



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

Berechnung der Strahlenexposition in der Umgebung aufgrund von Emissionen radioaktiver Stoffe und der Direktstrahlung aus Kernanlagen

Ausgabe **Monat Jahr**

Erläuterungsbericht zur Richtlinie

ENSI-G14/deutsch (Original)

Inhalt

Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen

ENSI-G14/deutsch (Original)

1	Ausgangslage	1
2	Harmonisierung mit internationalen Anforderungen	2
2.1	IAEA	2
2.2	WENRA	2
2.3	ICRP	3
3	Aufbau der Richtlinie	4
4	Erläuterungen zu einzelnen Kapiteln der Richtlinie	4
	Zu Kapitel 2 „Rechtliche Grundlagen“	4
	Zu Kapitel 3 „Gegenstand und Geltungsbereich“	5
	Zu Kapitel 4 „Strahlenexposition in der Umgebung für den Normalbetrieb (SE1) und bei Betriebsstörungen (SE2): Kurzzeitabgaben“	6
	Zu Kapitel 5 „Strahlenexposition in der Umgebung für den Normalbetrieb (SE1) und bei Betriebsstörungen (SE2): Langzeitabgaben“	12
	Zu Kapitel 6 „Potenzielle Strahlenexpositionen in der Umgebung (Auslegungsstörfälle SE3 und auslegungsüberschreitende Störfälle SE4)“	16
	Zu Kapitel 7 „Übergangsfrist“	21
	Zu Anhang 1 „Aktivitätstransport in der Luft, Ablagerung auf den Bodenoberflächen und Migration der Aktivität in die Nahrungskette“	22
	Zu Anhang 2 „Berechnung der Dosen für die repräsentativen Personen in der Umgebung“	27
	Zu Anhang 3 „Für die Berechnungen zu verwendende Parameter“	29
	Zu Anhang 4 „Begriffe (gemäss ENSI-Glossar)“	29

1 Ausgangslage

Die Richtlinie ENSI-G14 entstand Ende 2008 aus der Richtlinie HSK-R-41 und wurde einer Revision unterzogen. Der Stand der Technik und der Gesetzgebung bezüglich Ausbreitungs- und Dosisberechnungen für Personen in der Umgebung hat sich seither weiterentwickelt. Insbesondere erschienen in der Zwischenzeit diverse neue, auf der ICRP-Publikation 103 (2007) aufbauende Publikationen, die Basic Safety Standards der IAEA wurden im Jahr 2014 als General Safety Requirements, GSR Part 3 überarbeitet und neu herausgegeben und verschiedene IAEA Safety Guides und Reports, auf welchen die Richtlinie ENSI-G14, Ausgabe Februar 2008, aufbaute, wurden in der Zwischenzeit ausser Kraft gesetzt oder ersetzt.

Auf nationaler Ebene trat Anfang 2018 die totalrevidierte Strahlenschutzverordnung StSV (SR 814.501) in Kraft und 2019 wurde auch die Kernenergieverordnung in für die Richtlinie ENSI-G14 signifikanten Teilen teilrevidiert.

Mit der vorliegenden Neuausgabe wird die Richtlinie ENSI-G14 auf den aktuellen Stand der Technik bei prospektiven Ausbreitungsrechnungen im Rahmen von geplanten Expositionssituationen gebracht, und die Strahlenschutzverordnung vom 26. April 2017 und die teilrevidierte Kernenergieverordnung werden berücksichtigt.

Die bisherigen Erfahrungen in der Vergangenheit zeigten, dass die Kommunikation der den Berechnungen nach der Richtlinie ENSI-G14, Ausgabe Februar 2008, zugrundeliegenden Hintergründe und Annahmen teilweise schwierig und zeitaufwändig war. Eine bessere Kommunizierbarkeit der vornehmlich für normale und potenzielle Expositionen (Begriffsdefinition gemäss ICRP-103, Kap. 6.1.3, „Potential Exposures“), d. h. der in geplanten Expositionssituationen zu verwendenden Modelle, Parameter und Annahmen für die Berechnungen sowie die damit resultierenden Konservativitäten soll durch eine deutliche Ausweitung der Erklärungen im vorliegenden Erläuterungsbericht erreicht werden. Damit sollen auch Missverständnisse und Fehlinterpretationen bei der Anwendung der bisherigen Richtlinie geklärt werden.

Zudem integriert die vorliegende ENSI-G14 die nach der Verabschiedung der Richtlinie ENSI-G12 übrigen verbleibenden Strahlenschutzziele für die Umgebungsbevölkerung aus der Richtlinie ENSI-G15, Ausgabe November 2010, welche mit der Verabschiedung der Richtlinie ENSI-G14 zurückgezogen wird. Dies umfasst insbesondere auch die Festlegung des quellenbezogenen Dosisrichtwerts, sofern dieser von der Bewilligungsbehörde bei existierenden Anlagen nicht in der Rahmen- oder Betriebsbewilligung bereits festgesetzt wurde.

2 Harmonisierung mit internationalen Anforderungen

2.1 IAEA

Für den Strahlenschutz und somit auch für die ENSI-G14 von grundlegender Bedeutung sind die IAEA Safety Requirements in:

- IAEA Safety Standard GSR Part 3, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: The International Basic Safety Standards, 2014

Eine Wiederholung der Requirements von GSR Part 3 findet sich in weiteren Veröffentlichungen der IAEA.

Unter den IAEA Safety Guides ist primär der folgende Guide massgebend:

- IAEA Safety Standard GSG-10, Prospective Radiological Environmental Impact Assessment for Facilities and Activities, 2018

Daneben zu erwähnen sind die beiden eng damit gekoppelten IAEA Safety Guides:

- IAEA Safety Standard GSG-8, Radiation Protection of the Public and the Environment, 2018
- IAEA Safety Standard GSG-9, Regulatory Control of the Radioactive Discharges to the Environment, 2018

Im Anhang 1 dieses Erläuterungsberichts wird aufgezeigt, wie die Empfehlungen aus GSR Part 3 (und damit auch der spezifischeren IAEA Requirements) im Schweizer Regelwerk berücksichtigt wurden.

2.2 WENRA

In den Safety Reference Levels (SRL) der Western European Nuclear Regulators Association (WENRA) werden Ausbreitungs- und Dosisberechnungen für die Umgebungsbevölkerung aus Abgaben an die Umgebung und Direktstrahlung nur am Rande und indirekt in folgenden Issues erwähnt:

- E: Design Basis Envelope for Existing Reactors (E1.1, E4.1 und E7.1)
- F: Design Extension of Existing Reactors (F1.1)

Die SRL haben indirekte Auswirkungen auf die Inhalte der ENSI-G14 indem darin radiologische Kriterien für die Umgebungsbevölkerung gefordert werden, deren Einhaltung mit den Berechnungsmethoden und Vorgaben der ENSI-G14 überprüft werden.

Im Anhang 2 dieses Erläuterungsberichts sind die relevanten WENRA Safety Reference Levels aufgeführt und es wird aufgezeigt, welche Kapitel der Richtlinie für deren Überprüfung notwendig sind.

2.3 ICRP

Die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) ist das weltweit anerkannte Gremium, welches die grundlegenden Empfehlungen hinsichtlich des Strahlenschutzes auf wissenschaftlicher Basis erarbeitet und publiziert. Die Publikationen anderer relevanter internationaler und nationaler Gremien (IAEA, WHO etc.) nehmen Bezug auf die aktuell gültigen Empfehlungen der ICRP. Unter anderem setzen auch die Strahlenschutzgesetzgebung und die Kernenergiegesetzgebung die massgebenden Empfehlungen der ICRP vollständig um. Folgende ICRP-Veröffentlichungen wurden zusätzlich in der Richtlinie ENSI-G14 berücksichtigt:

- ICRP Publication 101 a, Assessing Dose of the Representative Person for the Purpose of the Radiation Protection of the Public, 2006
- ICRP Publication 103, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, 2007

Die ICRP Publication 103 löste im Jahr 2007 die Empfehlungen der ICRP Publication 60 ab und enthält die grundlegenden, internationalen Konzepte (Grenzwerte, Richtwerte, Referenzwerte), Prinzipien (Rechtfertigung, Begrenzung und Optimierung/ALARA) und Empfehlungen im Strahlenschutz und stellt die Grundlagen des modernen Strahlenschutzes zusammen.

- ICRP Publication 64, Protection from Potential Exposure: A Conceptual Framework, 1993

Die ICRP Publication 64 basierte noch auf den Grundlagen der ICRP Publication 60, die darin zusammengestellten Konzepte sind aber gemäss ICRP Publication 103 weiterhin gültig.

- ICRP Publication 114, Environmental Protection: Transfer Parameters for Reference Animals and Plants, 2009
- ICRP Publication 119, Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60, 2012

Diese Zusammenstellung in der ICRP Publication 119 stellt die aktuell verwendete Datenbank für Dosisfaktoren für Inhalation und Ingestion für beruflich strahlenexponierte Personen und für Personen der Umgebung dar.

- ICRP Publication 124, Protection of the Environment under Different Exposure Situations, 2014

3 Aufbau der Richtlinie

Der Aufbau und Inhalt der Richtlinie ENSI-G14, insbesondere Kapitel 4 bis 6, orientieren sich am IAEA Safety Guide GSG-10, Prospective Radiological Environmental Impact Assessment for Facilities and Activities.

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) und im Bereich Strahlenschutz für Kernanlagen (Art. 37 Abs. 1 StSG i.V.m. Art. 184 Abs. 3 StSV). 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 ausdrücklichen Auftrags an das ENSI in einer Verordnung. Dennoch finden sich in den Verordnungen zum Kernenergiegesetz und Strahlenschutzrecht verschiedene solche Aufträge.

Kapitel 3 umfasst die Darlegung des Gegenstands und des Geltungsbereichs.

Kapitel 4 beschreibt die Methodik und die zu beachtenden Randbedingungen bei der Berechnung der Strahlenexposition im Normalbetrieb und bei Betriebsstörungen für Kurzzeitabgaben.

Kapitel 5 beschreibt die Methodik und die zu beachtenden Randbedingungen bei der Berechnung der Strahlenexposition im Normalbetrieb und bei Betriebsstörungen für Langzeitabgaben.

Kapitel 6 beschreibt die Methodik und die zu beachtenden Randbedingungen bei der Berechnung der Strahlenexposition für potenzielle Strahlenexpositionen, d. h. insbesondere für Auslegungstörfälle auf Sicherheitsebene SE3 und auslegungsüberschreitende Störfälle auf Sicherheitsebene SE4.

Die Richtlinie ENSI-G14 umfasst zudem drei Anhänge mit den Vorgaben der für die Berechnungen benötigten Formeln und Parameter. Die zu verwendenden Parameterwerte und weitere Erklärung der Formeln wurden in eine separate Beilage zur Richtlinie ENSI-G14 ausgelagert. Ein vierter Anhang enthält Begriffsbestimmungen.

4 Erläuterungen zu einzelnen Kapiteln der Richtlinie

Zu Kapitel 2 „Rechtliche Grundlagen“

Nach Art. 7 Abs. 3 StSV ist es die Bewilligungsbehörde, die gemäss Art. 11 StSV entscheidet, ob quellenbezogene Dosisrichtwerte für die Bevölkerung erforderlich sind und die diese in der Bewilligung festlegt. Für bereits bewilligte Tätigkeiten, für die dies nicht erfolgt ist, kann die Aufsichtsbehörde gemäss Art. 184 StSV quellenbezogene Dosisrichtwerte festlegen. Dies ist

insbesondere von Bedeutung, weil für die existierenden Kernanlagen in den unbefristeten Bewilligungen durch den Bundesrat oder das UVEK damals keine quellenbezogene Dosisrichtwerte festgelegt wurden, diese aber sowohl hinsichtlich Abgabelimittierung als auch bei Störfallbetrachtungen im Rahmen der Auslegung grundlegend sind.

Art. 11 StSV legt das ENSI als Bewilligungsbehörde in Kernanlagen für alle Tätigkeiten gemäss StSV fest, welche nicht der Bewilligungspflicht oder einer Stilllegungsverfügung nach Kernenergiegesetzgebung unterstehen. Insbesondere betrifft dies die Abgabe von radioaktiven Abfällen an die Umwelt (Art. 11 Abs. 2 Bst. e StSV). Für alle anderen Tätigkeiten gemäss StSV ist das BAG die Bewilligungsbehörde. Dies ist insbesondere für Anlagen wichtig, die sowohl Anlagen unter der Kernenergiegesetzgebung als auch unter der Strahlenschutzgesetzgebung betreiben (z. B. das Paul Scherrer Institut PSI).

