety review – PSR), to confirm compliance with licensing requirements. The frequency of the review shall be established by the national legal and regulatory framework (e.g. every ten years).	Art. 22 KEG Art. 33 KEV Kap. 9 Bst. d ENSI-G03

DI-107	<p>The licenses shall define, substantiate and submit to the regulator the scope of the Periodic Safety Review and shall ensure that, as a minimum, the following are taken into account in the PSR:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Review and analysis of operational experience; • Review of operating experience in radiation protection aspects; • Review of the waste acceptance criteria and waste quality controls; • Review of knowledge and experience of aspects affecting post-closure safety; • Review of the assumptions made in the safety case to confirm that they are still valid; • Review of compliance with current regulatory requirements. <p>...</p>	<p>Art. 22 Abs. 2 Bst. f KEG Art. 33 KEV Kap. 6.1, 6.2, 7.2 und 7.6, Kap. 9 Bst. a, b, d und e, Kap. 9.2 Bst. d sowie Kap. 9.2.1 ENSI-G03</p>
DI-108	<p>The licensee shall document the results of the PSR, and derive and implement an action plan for all reasonably practicable improvements to safety.</p>	<p>Art. 22 Bst. i KEG Art. 41 und Anhang 3 KEV Art. 124 StSV</p>