Die Zuständigkeiten in den Aufsichts- resp. Bewilligungsbereichen von BAG und ENSI für die Ermittlung von Strahlenexpositionen in der Umgebung von Betrieben/Anlagen mit einer Abgabebewilligung sind gemäss Art. 23 Abs. 1 StSV festgelegt. Art. 23 Abs. 2 StSV definiert dabei eine Richtlinienkompetenz des ENSI.

Art. 112 StSV legt für die Abgabe radioaktiver Stoffe über Abluft und Abwasser fest, dass die Abgaberraten und die Abgabekonzentration so festzulegen sind, dass der quellenbezogene Dosisrichtwert und die Immissionsgrenzwerte gemäss Art. 24 StSV nicht überschritten werden. Da die Kernenergiegesetzgebung keine anderslautenden Regelungen bezüglich Abgabelimittierung enthält, ist gemäss Art. 2 KEG dieser Artikel auch für Kernanlagen anwendbar. Die für die Festlegung und Überprüfung von Abgaberraten und Abgabekonzentrationen (Abgabelimittieren) notwendige Rechenmodelle sind in der ENSI-G14 spezifiziert.

Bei der Auslegung von Betrieben schreibt Art. 123 Abs. 2 StSV die einzuhaltenden Anforderungen und Dosiskriterien fest. Gemäss Art. 123 Abs. 5 StSV ist die Aufsichtsbehörde für die Festlegung der Methodik und der Randbedingungen für die Störfallanalyse zuständig, was das ENSI in seinem Aufsichtsbereich mit der Richtlinie ENSI-G14 ausführt.

Zu Kapitel 3 „Gegenstand und Geltungsbereich“

Die Richtlinie ENSI-G14 legt, basierend auf dem IAEA Safety Guide GSG-10, die zu verwendende Methodik und die zu beachtenden Randbedingungen für Ausbreitungs- und Dosisberechnungen fest, welche in der Regel prospektiv im Rahmen geplanter Expositionssituationen (Normalbetrieb und potenzielle Strahlenexpositionen bei Auslegungsstörfällen) durchzuführen sind.

Gemäss ICRP-Veröffentlichung 103 ist der Grundsatz der Optimierung für alle Expositionssituationen und -kategorien anzuwenden, also auch für geplante und potenzielle Strahlenexpositionen. Die Richtlinie ENSI-G14 legt dabei die Methodik und die zu beachtenden Randbedingungen für allfällige Dosisberechnungen im Rahmen der Optimierung fest. Dies ist in Übereinstimmung mit dem Safety Guide GSG-10 Paragraph 1.22, der besagt *This Safety Guide does not address the process of 'iteration and design optimization' ... however, a radiological*

environmental impact assessment as described in this Safety Guide can serve as an input for that process. Dementsprechend macht die Richtlinie ENSI-G14 keine Vorgabe, wie der Optimierungsprozess abzulaufen hat.

Retrospektive Berechnungen mit den Modellen der Richtlinie ENSI-G14 aufgrund tatsächlich erfolgter Abgaben erfolgen beweisichernd im Rahmen der regelmässigen Berichterstattung zum Betrieb der Anlagen. Dies gilt ebenfalls für Anlagen mit einer Vielzahl von verschiedenen Abgabestellen am Standort (z. B. das PSI), für die die Abgabelimittierung nicht über Aktivitätsgrenzwerte, sondern direkt über den quellenbezogenen Dosisrichtwert vorgegeben ist. Weiterhin dienen sie auch dem Nachweis, dass ein Betrieb ausreichende Massnahmen zur Optimierung der radioaktiven Abgaben getroffen hat.

Die generischen und bewusst konservativ gewählten Methoden, Randbedingungen und Parameter dieser Richtlinie zur Ausbreitungs- und Dosisberechnung, sind ausschliesslich zur Überprüfung der gesetzlichen Vorgaben (Compliance-Überprüfung) vorgesehen. In Anlehnung an internationale Vorgaben (v.a. nach IAEA Safety Standard GSR Part 3) sind sie für die Berechnung von geplanten Expositionssituationen (inkl. Potenzieller Expositionssituationen) anzuwenden. Der Nachweis, dass Dosisrichtwerte und -kriterien eingehalten sind, hat nach denselben Regeln zu erfolgen.

Zu Kapitel 4 „Strahlenexposition in der Umgebung für den Normalbetrieb (SE1) und bei Betriebsstörungen (SE2): Kurzzeitabgaben“

Zu Kapitel 4.1 „Regeln und Annahmen für die Ausbreitung freigesetzter radioaktiver Stoffe“

Zu Kapitel 4.1.1 „Luftgetragene Emissionen“

Zu Kapitel 4.1.1.1 „Transport in der Luft“

Zu Bst. a: Der IAEA Safety Guide GSG-10 sieht für relativ einfache Geländestrukturen und für Distanzen bis maximal 10 – 20 km vom Abgabeort weiterhin ein Gausssches Dispersionsmodell vor. Diese Bedingungen sind für die schweizerischen Anlagen in der Regel erfüllt, so dass auf komplexere Dispersionsmodelle (Lagrange etc.) verzichtet werden kann. Da im Normalbetrieb von einer Abgabe über Kamin/Abluftschacht ausgegangen werden kann und sich der Hauptaufschlagpunkt am Boden so weit weg vom Abgabeort befinden kann, dass die Geländestruktur einen Einfluss hat, muss die Orographie des umliegenden Geländes berücksichtigt werden.

Sollen davon abweichende Modelle verwendet werden, verlangt die Richtlinie eine Begründung sowie die Zustimmung der Aufsichtsbehörde.

Zu Bst. b: Mit der Vorgabe von konstanten Wetterverhältnissen während 24 Stunden und einer niedrigen, höhenunabhängig angenommenen Windgeschwindigkeit von 1 m/s sowie ungünstigster Windrichtung und Wetterkategorie wird eine konservative Ermittlung der anschliessend verwendeten Kurzzeitausbreitungsfaktoren χ_K und submersionskorrigierten Kurzzeitausbreitungsfaktoren $\chi_{K,S}$ sichergestellt. Kleinere Windgeschwindigkeiten als 1 m/s würden zwar rein gemäss den Formeln für eine Gauss'sche Ausbreitung zu ungünstigeren Ausbreitungsfaktoren führen, dabei ist aber zu beachten, dass kleine Windgeschwindigkeiten auch eine höhere Schwankungsbreite in der Windrichtung und damit eine Verbreiterung der Wolke bedeuten. Es wird angenommen, dass sich diese beiden Effekte für Geschwindigkeiten von weniger als 1 m/s kompensieren.

Zu Kapitel 4.1.1.2 „Ablagerung auf Boden und Pflanzen“

Zu Bst. a: Gemäss vorliegender Richtlinie muss für die Berechnungen von einer gleichzeitig erfolgenden trockenen und nassen Ablagerung mit den Vorgaben gemäss Bst. b ausgegangen werden. Die Betrachtung einer rein trockenen Ablagerung, wie es in der Vorversion der Richtlinie ENSI-G14 verlangt wurde, kann entfallen, da diese immer günstiger ist als eine gleichzeitig erfolgende trockene und nasse Ablagerung der Stoffe während der Freisetzung.

Zu Bst. b: Mit der Vorgabe von konstanten Wetterverhältnissen und kleiner Windgeschwindigkeit sowie ungünstigster Windrichtung und Wetterkategorie während einer vorgegebenen Abgabedauer von 24 Stunden wird eine konservative Ermittlung der Ablagerung auf den Boden resp. Auf die Pflanzenoberfläche sichergestellt. Es wird für die Berechnungen angenommen, dass es während 8 Stunden mit der Intensität eines mittleren Landregens (2 mm/h) anschliessend mit einer Intensität von 1 mm/h regnet. Dies entspricht insgesamt einem Niederschlag von 32 l/m² Bodenfläche, d. h. einer Niederschlagsmenge, welche für das Schweizer Mittelland im oberen möglichen Bereich liegt. Nach acht Stunden darf angenommen werden, dass Variationen in den Wetterbedingungen zu einer Halbierung des Washoutfaktors während dem Rest der Zeit führen. Die vorgegebenen Annahmen für die Niederschlagsintensität sind auch für kurze Platzregen abdeckend. Kürzere Abgabedauern sind für normalbetriebliche Kurzzeitabgaben realistischerweise nicht anzusetzen.

Zu Bst. c: Da sich die Kurzzeit-Washout- und -Fallout-Faktoren bei den normalbetrieblichen Kurzzeitabgaben über Kamin allenfalls nur bei grösseren betrieblichen Veränderungen (z. B. Änderungen bei Kaminhöhe und -durchmesser, Ausstossparameter wie Luftvolumen) verändern, müssen sie laut Richtlinie nicht jedes Mal neu bestimmt werden, sondern es können stattdessen für die Schweizer Kernkraftwerke die in Tabelle 6.2 der Beilage zur Richtlinie ENSI-G14 «Für die Berechnungen nach ENSI-G14 zu verwendende Parameter» aufgelisteten Werte verwendet werden.

Zu Kapitel 4.2 „Regeln und Annahmen für die Dosisberechnung“

Zu Kapitel 4.2.1 „Repräsentative Personen“

Zu Bst. a: Das Konzept der «repräsentativen Person» gemäss ICRP-Veröffentlichung 101 a und IAEA Safety Guide GSG-10 (vgl. Definition im Anhang A4 der Richtlinie) ersetzt das bisher verwendete Konzept der «kritischen Person» laut Vorversion der ENSI-G14. Beachtet wurden bei der Festlegung der repräsentativen Personen aus der IAEA Safety Guide GSG-10 für den Normalbetrieb insbesondere die Paragraphen 5.36 und 5.37. Weiterhin wurde auch Paragraph 6.4 (95 %-Perzentil bei der Dosisverteilung) berücksichtigt.

Zu Bst. b Ziff. 1: Distanzen kleiner als 200 m zum Abgabeort und innerhalb des umzäunten Anlageareals sind für Personen der Umgebung von Kernanlagen im Allgemeinen nicht öffentlich zugänglich.

Im öffentlich zugänglichen Bereich ausserhalb des Anlageareals ist davon auszugehen, dass sich Personen dort während ihrer Arbeits- oder Freizeit aufhalten können. Dafür wird eine Zeitdauer von höchstens 8 Stunden pro Tag angenommen. Für die restlichen Zeit wird angenommen, dass sie sich am Ort ihres Lebensmittelpunktes (d. h. in der Regel an ihrem Wohnort) aufhalten und dort ihren üblichen Lebensgewohnheiten nachgehen. Aufgrund der Annahmen in Kapitel 4.1.1.1 und 4.1.1.2 (konstante Wetter-verhältnisse während 24 Stunden) der Richtlinie ist aber davon auszugehen, dass sich während der Freisetzungsphase nur die Distanz zum Abgabeort, nicht aber Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Wetterkategorie verändern.

Laut Richtlinie ENSI-G14 ist zur Dosis durch Inhalation und Submersion ggf. auch ein Dosisbeitrag aus der Direktstrahlung vom Anlagenareal zu addieren, falls dieser mehr als 10 % zur Gesamtdosis für die repräsentativen Personen während der Freisetzungsphase beitragen kann. In aller Regel liegt aber der Beitrag aus Direktstrahlung unter Berücksichtigung der Aufenthaltzeit der repräsentativen Personen unter 10 % und kann somit vernachlässigt werden.

Zu Bst. b Ziff. 2: Bei den existierenden Schweizer (Kern-)anlagen liegen landwirtschaftlich genutzte Gebiete resp. Wohn- und Arbeitsorte, die regelmässig genutzt werden, nicht näher als rund 500 m zu den regulären Abgabestellen (Abgabekamine oder -schächte) und nicht in unbewohnten Gebieten (wie z. B. Waldflächen). Es wird für Personen, die sich während der Bodenphase regelmässig am Ort mit der höchsten Aktivitätsablagerung aufhalten, angenommen, dass sie sich während 8 Stunden pro Tag im Freien ohne Abschirmung und während 16 Stunden pro Tag im Haus mit einem Abschirmfaktor von 0,1 aufhalten – daraus resultiert ein mittlerer Abschirmfaktor k_s von 0,4.

Zu Bst. b Ziff. 3: Als höher exponierte repräsentative Personen in der Umgebung hinsichtlich der Ingestion von kontaminierten Lebensmitteln zu betrachten sind Personen, welche ihren gesamten Lebensmittelbedarf lokal, das heisst aus einem Umkreis von 5 km um die Anlage beziehen. Da für die Rechnung während der Abgabe von invarianten Wetterbedingungen

(Ausbreitungsrichtung, Windgeschwindigkeit, Wetterkategorie etc.) ausgegangen wird, bleibt der grösste Teil der lokal produzierten Lebensmittel unkontaminiert.

Zu Bst. b Ziff. 4: Genaue zeitliche und räumliche Mittelungen der Kontamination der lokal produzierten Lebensmittel sind aufwändig und würden detaillierte Studien der Lebensmittelproduktion in der Umgebung der jeweiligen betrachteten Anlage bedingen. Rein aufgrund der seitlichen Ausdehnung der Ausbreitungsfahne (geometrische Betrachtung) lässt sich aber ableiten, dass konservativ betrachtet maximal ein Gebiet mit einem Öffnungswinkel von 45° entsprechend 1/8 oder 12.5 % des gesamten Umkreises mit der maximalen Kontamination am Hauptaufschlagspunkt belastet sein kann, der Rest des Gebiets wird als nicht kontaminiert angenommen. Dabei ist die radiale Variation der Lebensmittelkontamination in Ausbreitungsrichtung noch nicht berücksichtigt, so dass bei verfeinerter Analyse realistischere die mittlere Lebensmittelkonzentration nochmals deutlich tiefer liegen würde.

In der Regel sind der Ort der höchsten Ablagerung auf den Boden und die Pflanzenoberfläche identisch – trifft diese Annahme in seltenen Fällen nicht zu, so ist es notwendig, dass für die Bestimmung der jeweiligen totalen Ablagerungsfaktoren für die Pflanzenoberfläche ξ'_K resp. für den Boden ξ_K gemäss Anhang A1.2.3 der Richtlinie die respektiven Orte verwendet werden.

In Einzelfällen können einzelne dieser generischen Festlegungen für die repräsentativen Personen (z. B. Mindestdistanzen vom Abgabeort etc.) nicht adäquat sein. In diesen Fällen kann die zuständige Bewilligungsbehörde gemäss Kapitel 3 der Richtlinie die betroffenen Festlegungen anpassen.

Zu Bst. c: Weitergehende Erklärungen zu den angenommenen Lebensgewohnheiten wie Verzehr und Atemraten, Aufenthaltsdauer im Freien etc.) sind der Beilage zur Richtlinie ENSI-G14 «Für die Berechnungen nach ENSI-G14 zu verwendende Parameter» zu entnehmen.

Zu Kapitel 4.2.2 „Expositionspfade“

Neben den Dosisbeiträgen für die radioaktiven Emissionen ist laut Kapitel 4.2.2.1 der Richtlinie zusätzlich ggf. auch der Beitrag der Direktstrahlung aus der Anlage an den Aufenthaltsorten der repräsentativen Personen zu berücksichtigen. Das gemäss Richtlinie ENSI-G14 standardmässig verwendete Dosisberechnungsmodell für radioaktive Emissionen aus Kernanlagen und Betrieben ist in der folgenden Figur illustriert.

Zu Kapitel 4.3 „Weitere Regeln und Annahmen im Rahmen der Abgabelimitierung und -optimierung“

Zu Kapitel 4.3.1 „Prospektive Berechnungen im Rahmen der Abgabelimitierung“

Zu Bst. a: Eine Abgabelimitierung erfolgt grundsätzlich pro Kalenderjahr. Die Bestimmung der Dosis im ersten Jahr nach der Abgabe ist dafür in jedem Fall abdeckend. Eine Freisetzung zwei Monate vor dem Ende der Ernteperiode kann als abdeckend für alle anderen Freisetzungszeitpunkte betrachtet werden, da dadurch die grösste Dosis durch Verzehr von Frischprodukten im Sommerhalbjahr und Lagerprodukten im Winterhalbjahr zustande kommt.

Zu Bst. b: Für die Kurzzeitabgabelimitierung können die Abgabestellen verschiedener, nicht zusammenhängender Teilanlagen als unabhängig betrachtet werden. Beispiele dafür sind mehrere Blöcke eines Kernkraftwerks oder auch Teilanlagen des PSI.

Zu Bst. d: Standortspezifische Anpassungen von Randbedingungen und Parametern (z. B. die Verwendung ortsspezifischer realistischerer Annahmen zur Landnutzung und der Bevölkerungsgewohnheiten) sind bei Richtlinien mit Zustimmung des ENSI und bei Anwendung im Suva- und BAG-Bereich sinngemäss durch Zustimmung der zuständigen Aufsichtsbehörde dann möglich, wenn sie in Bezug auf die nukleare Sicherheit sowie den Strahlenschutz mindestens als gleichwertig betrachtet werden können.

Zu Bst. e: Wenn ein quellenbezogener Dosisrichtwert nicht in einer Bewilligung für eine Anlage (z. B. Rahmenbewilligung, Baubewilligung, Betriebsbewilligung, Abgabebewilligung) oder einem anderen Dokument (z. B. Abgabereglement) explizit festgelegt ist, dann ist ein generischer quellenbezogener Dosisrichtwert von 0,3 mSv pro Jahr anzusetzen. Diese 0,3 mSv pro Jahr entsprechen dem Wert, der bereits in der Richtlinie ENSI-G15 festgelegt war.

Zu Kapitel 4.3.2 „Retrospektive Dosisberechnungen aufgrund tatsächlich erfolgter Abgaben im Rahmen der Abgabelimitierung oder Optimierung“

Bei retrospektiven Dosisberechnungen liegen viele Parameter, welche bei prospektiven Berechnungen generisch angenommen werden müssen, aufgrund von Messungen oder anderen Betrachtungen vor. In diesen Fällen können und sollen die generischen Parameter durch die gemessenen, tatsächlichen Parameter ersetzt werden, um die Berechnungen zu verbessern, d. h. realitätsnäher durchzuführen und Konservativitäten abzubauen.

Zu Kapitel 5 „Strahlenexposition in der Umgebung für den Normalbetrieb (SE1) und bei Betriebsstörungen (SE2): Langzeitabgaben“

Zu Kapitel 5.1 „Regeln und Annahmen für die Ausbreitung freigesetzter radioaktiver Stoffe“

Zu Kapitel 5.1.1 „Luftgetragene Emissionen“

Zu Kapitel 5.1.1.1 „Transport in der Luft“

Zu Bst. a: Der IAEA Safety Guide GSG-10 sieht für relativ einfache Geländestrukturen und für Distanzen bis maximal 10 – 20 km vom Abgabeort weiterhin ein Gausssches Dispersionsmodell vor. Diese Bedingungen sind für die schweizerischen Anlagen in der Regel erfüllt, so dass auf komplexere Dispersionsmodelle (Lagrange etc.) verzichtet werden kann. Da im Normalbetrieb von einer Abgabe über Kamin/Abluftschacht ausgegangen werden kann und sich der Hauptaufschlagpunkt am Boden so weit weg vom Abgabeort befinden kann, dass die Geländestruktur einen Einfluss hat, muss die Orographie des umliegenden Geländes berücksichtigt werden.

Sollen davon abweichende Modelle verwendet werden, verlangt die Richtlinie eine Begründung sowie die Zustimmung der Aufsichtsbehörde.

Zu Bst. b: Die für die Ermittlung der Langzeitausbreitungsfaktoren χ_L und der submersionskorrigierten Langzeitausbreitungsfaktoren $\chi_{L,S}$ notwendige Meteostatistik muss aufgrund von meteorologischen Messungen am Standort in 10 m Höhe und in einer Höhe von mindestens 50 m vor oder während des Betriebs einer Anlage während mindestens zweier Jahre ermittelt werden. Mit einer solchen Meteostatistik können die Langzeitausbreitungsfaktoren gemäss den Formeln in Anhang A1.1.2 aus den Kurzzeitausbreitungsfaktoren abgeleitet werden.

Für die bestehenden schweizerischen Kernkraftwerke wurde die Meteostatistik vor Betriebsbeginn und die Langzeitausbreitungsfaktoren aufgrund von Windkanalexperimenten ermittelt. Sofern sich inzwischen keine Änderungen der Parameter der existierenden Kamine/Abluftschächte ergeben haben, dürfen weiterhin die Ergebnisse dieser alten, teilweise experimentellen Ableitung verwendet werden, wenn keine neue, eigene Ableitung basierend auf einer aktuelleren vierparametrischen Wetterstatistik vorliegt. Die ursprünglich abgeleiteten Langzeitausbreitungsfaktoren für die Kernkraftwerke wurden letztmals im Jahr 2013 anhand der Meteostatistiken der Jahre 2000 bis 2008 überprüft und deren Gültigkeit weiterhin bestätigt. Allerdings liegen in diesem Fall keine submersionskorrigierten Langzeitausbreitungsfaktoren vor und die Submersion muss mit einem reinen Immersionsmodell berücksichtigt werden.

Zu Kapitel 5.1.1.2 „Ablagerung auf Boden und Pflanzen“

Zu Bst. b: Die Langzeit-Fallout- resp. Langzeit-Washoutfaktoren werden mit einer vierparametrischen Wetterstatistik aufgrund meteorologischer Messungen am Standort, welche während mindestens zweier Jahre vor oder im Betrieb der Anlage zu ermitteln ist, aus den Kurzzeit-Fallout- resp. -Washoutfaktoren abgeleitet.

Für die existierenden schweizerischen Kernkraftwerke wurde eine dreiparametrische Meteorostatistik vor Betriebsbeginn ermittelt und der Beitrag der nassen Ablagerung über eine (experimentell abgeleitete) erhöhte Ablagerungsgeschwindigkeit v_g auf den Boden berücksichtigt. Solange keine aktuelle vierparametrische Wetterstatistik vorliegt und die Langzeit-Fallout- resp. -Washout-Faktoren basierend darauf neu berechnet wurden, dürfen für die existierenden Schweizer Kernkraftwerke die alten Werte und die alte Methodik weiterhin verwendet werden, wobei F_L null gesetzt und die gesamte Ablagerung dem Washoutfaktor W_L zugewiesen wird. In diesem Fall wird für den Anteil der Ablagerung auf der Pflanzenoberfläche (f_d) mit dem Wert 1 gleichgesetzt.

Zu Kapitel 5.1.2 „Wassergetragene Emissionen in Fließgewässer“

Es wird für Langzeitabgaben nicht mehr die mittlere jährliche Abflussmenge des jeweiligen Flusses, in dem die Abwässer eingeleitet werden, verwendet, sondern es wird die mittlere jährliche Aktivitätskonzentration im Flusswasser unter Annahme eines während des Jahres gleichmässigen Aktivitätseintrags angenommen. Dies führt zu verbesserten Resultaten insbesondere bei jahreszeitlich deutlich schwankenden Abflussmengen des Flusses.

Zu Kapitel 5.2 „Regeln und Annahmen für die Dosisberechnung“

Zu Kapitel 5.2.1 „Repräsentative Personen“

Zu Bst. a: Das Konzept der «repräsentativen Person» gemäss ICRP-Veröffentlichung 101 a und IAEA Safety Guide GSG-10 (vgl. Definition im Anhang A4 der Richtlinie) ersetzt das bisher verwendete Konzept der «kritischen Person» laut Vorversion der ENSI-G14. Beachtet wurden bei der Festlegung der repräsentativen Personen aus der IAEA Safety Guide GSG-10 für den Normalbetrieb insbesondere die Paragraphen 5.36 und 5.37. Weiterhin wurde auch Paragraph 6.4 (95 %-Perzentil bei der Dosisverteilung) berücksichtigt.

Zu Bst. b Ziff. 1: Bei den existierenden Schweizer (Kern-)anlagen liegen landwirtschaftlich genutzte Gebiete resp. Wohn- und Arbeitsorte, die regelmässig genutzt werden, nicht näher als rund 500 m zu den regulären Abgabestellen (Abgabekamine oder -schächte) und nicht in unbewohnten Gebieten (wie z. B. Waldflächen). Es wird für Personen, die sich während der Bodenphase regelmässig am Ort mit der höchsten Aktivitätsablagerung aufhalten, angenommen, dass sie sich während 8 Stunden pro Tag im Freien ohne Abschirmung und während 16 Stunden pro Tag im Haus mit einem Abschirmfaktor von 0,1 aufhalten – daraus resultiert ein mittlerer Abschirmfaktor k_s von 0,4.

Laut Richtlinie ENSI-G14 ist zur Dosis durch Inhalation und Submersion ggf. auch ein Dosisbeitrag aus der Direktstrahlung vom Anlagenareal zu addieren, falls dieser mehr als 10 % zur Gesamtdosis für die repräsentativen Personen über ein Jahr beitragen kann. In aller Regel liegt aber der Beitrag aus Direktstrahlung in einem Abstand von mehr als 500 m von der Abgabestelle unterhalb dieser 10 % und kann somit vernachlässigt werden.

Zu Bst. b Ziff. 2: Als höher exponierte repräsentative Personen in der Umgebung hinsichtlich der Ingestion von kontaminierten Lebensmitteln zu betrachten sind Personen, welche ihren gesamten Lebensmittelbedarf lokal, das heisst aus einem Umkreis von 5 km um die Anlage beziehen.

Zu Bst. b Ziff. 3: Genaue zeitliche und räumliche Mittelungen der Kontamination der lokal produzierten Lebensmittel sind aufwändig und würden detaillierte Studien der Lebensmittelproduktion in der Umgebung der jeweiligen betrachteten Anlage bedingen. Eine rein geometrische Betrachtung der Lebensmittelkontamination wie bei Kurzzeitabgabe ist aufgrund der bereits durchgeführten statistischen Mittelung bei Langzeitabgaben nicht a priori identisch anwendbar. Trotzdem lässt sich aufgrund der in der Schweiz vorherrschenden Windrichtungen mit ausreichender Konservativität postulieren, dass nur 1/4 (25 %) der Lebensmittel mit der maximal möglichen Aktivität am Hauptaufschlagpunkt kontaminiert sind, der Rest wird als nicht kontaminiert angenommen.

In der Regel sind der Ort der höchsten Ablagerung auf den Boden und die Pflanzenoberfläche identisch – trifft diese Annahme in seltenen Fällen nicht zu, so ist es notwendig, dass für die Bestimmung der jeweiligen totalen Ablagerungsfaktoren für die Pflanzenoberfläche ξ'_L resp. für den Boden ξ_L gemäss Anhang A1.2.3 der Richtlinie die respektiven Orte verwendet werden.

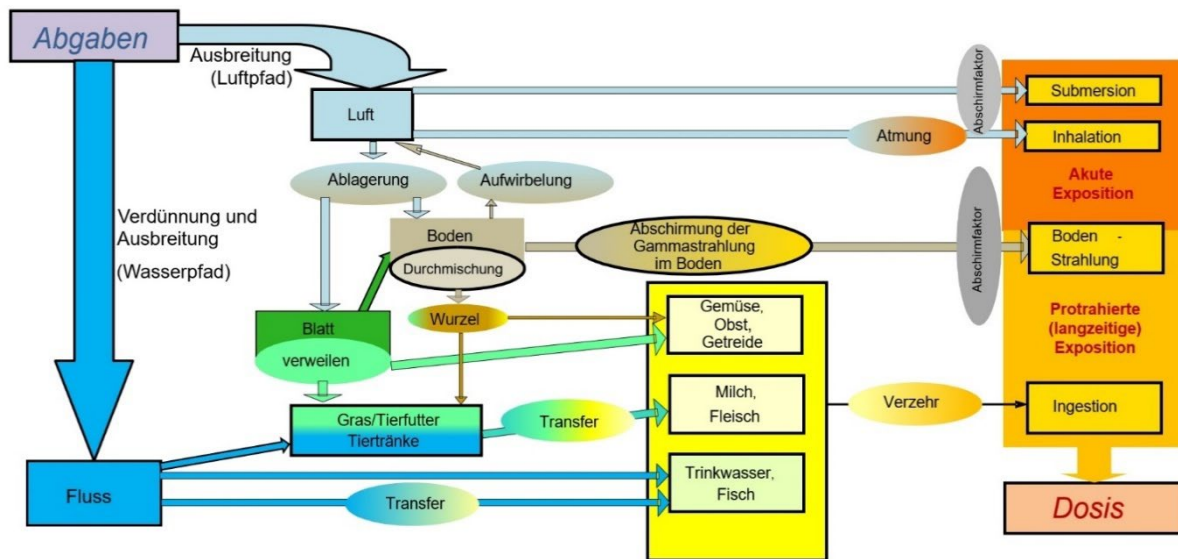
Zu Bst. b Ziff. 4: In der Schweiz stammen in der Umgebung der Kernanlagen rund 80 % des Trinkwassers aus Quell- und Grundwasser und höchstens rund 20 % aus Fliessgewässern.

In Einzelfällen können einzelne dieser generischen Festlegungen für die repräsentativen Personen (z. B. Mindestdistanzen vom Abgabeort etc.) nicht adäquat sein. In diesen Fällen kann die zuständige Bewilligungsbehörde gemäss Kapitel 3 der Richtlinie die betroffenen Festlegungen anpassen.

Zu Bst. c: Weitergehende Erklärungen zu den angenommenen Lebensgewohnheiten wie Verzehr und Atemraten, Aufenthaltsdauer im Freien etc.) sind der Beilage zur Richtlinie ENSI-G14 «Für die Berechnungen nach ENSI-G14 zu verwendende Parameter» zu entnehmen.

Zu Kapitel 5.2.2 „Expositionspfade“

Neben den Dosisbeiträgen für die radioaktiven Emissionen ist laut Kapitel 5.2.2.1 der Richtlinie zusätzlich ggf. auch der Beitrag der Direktstrahlung aus der Anlage an den Aufenthaltsorten der repräsentativen Personen zu berücksichtigen. Das gemäss Richtlinie ENSI-G14 standardmässig verwendete Dosisberechnungsmodell für radioaktive Emissionen aus Kernanlagen und Betrieben ist in der folgenden Figur illustriert.



Wiederaufwirbelung (Resuspension) vom Boden wird für Abgaben im Normalbetrieb vernachlässigt.

α - und reine β -Strahler sind für die Dosisbeiträge aus externer Strahlung aus der Fortluftfahne und vom Boden in der Regel irrelevant. Für Inhalation und Ingestion liefern α -Strahler und Tritium nur in Spezialfällen (Hotlabor, Lager für α - oder Tritiumabfälle u. ä.) signifikante Dosisbeiträge – als signifikant werden Dosisbeiträge von Nukliden resp. Nuklidgruppen betrachtet, wenn sie mehr als 5 % zur Gesamtdosis über den betrachteten Expositionspfad beitragen – und sie dürfen sonst in der Regel vernachlässigt werden.

Zu Kapitel 5.3 „Weitere Regeln und Annahmen im Rahmen der Abgabelimittierung und -optimierung“

Zu Kapitel 5.3.1 „Prospektive Berechnungen im Rahmen der Abgabelimittierung“

Zu Bst. a: Eine Abgabelimittierung erfolgt grundsätzlich aufgrund der Dosis für die repräsentativen Personen im ersten Kalenderjahr, das auf 100 Betriebsjahre folgt. Dies in Anlehnung an die IAEA Safety Guide GSG-10.

Zu Bst. b: Für die Langzeitabgabelimittierung wird anders als bei Kurzzeitabgaben immer angenommen, dass die Abgabelimiten für alle Abgabestellen gleichzeitig ausgeschöpft werden. Sofern nicht von grossen, jahreszeitlich bedingten Schwankungen im Betrieb der Anlage auszugehen ist, werden homogene Abgaben an die Umwelt über das Kalenderjahr angenommen. Letzteres gilt beispielsweise auch für laufende Kernkraftwerke, auch wenn diese im Sommer 1-2 Monate im Revisionsstillstand sind. Ein Beispiel, bei dem nicht von homogenen Abgaben über das ganze Kalenderjahr ausgegangen werden kann, ist die Plasmaverbrennungsanlage des ZZL, die explizit gemäss Betriebsbewilligung nur im Winter betrieben werden darf.

Zu Bst. d: Standortspezifische Anpassungen von Randbedingungen und Parametern (z. B. die Verwendung ortsspezifischer realistischerer Annahmen zur Landnutzung und der Bevölkerungsgewohnheiten) sind bei Richtlinien mit Zustimmung des ENSI und bei Anwendung im Suva- und BAG-Bereich sinngemäss durch Zustimmung der zuständigen Aufsichtsbehörde dann möglich, wenn sie in Bezug auf die nukleare Sicherheit sowie den Strahlenschutz mindestens als gleichwertig betrachtet werden können.

Zu Bst. e: Wenn ein quellenbezogener Dosisrichtwert nicht in einer Bewilligung für eine Anlage (z. B. Rahmenbewilligung, Baubewilligung, Betriebsbewilligung, Abgabebewilligung) oder einem anderen Dokument (z. B. Abgabereglement) explizit festgelegt ist, dann ist ein generischer quellenbezogener Dosisrichtwert von 0,3 mSv pro Jahr anzusetzen. Diese 0,3 mSv pro Jahr entsprechen dem Wert, der bereits in der Richtlinie ENSI-G15 festgelegt war.

Zu Kapitel 5.3.2 „Retrospektive Dosisberechnungen aufgrund tatsächlich erfolgter Abgaben im Rahmen der Abgabelimitierung oder Optimierung“

Bei retrospektiven Dosisberechnungen liegen viele Parameter, welche bei prospektiven Berechnungen generisch angenommen werden müssen, aufgrund von Messungen oder anderen Betrachtungen vor. In diesen Fällen können und sollen die generischen Parameter durch die gemessenen, tatsächlichen Parameter ersetzt werden, um die Berechnungen zu verbessern, d. h. realitätsnäher durchzuführen und Konservativitäten abzubauen.

Zu Kapitel 6 „Potenzielle Strahlenexpositionen in der Umgebung (Auslegungsstörfälle SE3 und auslegungsüberschreitende Störfälle SE4)“

Zu Kapitel 6.1 „Regeln und Annahmen für die Ausbreitung freigesetzter radioaktiver Stoffe“

Zu Kapitel 6.1.1 „Luftgetragene Emissionen“

Zu Kapitel 6.1.1.1 „Transport in der Luft“

Zu Bst. a: Der IAEA Safety Guide GSG-10 sieht für relativ einfache Geländestrukturen und für Distanzen bis maximal 10 – 20 km vom Abgabeort weiterhin ein Gausssches Dispersionsmodell vor. Diese Bedingungen sind für die schweizerischen Anlagen in der Regel erfüllt, so dass auf komplexere Dispersionsmodelle (Lagrange etc.) verzichtet werden kann. Bei einer Abgabe in Bodennähe ist eine Berücksichtigung der Orographie in aller Regel nicht notwendig. Für eine Abgabehöhe von mehr als 10 m über Grund, z. B. bei Abgaben über Kamin oder wenn von einer signifikanten thermischen Überhöhung der Abgaben bei einem Brand ausgegangen werden muss, kann die Orographie signifikante Auswirkungen auf das Resultat Berechnung haben und muss somit berücksichtigt werden. Dies kann beispielsweise im einfachsten Fall

„

konservativ damit geschehen, dass die angenommene Abgabehöhe entsprechend dem höchsten Punkt in der Umgebung der Anlage reduziert wird oder durch eine detailliertere Analyse der Orographie in der Umgebung der jeweiligen Anlage, wie sie bereits jetzt im Rahmen der Abgabelimitierung standardmässig erfolgt.

Sollen davon abweichende Modelle verwendet werden, verlangt die Richtlinie eine Begründung sowie die Zustimmung der Aufsichtsbehörde.

Zu Bst. b: Mit der Vorgabe von konstanten Wetterverhältnissen während der Abgabe und einer niedrigen, höhenunabhängig angenommenen Windgeschwindigkeit von 1 m/s sowie ungünstigster Windrichtung und Wetterkategorie wird eine konservative Ermittlung der anschliessend verwendeten Kurzzeitausbreitungsfaktoren χ_K und submersionskorrigierten Kurzzeitausbreitungsfaktoren $\chi_{K,S}$ sichergestellt. Kleinere Windgeschwindigkeiten als 1 m/s würden zwar rein gemäss den Formeln für eine Gaussche Ausbreitung zu ungünstigeren Ausbreitungsfaktoren führen, dabei ist aber zu beachten, dass kleine Windgeschwindigkeiten auch eine höhere Schwankungsbreite in der Windrichtung und damit eine Verbreiterung der Wolke bedeuten. Es wird angenommen, dass sich diese beiden Effekte für Geschwindigkeiten von weniger als 1 m/s kompensieren.

Für die Zeit ab 8 Stunden nach dem Beginn der Freisetzung wird mit den genannten Reduktionsfaktoren für die Ausbreitungsfaktoren der Variation der Wetterbedingungen (Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Wetterkategorie) während dem Abgabezeitraum Rechnung getragen. Sie sind an die deutschen Störfallberechnungsgrundlagen zu § 49 StrlSchV Neufassung des Kapitels 4: Berechnung der Strahlenexposition, Empfehlung der Strahlenschutzkommission (SSK, Deutschland) vom 11. September 2003 angelehnt.

Zu Kapitel 6.1.1.2 „Ablagerung auf Boden und Pflanzen“

Zu Bst. a: Gemäss vorliegender Richtlinie muss für die Berechnungen von einer gleichzeitig erfolgenden trockenen und nassen Ablagerung mit den Vorgaben gemäss Bst. b ausgegangen werden. Die Betrachtung einer rein trockenen Ablagerung, wie es in der Vorversion der Richtlinie ENSI-G14 verlangt wurde, kann entfallen, da diese immer günstiger ist als eine gleichzeitig erfolgende trockene und nasse Ablagerung der Stoffe während der Freisetzung.

Zu Bst. b: Mit der Vorgabe von konstanten Wetterverhältnissen und kleiner Windgeschwindigkeit sowie ungünstigster Windrichtung und Wetterkategorie während der ersten 8 Stunden der Freisetzung und einer anschliessend angenommenen Variation der Wetterbedingungen (Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Wetterkategorie und Niederschlagsintensität) während der restlichen Freisetzungsdauer wird eine konservative Ermittlung der Ablagerung auf den Boden resp. auf die Pflanzenoberfläche sichergestellt. In Anlehnung an die deutschen Störfallberechnungsgrundlagen zu § 49 StrlSchV Neufassung des Kapitels 4: Berechnung der Strahlenexposition, Empfehlung der Strahlenschutzkommission (SSK, Deutschland) vom 11. September 2003 wird den Variationen der Wetterbedingungen während der Abgabedauer sowohl mit Reduktionsfaktoren für die Washoutfaktoren als auch mit einer Reduktion der Niederschlagsintensität ab 8 Stunden nach der Abgabe Rechnung getragen. Allerdings wird in der

genannten Störfallberechnungsgrundlage von 5 mm/h in den ersten 8 Stunden, von 2 mm/h für die Zeit von 8 bis 24 Stunden, von 1 mm/h zwischen 24 und 72 Stunden und von 0,5 mm/h für die Zeit danach ausgegangen, während in der Richtlinie ENSI-G14 Niederschlagsintensitäten von 2 mm/h während der ersten 8 Stunden angenommen worden und die Niederschlagsintensitäten anschliessend für die Zeitintervalle mit den gleichen Reduktionsfaktoren wie für die Washoutfaktoren multipliziert wurden. Damit wird in den ersten 8 Stunden eine Niederschlagsmenge von 16 mm (resp. 16 l pro m²), in den ersten 24 Stunden von 32 mm und in den ersten drei Tagen eine solche von 56 mm angesetzt. Diese Niederschlagsmengen werden gemäss Messungen in den Jahren 2000 – 2008 an den schweizerischen Kernkraftwerkstandorten in deutlich weniger als 5 % der Zeit überschritten, sodass eine Anpassung an die sehr konservativ mehr als doppelt so hoch angesetzten Niederschlagsmengen, wie sie in Deutschland verwendet wurden, nicht angezeigt erscheint.

Zu Kapitel 6.1.2 „Wassergetragene Emissionen in Fliessgewässer“

Wassergetragene Emissionen in Fliessgewässer werden in der vorliegenden Version der Richtlinie ENSI-G14 aufgrund der Erfahrungen aus Fukushima für einige Spezialfälle neu berücksichtigt. Bei der Abflussmenge J im Fluss wird von einer Menge ausgegangen, welche im Mittel der letzten Jahre, während 95 % der Zeit überschritten wurde.

Zu Kapitel 6.2 „Regeln und Annahmen für die Dosisberechnung“

Zu Kapitel 6.2.1 „Repräsentative Personen“

Zu Bst. a: Das Konzept der «repräsentativen Person» gemäss ICRP-Veröffentlichung 101 a und IAEA Safety Guide GSG-10 (vgl. Definition im Anhang A4 der Richtlinie) ersetzt das bisher verwendete Konzept der «kritischen Person» laut Vorversion der ENSI-G14. Beachtet wurden bei der Festlegung der repräsentativen Personen aus der IAEA Safety Guide GSG-10 für den Normalbetrieb insbesondere die Paragraphen 5.36 und 5.37. Weiterhin wurde auch Paragraph 6.4 (95 %-Perzentil bei der Dosisverteilung) berücksichtigt.

Zu Bst. b Ziff. 1: Distanzen kleiner als 200 m zum Abgabeort und innerhalb des umzäunten Anlageareals sind für Personen der Umgebung von Kernanlagen im Allgemeinen nicht öffentlich zugänglich.

Im öffentlich zugänglichen Bereich ausserhalb des Anlageareals ist davon auszugehen, dass sich Personen dort während ihrer Arbeits- oder Freizeit aufhalten können. Dafür wird eine Zeitdauer von höchstens 8 Stunden pro Tag angenommen. Für die restlichen Zeit wird angenommen, dass sie sich am Ort ihres Lebensmittelpunktes (d. h. in der Regel an ihrem Wohnort) aufhalten und dort ihren üblichen Lebensgewohnheiten nachgehen.

Laut Richtlinie ENSI-G14 ist zur Dosis durch Inhalation und Submersion ggf. auch ein Dosisbeitrag aus der Direktstrahlung vom Anlagenareal zu addieren, falls dieser mehr als 10 % zur Gesamtdosis für die repräsentativen Personen während der Freisetzungsphase beitragen

kann. In aller Regel liegt aber der Beitrag aus Direktstrahlung unter Berücksichtigung der Aufenthaltszeit der repräsentativen Personen insbesondere bei Auslegungsfällen unter 10 % und kann somit vernachlässigt werden.

Zu Bst. b Ziff. 2: Bei den existierenden Schweizer (Kern-)anlagen liegen landwirtschaftlich genutzte Gebiete resp. Wohn- und Arbeitsorte, die regelmässig genutzt werden, nicht näher als rund 500 m zu den regulären Abgabestellen (Abgabekamine oder -schächte) und nicht in unbewohnten Gebieten (wie z. B. Waldflächen). Es wird für Personen, die sich während der Bodenphase regelmässig am Ort mit der höchsten Aktivitätsablagerung aufhalten, angenommen, dass sie sich während 8 Stunden pro Tag im Freien ohne Abschirmung und während 16 Stunden pro Tag im Haus mit einem Abschirmfaktor von 0,1 aufhalten – daraus resultiert ein mittlerer Abschirmfaktor k_s von 0,4.

Zu Bst. b Ziff. 3: Als höher exponierte repräsentative Personen in der Umgebung hinsichtlich der Ingestion von kontaminierten Lebensmitteln zu betrachten sind Personen, welche ihren gesamten Lebensmittelbedarf lokal, das heisst aus einem Umkreis von 5 km um die Anlage beziehen. Da für die Rechnung während der Abgabe von invarianten Wetterbedingungen (Ausbreitungsrichtung, Windgeschwindigkeit, Wetterkategorie etc.) ausgegangen wird, bleibt der grösste Teil der lokal produzierten Lebensmittel unkontaminiert.

Zu Bst. b Ziff. 4: Genaue zeitliche und räumliche Mittelungen der Kontamination der lokal produzierten Lebensmittel sind aufwändig und würden detaillierte Studien der Lebensmittelproduktion in der Umgebung der jeweiligen betrachteten Anlage bedingen. Rein aufgrund der seitlichen Ausdehnung der Ausbreitungsfahne (geometrische Betrachtung) lässt sich aber ableiten, dass konservativ betrachtet maximal ein Gebiet mit einem Öffnungswinkel von 45° entsprechend 1/8 oder 12.5 % des gesamten Umkreises mit der maximalen Kontamination am Hauptaufschlagpunkt belastet sein kann, der Rest des Gebiets wird als nicht kontaminiert angenommen. Dabei ist die radiale Variation der Lebensmittelkontamination in Ausbreitungsrichtung noch nicht berücksichtigt, so dass bei verfeinerter Analyse realistischere die mittlere Lebensmittelkonzentration nochmals deutlich tiefer liegen würde.

In der Regel sind der Ort der höchsten Ablagerung auf den Boden und die Pflanzenoberfläche identisch – trifft diese Annahme in seltenen Fällen nicht zu, so ist es notwendig, dass für die Bestimmung der jeweiligen totalen Ablagerungsfaktoren für die Pflanzenoberfläche ξ'_K resp. für den Boden ξ_K gemäss Anhang A1.2.3 der Richtlinie die respektiven Orte verwendet werden.

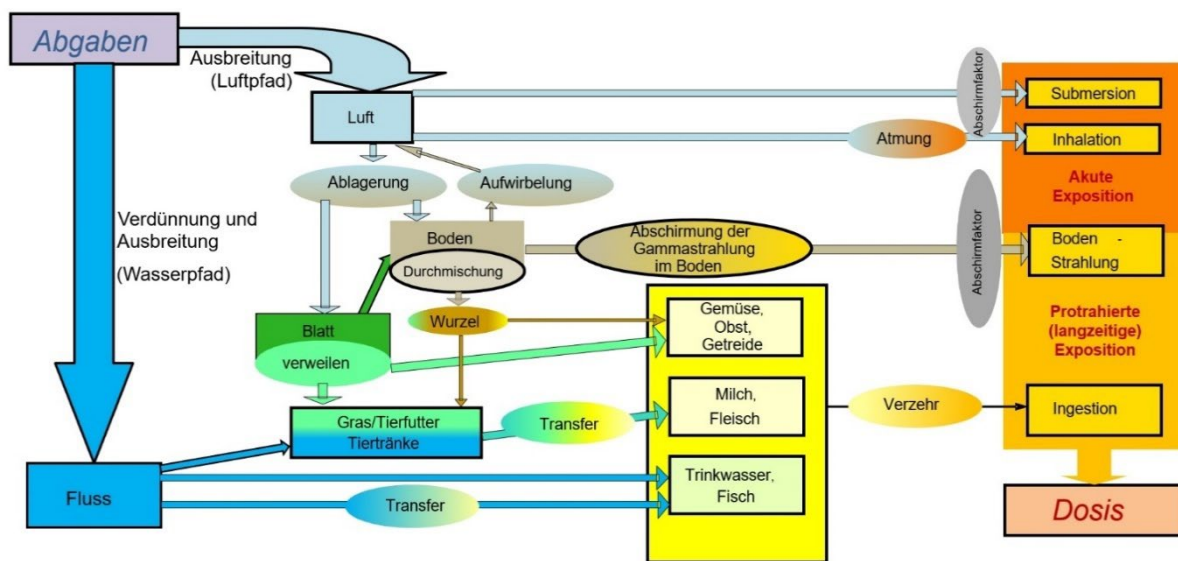
Zu Bst. b Ziff. 5: In der Schweiz stammen in der Umgebung der Kernanlagen rund 80 % des Trinkwassers aus Quell- und Grundwasser und höchstens rund 20 % aus Fliessgewässern.

In Einzelfällen können einzelne dieser generischen Festlegungen für die repräsentativen Personen (z. B. Mindestdistanzen vom Abgabeort etc.) nicht adäquat sein. In diesen Fällen kann die zuständige Bewilligungsbehörde gemäss Kapitel 3 der Richtlinie die betroffenen Festlegungen anpassen.

Zu Bst. c: Weitergehende Erklärungen zu den angenommenen Lebensgewohnheiten wie Verzehr und Atemraten, Aufenthaltsdauer im Freien etc.) sind der Beilage zur Richtlinie ENSI-G14 «Für die Berechnungen nach ENSI-G14 zu verwendende Parameter» zu entnehmen.

Zu Kapitel 6.2.2 „Expositionspfade“

Neben den Dosisbeiträgen für die radioaktiven Emissionen ist laut Kapitel 6.2.2.1 der Richtlinie zusätzlich ggf. auch der Beitrag der Direktstrahlung aus der Anlage an den Aufenthaltsorten der repräsentativen Personen zu berücksichtigen. Das gemäss Richtlinie ENSI-G14 standardmässig verwendete Dosisberechnungsmodell für radioaktive Emissionen aus Kernanlagen und Betrieben ist in der folgenden Figur illustriert.



Für potenzielle Strahlenexpositionen werden die Wiederaufwirbelung vom Boden und auch der Transfer über den Wasserpfad gemäss den Anhängen A2.7 und A2.8 der Richtlinie mitberücksichtigt.

α - und reine β -Strahler sind für die Dosisbeiträge aus externer Strahlung aus der Fortluftfahne und vom Boden in der Regel irrelevant. Für Inhalation und Ingestion liefern α -Strahler und Tritium nur in Spezialfällen (Hotlabor, Lager für α - oder Tritiumabfälle u. ä.) signifikante Dosisbeiträge – als signifikant werden Dosisbeiträge von Nukliden resp. Nuklidgruppen betrachtet, wenn sie mehr als 5 % zur Gesamtdosis über den betrachteten Expositionspfad beitragen – und sie dürfen sonst in der Regel vernachlässigt werden.

Zu Kapitel 6.3 „Weitere Regeln und Annahmen im Rahmen der Anlagenauslegung (SE3)“

Zu Bst. a: Die Festlegung von Akzeptanzkriterien resp. Dosiskriterien je nach Auftretenshäufigkeit für die Beurteilung der potenziellen Strahlenexposition im Rahmen der Anlagenauslegung ist gemäss ICRP-Veröffentlichung 103 und IAEA Safety Guide SSG-2 international

etabliert. In Art. 123 StSV und spezifisch für Kernanlagen in Art. 8 KEV sind solche Dosiskriterien als Akzeptanzkriterien für Auslegungsstörfälle der Störfallkategorien 1 bis 3 festgelegt. Die prospektive Dosisberechnung für den Vergleich mit den gesetzlichen Dosiskriterien grundsätzlich wird in Anlehnung an der ICRP-Veröffentlichung 103 und IAEA Safety Guide SSG-2 für das erste an die Abgabe anschliessende Jahr durchgeführt.

International gesehen haben andere Länder unterschiedliche Akzeptanz- oder Dosiskriterien basierend auf anderen Modellannahmen, die gemäss einer Studie des französischen IRSN ohne eine vertiefte Analyse der zugrundeliegenden Rechenmodelle und -annahmen nur schwierig direkt untereinander vergleichbar sind.

Eine Freisetzung zwei Monate vor dem Ende der Ernteperiode kann als abdeckend für alle anderen Freisetzungzeitpunkte betrachtet werden, da dadurch die grösste Dosis durch Verzehr von Frischprodukten im Sommerhalbjahr und Lagerprodukten im Winterhalbjahr zustande kommt.

Zu Bst. e: Sollten Berechnungen im Rahmen des Optimierungsprozesses der Auslegung einer Anlage erforderlich sein, kann es bei der Anwendung der Regeln und Annahmen der Richtlinie ENSI-G14 angebracht sein, einzelne Parameter wie z. B. die Vorgaben für die repräsentativen Personen, die für die Berechnung angenommene Expositionsdauer etc. fallspezifisch anzupassen.

Zu Kapitel 6.4 „Weitere Regeln und Annahmen bei auslegungsüberschreitenden Störfällen (SE4)“

Bei sehr selten auftretenden, auslegungsüberschreitenden Störfällen mit einer Eintretenshäufigkeit kleiner als 10^{-6} pro Jahr, deren Auswirkungen aber gross sein können, kann davon ausgegangen werden, dass nach dem Störfall in der Umgebung der Kernanlage keine Personen mehr leben, welche die Anforderungen an eine repräsentative Person bezüglich der Lebens- und Essgewohnheiten, die in Kapitel 6.2.1 der Richtlinie definiert sind, erfüllen. Aus diesem Grund kann bei der Bestimmung der Gesamtdosis der Beitrag durch die Ingestion vernachlässigt werden.

Zu Kapitel 7 „Übergangsfrist“

Ab Gültigkeitserklärung der revidierten Richtlinie gilt eine Übergangsfrist von zwei Jahren. Spätestens ab Ende dieser Übergangsfrist müssen bei Anträgen oder Sicherheitsüberprüfungen die Regeln und Annahmen aus der revidierten Richtlinie ENSI-G14 für Berechnungen der Strahlenexposition in der Umgebung aufgrund von Emissionen radioaktiver Stoffe und der Direktstrahlung aus Kernanlagen verwendet werden.

Zu Anhang 1 „Aktivitätstransport in der Luft, Ablagerung auf den Bodenoberflächen und Migration der Aktivität in die Nahrungskette“

Zu A1.1 „Aktivitätstransport in der Luft“

Zu A1.1.1 „Kurzeitenausbreitungsfaktor χ_K resp. submersionskorrigierter Kurzeitenausbreitungsfaktor $\chi_{K,S}$ “

Der Kurzeitenausbreitungsfaktor χ_K beschreibt die Proportionalität zwischen der Abgaberate am Abgabeort und der Aktivitätskonzentration in der Luft in der Umgebung in Abwinddistanz x und in Querdistanz y zur Fahnenachse auf Bodenhöhe. Er wird als Eingangsparameter für die Berechnung der Inhalationsdosis einer Person während des Fahrendurchzugs sowie für die Berechnung des Fallouts von Radioaktivität an diesem Ort benötigt.

Die angegebene Formel berücksichtigt einen Höhenanteil der freigesetzten Aktivität $(1 - G_t)$ und einen Anteil G_t , der durch Gebäudeeinflüsse als Bodenabgabe zu berücksichtigen ist.

Der submersionskorrigierte Kurzeitenausbreitungsfaktor $\chi_{K,S}$ beschreibt die Proportionalität zwischen Abgaberate und der Aktivitätskonzentration in der Luft, welche im Halbraum oberhalb des Punktes am Boden in Abwinddistanz x und in Querdistanz y zur Fahnenachse existieren müsste, um für eine Person an diesem Punkt in der gleichen Immersionsdosis zu resultieren, die der Submersionsdosis der tatsächlichen Aktivitätsverteilung in der Fahne entspricht. Der submersionskorrigierte Kurzeitenausbreitungsfaktor wird als Eingangsparameter für die Berechnung der externen Strahlung aus der Fahne während des Fahrendurchzugs benötigt. Auch hier kommt in der Formel der Faktor G_t zur Aufteilung der freigesetzten Abgabe in einen Höhen- und einen Bodenanteil vor. Daneben werden zwei weitere Korrekturfaktoren $KF_{sub,shape}$ und $KF_{sub,axis}$ zur Korrektur von Immersion aus dem Halbraum auf Submersion unter der Fahne benutzt: Der erste Submersions-Korrekturfaktor $KF_{sub,shape}$ führt dabei für einen Punkt am Boden eine Korrektur dafür ein, dass der Halbraum über diesem Punkt nicht, wie bei der Immersion angenommen, mit einer homogenen Aktivitätsverteilung aufgefüllt ist, sondern in der Höhe und quer zur Ausbreitungsrichtung der Fahne eine Gaussverteilung mit den Gaussschen Ausbreitungsfaktoren σ_y (Querrichtung) und σ_z (Höhe) aufweist. Der zweite Submersions-Korrekturfaktor $KF_{sub,axis}$ führt die Korrektur dafür ein, dass die Fahnenachse sich nicht am Boden ($H_{eff} \neq 0$) und der Punkt, an dem die Dosis berechnet werden soll, ggf. nicht zentral unter der Achse ($y \neq 0$) befindet.

Zu A1.1.2 „Langzeitausbreitungsfaktor χ_L resp. submersionskorrigierter Langzeitausbreitungsfaktor $\chi_{L,S}$ “

Der Langzeitausbreitungsfaktor χ_L resp. der submersionskorrigierte Langzeitausbreitungsfaktor $\chi_{L,S}$ ergeben sich durch Mittelung unter Zugrundelegung einer dreiparametrischen meteorologischen Langzeitstatistik aus den Kurzeitausbreitungsfaktoren $\chi_{K,S}$ resp. $\chi_{L,S}$.

Zu A1.2 „Fallout- bzw. Washoutfaktoren“

Zu A1.2.1 „Fallout“

Die Kurzzeit- resp. Langzeitfalloutfaktoren $F_{\{K;L\}}$ definieren direkt die Proportionalität zwischen der Abgaberate \dot{Q} und der Ablagerungsrate \dot{A}_F durch trockene Ablagerung auf den Boden. Die Formel für $F_{\{K;L\}}$ ergibt sich aus der Tatsache, dass die Ablagerungsrate \dot{A}_F über die Ablagerungsgeschwindigkeit v_g proportional ist zur Luftkonzentration auf Bodenhöhe.

Zu A1.2.1 „Washout“

Die Kurzzeit- resp. Langzeitwashoutfaktoren $W_{\{K;L\}}$ definieren direkt die Proportionalität zwischen der Abgaberate \dot{Q} und der Ablagerungsrate \dot{A}_W bei nasser Ablagerung (Niederschlag) auf den Boden.

Die Formel für den Kurzzeitwashoutfaktor W_K ergibt sich durch Integration über die Gaussverteilung über die Luftsäule über dem betrachteten Ablagerungspunkt.

Die Ermittlung des Langzeitwashoutfaktors W_L erfolgt durch Mittelung unter Zugrundelegung einer vierparametrischen Wetterstatistik.

Zu A1.2.3 „Totale Ablagerungsfaktoren für den Boden und auf Pflanzenoberflächen“

Die totale Ablagerungsrate \dot{A} auf den Boden ergibt sich als Summe aus den Ablagerungsraten von Fallout ($\dot{A}_F = \dot{Q} \cdot F_{\{K;L\}}$) und Washout ($\dot{A}_W = \dot{Q} \cdot W_{\{K;L\}}$). Für die Ablagerungsrate auf die Pflanzenoberfläche wird ein zusätzlicher Oberflächendepositionsfaktor f_d zur Berücksichtigung des direkten Abwaschens der Aktivität von der Pflanzenoberfläche eingeführt. Zur vereinfachten Schreibweise der totalen Ablagerung werden jeweils totale Kurzzeit- resp. Langzeitausbreitungsfaktoren $\xi_{\{K;L\}}$ für den Boden resp. $\xi'_{\{K;L\}}$ für Pflanzenoberflächen definiert, um die Proportionalität zwischen Abgaberate \dot{Q} und totaler Ablagerungsrate \dot{A} für trockene und nasse Ablagerung insgesamt herzustellen.

Zu A1.3 „Zeitabhängige Aktivität auf dem und im Boden“

Zur Bestimmung der zeitabhängigen Aktivität auf und im Boden nach einer Kurzzeitabgabe werden Zerfalls- und Aufbaueffekte während der Freisetzungsdauer vernachlässigt und es

wird konservativ angenommen, dass die gesamte Aktivität instantan zum Zeitpunkt $t = 0$, d.h. bereits beim Beginn der Freisetzung auf den Boden abgelagert wird.

Zu A1.3.1 „Wirksame Bodenaktivität für externe Strahlung“

Auf dem Boden abgelagerte Aktivität dringt nach der Ablagerung in den Boden ein. Dadurch wird ein Teil der vom Boden her auftretenden externen Strahlung abgeschirmt. Um diesen Effekt zu simulieren, wird ein Modellansatz verwendet, welcher von einem schnell und einem langsam eindringenden Anteil der Aktivität in den Boden ausgeht. Die zugrunde gelegten Eindringkonstanten λ_{fast} und λ_{slow} und die Faktoren f_{fast} und f_{slow} gelten dabei streng genommen nur für Cäsium, sie werden aber wegen der chemischen und physikalischen Eigenschaften des Cäsiums (geringe Mobilität im Boden) konservativ in der vorliegenden Richtlinie für alle Nuklide verwendet. Das Modell und die verwendeten Zahlenwerte sind dabei angelehnt an Till, J.E. und Meyer, H.R., «Radiological Assessment, a Textbook on Environmental Dose Analysis», NUREG/CR-3332 (ORNL-5968).

Für Kurzzeitabgaben ergibt sich für den zeitabhängigen Verlauf der wirksamen Bodenaktivität $A_{BS}(t)$ direkt die in Anhang A1.3.1.1 der Richtlinie genannte Formel.

Für Langzeitabgaben ergibt sich die dargestellte Formel für $A_{BS}(t)$ durch konsequente Aufteilung der während des Kalenderjahres abgelagerten Aktivität und der Aktivität, welche aus den Ablagerungen der Vorjahre stammt und zu Beginn des Kalenderjahres bereits am Boden liegt, in schnell und langsam in den Boden eindringende Anteile und anschliessender Aufintegration während des zu betrachtenden Kalenderjahres. Für die Überprüfung der Abgabelimittierung wird von einer zu Beginn des Kalenderjahres bereits vorliegenden, durch homogene Abgaben in der Höhe der Abgabelimite während 100 Betriebsjahren (T_{100}) abgelagerten, schnell resp. langsam eindringenden wirksamen Aktivität $A_{BS,fast}(0)$ und $A_{BS,slow}(0)$ ausgegangen. Für andere Berechnungen aus über die Jahre gemessenen Jahresabgaben ergeben sich die zu Beginn eines Kalenderjahres wirksamen Aktivitäten $A_{BS,fast}(0)$ und $A_{BS,slow}(0)$ iterativ.

Zu A1.3.2 „Nuklidkonzentration im Wurzelbereich von Pflanzen“

Bis zur Durchmischung des bepflanztens Bodens, welche während des ersten Winterhalbjahres nach einer Kurzzeitabgabe resp. bei Langzeitabgabe am Anfang des zu betrachtenden Kalenderjahres vor dem Beginn des Pflanzenwachstums für die nächste Ernteperiode angenommen wird, kann die Aktivitätskonzentration im Wurzelbereich von Pflanzen als 0 angenommen werden.

Für Kurzzeitabgaben ergibt sich somit ab Beginn der Wachstumsphase im Folgejahr nach der Abgabe die zeitabhängige Aktivitätskonzentration $C_{Bo}(t)$ gemäss der Formel in Anhang A1.3.2.1 der Richtlinie.

Für Langzeitabgaben ergibt sich ab Beginn der Wachstumsphase im zu betrachtenden Kalenderjahr die zeitabhängige Aktivitätskonzentration $C_{Bo}(t)$ gemäss der Formel in Anhang A1.3.2.2 der Richtlinie, wobei die Bodenkonzentration $C_{Bo}(0)$ der Aktivitätskonzentration im

Boden durch die Aktivitätsablagerung der Vorjahre nach vollständiger Durchmischung im Wurzelbereich zu Beginn des Kalenderjahres entspricht. Dabei wird $C_{Bo}(0)$ entweder für die Abgabelimitierung zu Beginn des Kalenderjahres nach 100 Betriebsjahren (T_{100}) unter der Annahme homogener Abgaben in der Grösse der Abgabelimiten oder aus über die Jahre gemessenen Jahresabgaben iterativ bestimmt.

In allen Formeln ist λ_W eine nicht-radioaktive Abreicherungskonstante aus dem Wurzelbereich beschreibt. Konservativ und aus Konsistenzgründen zwischen Bodenstrahlung und Auswaschen aus dem Wurzelbereich wird λ_W nuklidunabhängig gleich λ_{slow} gesetzt.

Zu A1.4 „Zeitabhängige Aktivität auf und in Konsum- resp. Futterpflanzen“

Zu A1.4.1 „Kurzzeitabgaben“

Nach einer erfolgten kurzzeitigen Abgabe während der Ernte- und Weidezeit (Sommerhalbjahr) werden drei distinkte Phasen unterschieden.

a) Die Phase 1 mit Ablagerungen auf der Pflanzenoberfläche

Die Aktivität auf pflanzlichen Produkten (PP) und Futterpflanzen (FP) ist die direkte Folge von Fallout und Washout auf die Pflanzenoberfläche während der Wachstumszeit der Pflanzen ($T_{PP} = 0,167$ Jahre für Konsumpflanzen resp. $T_{FP} = 0,083$ Jahre für Futterpflanzen). Betroffen sind in dieser Phase somit nur Oberflächengemüse, Getreide, Beeren und Obst sowie oberflächliche Futtermittel, aber keine Wurzelgemüse. Somit beschränkt sich die Phase 1 auf den Zeitraum von $t = 0$ bis $t = T_{\{PP;FP\}}$.

b) Die Phase 2 für Lagerprodukte im ersten Winterhalbjahr nach der Abgabe

Die Aktivität in gelagerten pflanzlichen Produkten und Futterpflanzen ist die Folge der Ablagerungen auf den Pflanzenoberflächen (Fallout und Washout) in der Ernteperiode. Betroffen sind auch hier nur Oberflächengemüse, Getreide, Beeren und Obst sowie oberflächliche Futtermittel, aber keine Wurzelgemüse. Es wird angenommen, dass während der Ernteperiode im Sommer nochmals dieselbe Menge an pflanzlichen Produkten und Futterpflanzen, die als Frischprodukte verzehrt werden, für den Winter eingelagert und dabei mit den restlichen, nicht kontaminierten Produkten durchmischt wird. Die Phase 2 dauert von $t = T_p$ bis $t = T_p + T_{0.5}$. Zu beachten ist, dass im Zeitraum zwischen dem Ende der Phase 1 und dem Beginn der Phase 2 die Kontamination der Konsumpflanzen resp. der Futterpflanzen ggf. als 0 angenommen werden kann.

c) Die Phase 3 für die Wurzelaufnahme der Aktivität im Boden ab dem Beginn der Ernteperiode des Kalenderjahres, welches dem Abgabebjahr folgt

Ab Beginn der Ernteperiode im Folgejahr ist die Aktivität in pflanzlichen Produkten und Futterpflanzen rein eine Folge der Aktivitätskonzentration im Boden und deren Aufnahme über die Pflanzenwurzeln. Betroffen sind in dieser Phase alle pflanzlichen Produkte und Futterpflanzen (auch Wurzelgemüse). Die Phase 3 gilt somit ab $t = T_p + T_{0.5}$.

In Phase 3 muss für das Mutternuklid nicht zwischen Frischprodukten und Lagerprodukten unterschieden werden, da sich über den Zeitraum von weniger als einem Jahr der Zerfall der radioaktiven Stoffe im Boden und in der Pflanze nach einer Wurzelaufnahme kaum unterscheidet.

Zu A1.4.2 „Langzeitabgaben“

Bei Langzeitabgaben ist zwischen der Aktivitätskonzentration auf/in frischen pflanzlichen Produkten und Futterpflanzen im Sommerhalbjahr (Ernteperiode) und gelagerten pflanzlichen Produkten und Futterpflanzen (Lagerprodukte) im anschliessenden Winterhalbjahr zu unterscheiden. Bei Langzeitabgaben und Ingestion wird die Dosis aus den im betrachteten Kalenderjahr produzierten Lagerprodukten für das anschliessende Winterhalbjahr vollständig diesem Kalenderjahr zugeschlagen.

a) Sommerhalbjahr

Durch Aufintegration über die Wachstumsdauer der Pflanzen $T_{\{PP,FP\}}$ ergibt sich während der Erntezeit im Sommerhalbjahr durch Ablagerung auf die Pflanzenoberfläche eine konstante Aktivitätskonzentration auf Blattgemüse, Obst und Beeren, Getreide und Futtermitteln.

Dazu kommt die Aufnahme von Aktivität über die Wurzel in die Pflanzen, die zu einer zeitabhängige Aktivitätskonzentration $C_{\{PP,FP\},W}(t)$ in frischen pflanzlichen Produkten (inkl. Wurzelgemüse) und frischen Futtermitteln unter Annahme eines instantanen Transfers vom Boden in die Pflanze führt.

Der Term $e^{-\lambda_W t}$, der streng genommen in der Formel auftreten würde und das Auswaschen aus dem Wurzelbereich beschreiben würde, kann über ein Kalenderjahr in jedem Fall gleich 1 gesetzt werden.

b) An die Ernteperiode anschliessendes Winterhalbjahr

Wenn angenommen wird, dass während der Ernteperiode nochmals die gleiche Menge an pflanzlichen Produkten und Futtermitteln für das Winterhalbjahr eingelagert wird, dann ergibt sich eine Konzentration in gelagertem Blattgemüse, Obst und Beeren, Getreide und Futtermitteln, auf die während der Ernteperiode eine Ablagerung auf die Pflanzenoberfläche erfolgte, gemäss Anhang A1.4.2 Bst. b der Richtlinie.

Dazu kommt wiederum die Konzentration in allen gelagerten Pflanzen inkl. Wurzelpflanzen durch die Wurzelaufnahme während der Ernteperiode. T_E bezeichnet darin den Zeitraum zwischen dem Beginn des Kalenderjahres und dem Beginn der Ernteperiode (1. Mai; $T_E = 0,33$ Jahre).

Der Term $e^{-\lambda_W t}$, der streng genommen in der Formel auftreten würde und das Auswaschen aus dem Wurzelbereich beschreiben würde, kann über ein Kalenderjahr in jedem Fall gleich 1 gesetzt werden.

Zu Anhang 2 „Berechnung der Dosen für die repräsentativen Personen in der Umgebung“

Zu A2.1 „Externe Strahlung unter der Fortluftfahne (Edelgase, Iod und Aerosole)“

In der Regel kann die Expositionszeit unter der Fahne mit der Dauer der Abgabe gleichgesetzt werden. Allerdings ist für Kurzzeitabgaben (Abgabelimitierung und Berechnung für Auslegungstörfälle) zu berücksichtigen, dass sich die repräsentativen Personen während der Freisetzungsdauer in den ersten 8 Stunden gemäss den Festlegungen in Kapitel 4.2.1 resp. 6.2.1 der Richtlinie an einem anderen Ort aufhalten als danach, die Abschirmfaktoren an diesen Orten unterschiedlich anzunehmen sind und die Ausbreitungs- und Washoutfaktoren für die Freisetzungszeiträume 0 – 8 Stunden, 8 – 24 Stunden, 24 – 72 Stunden resp. mehr als 72 Stunden gemäss den Festlegungen der Richtlinie in Kapitel 6.1.1 variieren können. Die Dosis wird daher für diese Aufenthalts- und Freisetzungszeiträume ggf. stückweise berechnet und am Ende aufsummiert.

Für Langzeitabgaben wird von einer konstanten, homogenen Freisetzung während des Jahres ausgegangen und angenommen, dass sich die repräsentativen Personen am Ort ihres Lebensmittelpunktes (Wohn- resp. Arbeitsort) aufhalten.

Zu A2.2 „Inhalation und Resuspension (Luftpfad: Iod, Aerosole)“

Die Inhalationsdosis ist direkt proportional zur Nuklidkonzentration in der Luft.

In der Regel kann die Expositionszeit unter der Fahne mit der Dauer der Abgabe gleichgesetzt werden. Allerdings ist für Kurzzeitabgaben (Abgabelimitierung und Berechnung für Auslegungstörfälle) zu berücksichtigen, dass sich die repräsentative Personen während der Freisetzungsdauer in den ersten 8 Stunden gemäss den Festlegungen in Kapitel 4.2.1 resp. 6.2.1 der Richtlinie an einem anderen Ort aufhalten als danach und die Ausbreitungsbedingungen für die Freisetzungszeiträume 0 – 8 Stunden, 8 – 24 Stunden, 24 – 72 Stunden resp. mehr als 72 Stunden gemäss den Festlegungen der Richtlinie in Kapitel 6.1.1 variieren können. Die Dosis wird daher für diese Aufenthalts- und Freisetzungszeiträume ggf. stückweise berechnet und am Ende aufsummiert.

Für Langzeitabgaben wird von einer konstanten, homogenen Freisetzung während des Jahres ausgegangen und angenommen, dass sich die repräsentativen Personen am Ort ihres Lebensmittelpunktes (Wohn- resp. Arbeitsort) aufhalten.

Die Inhalation von wiederaufgewirbelten Stoffen (Resuspension) ist ein Langzeiteffekt, der insbesondere bei Kurzzeitabgaben auch nach dem Ende der Freisetzungsphase radioaktiver Stoffe am Ort des Lebensmittelpunktes der repräsentativen Personen (Wohn- oder Arbeitsort) zu Inhalationsdosen führt. Die Dosis daraus wird nur bei Auslegungstörfällen (d.h. Kurzzeitabgaben) insbesondere dann berücksichtigt, wenn signifikante Mengen an α -Strahlern

freigesetzt werden. Für Freisetzungsdauern grösser als 8 Stunden, für die die Ablagerungsfaktoren ξ_k gemäss den Kapiteln 6.1.1 und 6.1.2 der Richtlinie über diese Dauer nicht als konstant angesetzt werden können, wird die Resuspensionsdosis stückweise berechnet und am Ende aufsummiert.

Zu A2.3 „Bodenstrahlung (Luftpfad: Iod, Aerosole)“

Die für die externe Strahlung wirksame Bodenaktivität $A(t)$ wird gemäss Anhang A1.3.1.1 der Richtlinie für Kurzzeit- resp. Anhang A1.3.1.2 der Richtlinie für Langzeitabgaben bestimmt. Durch Aufintegration über die Expositionszeit T_{exp} resp. T_{Kj} ergeben sich daraus die Dosen aus Bodenstrahlung für Kurzzeit- und Langzeitabgaben.

Die Bodenstrahlung durch Iod und Aerosolen über den Luftpfad ist ein Langzeiteffekt, der auch nach dem Ende der Freisetzungsphase radioaktiver Stoffe am Ort des Lebensmittelpunktes der repräsentativen Personen (Wohn- oder Arbeitsort) zu signifikanten, teilweise sogar dominierenden Dosisbeiträgen führt.

Zu A2.4 „Ingestion (Luftpfad: Iod, Aerosole)“

Die für die Ingestion massgebenden Konzentrationen in pflanzlichen Produkten und in Futterpflanzen werden gemäss Anhang A1.4.1 der Richtlinie für Kurzzeit- resp. gemäss Anhang A1.4.2 der Richtlinie für Langzeitabgaben bestimmt. Durch Aufintegration über die Expositionszeit T_{exp} (entsprechend der Verzehrduer nach der Freisetzung) resp. T_{Kj} (entsprechend dem Kalenderjahr) ergeben sich daraus die Ingestionsdosen für pflanzliche Produkte, Milch und Milchprodukte sowie für Fleisch, Fleischprodukte und Eier.

Die Ingestion durch Iod und Aerosolen über den Luftpfad ist ein Langzeiteffekt, der auch nach dem Ende der Freisetzungsphase radioaktiver Stoffe für die repräsentativen Personen zu signifikanten, teilweise sogar dominierenden Dosisbeiträgen führt.

Zu A2.5 „Ingestion (Luftpfad: ^{14}C)“

Eine Berechnung der Dosis durch ^{14}C -Ingestion erfolgt im Allgemeinen nur im Rahmen der Jahresberichterstattung und nur in Einzelfällen für die Festlegung von Langzeitabgabegrenzen. Bei der Berechnung wird davon ausgegangen, dass das Verhältnis von ^{14}C zu inaktivem ^{12}C in der Luft und in den Nahrungsmitteln identisch angesetzt werden kann. Diese Annahme gilt ausschliesslich für ^{14}C -Abgaben in der chemischen Form von CO_2 .

Soll die Formel gemäss Anhang A2.5 der Richtlinie für die Berechnung von Dosen aus Kurzzeitabgaben angewendet werden, so ist ihre Anwendbarkeit kritisch zu hinterfragen und ggf. kann ein anderes Modell besser geeignet sein.

Zu A2.6 „Ingestion (Luftpfad: Tritium)“

Eine Berechnung der Dosis durch eine Ingestion von tritiiertem Wasserdampf erfolgt nur in Einzelfällen für die Jahresberichterstattung und die Abgabelimittierung. Die Formel gemäss Anhang A2.6 der Richtlinie gilt grundsätzlich für Tritium in der Form von tritiiertem Wasser für Langzeitabgaben.

Der Beitrag der Ingestion für andere chemische Formen von Tritium als tritiiertes Wasser (z. B. OBT, HT oder Tritium, das an ein Aerosol gebunden ist) wird im Einzelfall mit anderen Modellen nach dem aktuellen Stand der Technik ermittelt.

Neben der Ingestion wird für Tritium für alle chemischen Formen gegebenenfalls der Dosisbeitrag durch Inhalation gemäss Anhang A2.2 der Richtlinie berücksichtigt.

Zu Anhang 3 „Für die Berechnungen zu verwendende Parameter“

Die für die Berechnung zu verwendenden Parameter sind ausgelagert in die Beilage «Für die Berechnungen nach ENSI-G14 zu verwendende Parameter», deren Inhalt in Anhang 3 der Richtlinie zusammenfassend dargelegt wird. Die erwähnte Beilage ist ein integraler Bestandteil der Richtlinie und deshalb unterliegen Änderungen der Beilage grundsätzlich demselben Änderungsverfahren wie die Richtlinie selbst.

Zu Anhang 4 „Begriffe (gemäss ENSI-Glossar)“

In diesem Anhang werden ausgewählte, in der Richtlinie verwendete Begriffe definiert, soweit diese nicht bereits an anderer Stelle im ENSI-Regelwerk definiert sind. Die Begriffsdefinitionen gemäss Anhang A4 der Richtlinie richten sich nach den ICRP-Veröffentlichungen 101 und 103 sowie nach dem IAEA Safety Glossar und der IAEA Safety Guide GSG-10. Diese Begriffsbestimmungen werden ins ENSI-Glossar aufgenommen.

Anhang 1: IAEA Safety Requirements

ID	Nr.	Anforderung	Abbildung im Schweizer Regelwerk
GSR Part 3	3.31	<p>Safety assessments shall be conducted at different stages, including the stages of siting, design, manufacture, construction, assembly, commissioning, operation, maintenance and decommissioning (or closure) of facilities or parts thereof, as appropriate, so as:</p> <p>(a) To identify the ways in which exposures could be incurred, account being taken of the effects of external events as well as of events directly involving the sources and associated equipment;</p> <p>(b) To determine the expected likelihood and magnitudes of exposures in normal operation and, to the extent reasonable and practicable, to make an assessment of potential exposures;</p> <p>(c) To assess the adequacy of the provisions for protection and safety.</p>	<p>Art. 112 und Art. 123 StSV</p> <p>Art. 13 a und Art. 21 Abs. 1 Bst. c KEG.</p> <p>Art. 7, Bst. c, Art. 8, Art. 10, Art. 12 und Art. 46 KEV.</p> <p>Die Richtlinie ENSI-G14 spezifiziert, wie die Dosen für den Vergleich mit den Dosislimiten, Dosisrichtwerten und Dosiskriterien zu ermitteln sind.</p>

GSR Part 3	3.40	<p>Registrants and licensees shall ensure that a multilevel (defence in depth) system of sequential, independent provisions for protection and safety that is commensurate with the likelihood and magnitude of potential exposures is applied to sources for which the registrants and licensees are authorized. Registrants and licensees shall ensure that if one level of protection were to fail, the subsequent independent level of protection would be available. Such defence in depth shall be applied for the purposes of:</p> <p>(a) Preventing accidents;</p> <p>(b) Mitigating the consequences of any accidents that do occur;</p> <p>(c) Restoring the sources to safe conditions after any such accidents.</p>	<p>Art. 112 und Art. 123 StSV</p> <p>Art. 13 a und Art. 21 Abs. 1 Bst. c KEG.</p> <p>Art. 7, Bst. c, Art. 8, Art. 10, Art. 12 und Art. 46 KEV.</p> <p>Die Richtlinie ENSI-G14 spezifiziert, wie die Dosen für den Vergleich mit den Dosislimiten, Dosisrichtwerten und Dosiskriterien zu ermitteln sind.</p>
GSR Part 3	Req. 29	<p>The government or the regulatory body shall establish the responsibilities of relevant parties that are specific to public exposure, shall establish and enforce requirements for optimization, and shall establish, and the regulatory body shall enforce compliance with, dose limits for public exposure.</p>	<p>Art. 4, Art. 5 und Art. 7 StSV.</p>

GSR Part 3	3.120	<p>The government or the regulatory body shall establish or approve constraints on dose and constraints on risk to be used in the optimization of protection and safety for members of the public. When establishing or approving constraints in respect of a source within a practice, the government or the regulatory body shall take into account, as appropriate:</p> <p>(a) The characteristics of the source and of the practice that are of relevance for public exposure;</p> <p>...</p> <p>(c) Dose contributions from other authorized practices or from possible future authorized practices³⁷, estimated at the design and planning stage, so that the total dose to members of the public is not expected to exceed the dose limit at any time after the start of operation of the source;</p> <p>...</p>	<p>Art. 112 und Art. 123 StSV.</p> <p>Richtlinie ENSI-G14, Kap. 4.3.1 e und 5.3.1 e für Anlagen, für die in der Betriebsbewilligung oder in einem Abgabereglement kein quellenbezogener Dosisrichtwert durch die Bewilligungsbehörde festgelegt wurde.</p>
---------------	-------	--	--

GSR Part 3	3.123	<p>The regulatory body shall establish or approve operational limits and conditions relating to public exposure, including authorized limits for discharges. These operational limits and conditions:</p> <p>(a) Shall be used by registrants and licensees as the criteria for demonstration of compliance after the commencement of operation of a source;</p> <p>(b) Shall correspond to doses below the dose limits with account taken of the results of optimization of protection and safety;</p> <p>...</p> <p>(e) Shall take into account the results of the prospective assessment for radiological environmental impacts that is undertaken in accordance with requirements of the regulatory body.</p>	<p>Art. 112 und Art. 123 StSV.</p> <p>Richtlinie ENSI-G14 für retrospektive Rechnungen (Kapitel 4.3.2 und 5.3.2 für 3.123, Bst. b) und für prospektive Rechnungen (Kapitel 4.3.1, 5.3.1 und 6.3.1 für 3.123, Bst. e).</p>
---------------	-------	---	---

GSR Part 3	3.132	<p>Registrants and licensees, in cooperation with suppliers, in applying for an authorization for discharges, as appropriate:</p> <p>(a) Shall determine the characteristics and activity of the material to be discharged, and the possible points and methods of discharge;</p> <p>(b) Shall determine by an appropriate pre-operational study all significant exposure pathways by which discharged radionuclides could give rise to exposure of members of the public;</p> <p>(c) Shall assess the doses to the representative person due to the planned discharges;</p> <p>(d) Shall consider the radiological environmental impacts in an integrated manner with features of the system of protection and safety, as required by the regulatory body;</p> <p>(e) Shall submit to the regulatory body the findings of (a)–(d) above as an input to the establishment by the regulatory body, in accordance with para. 3.123, of authorized limits on discharges and conditions for their implementation.</p>	<p>Art. 112 und Art. 123 StSV</p> <p>Art. 13 a und Art. 21 Abs. 1 Bst. c KEG.</p> <p>Art. 7, Bst. c, Art. 8, Art. 10, Art. 12 und Art. 46 KEV.</p> <p>Methoden und Vorgaben der Richtlinie ENSI-G14 insbesondere für Bst. (c), (d) und (e) von 3.132</p>
---------------	-------	---	--

Anhang 2: WENRA Safety Reference Levels

Nr.	Anforderung	Abbildung im Schweizer Regelwerk
E1.1	<p>The design basis shall have as an objective the prevention or, if this fails, the mitigation of consequences resulting from anticipated operational occurrences and design basis accidents. Design provisions shall be made to ensure that potential radiation doses to the public and the site personnel do not exceed prescribed limits and are as low as reasonably achievable.</p>	<p>Art. 4, Art. 5, Art. 7, Art. 21, Art. 112 und Art. 123 StSV.</p> <p>Art. 13 a und Art. 21 Abs. 1 Bst. c KEG.</p> <p>Art. 7, Bst. c, Art. 8, Art. 10, Art. 12 und Art. 46 KEV.</p> <p>Richtlinie ENSI-G14, Kap. 4.3.1 e und 5.3.1 e für Anlagen, für die in der Betriebsbewilligung oder in einem Abgabereglement kein quellenbezogener Dosisrichtwert durch die Bewilligungsbehörde festgelegt wurde.</p> <p>Die Richtlinie ENSI-G14 setzt insbesondere die Art. 112 Abs. 3 und Art. 123 Abs. 4 und 5 um.</p>
E4.1	<p>The design basis shall specify the capabilities of the plant to cope with a specified range of plant states within the defined radiation protection requirements. Therefore, the design basis shall include the specification for normal operation, anticipated operational occurrences and design basis accidents from Postulated Initiating Events (PIEs), the safety classification, important assumptions and, in some cases, the particular methods of analysis.</p>	<p>Art. 4, Art. 5, Art. 7, Art. 21, Art. 112 und Art. 123 StSV.</p> <p>Art. 13 a und Art. 21 Abs. 1 Bst. c KEG.</p> <p>Art. 7, Bst. c, Art. 8, Art. 10, Art. 12 und Art. 46 KEV.</p> <p>Richtlinie ENSI-G14, Kap. 4.3.1 e und 5.3.1 e für Anlagen, für die in der Betriebsbewilligung oder in einem Abgabereglement kein quellenbezogener Dosisrichtwert durch die Bewilligungsbehörde festgelegt wurde.</p> <p>Die Richtlinie ENSI-G14 setzt insbesondere die Art. 112 Abs. 3 und Art. 123 Abs. 4 und 5 um.</p>

E7.1	<p>Initiating events shall be grouped into a limited number of categories that correspond to plant states²⁵, according to their probability of occurrence. Radiological and technical acceptance criteria shall be assigned to each plant state such that frequent initiating events shall have only minor or no radiological consequences and that events that may result in severe consequences shall be of very low frequency.</p>	<p>Art. 4, Art. 5, Art. 7, Art. 21, Art. 112 und Art. 123 StSV.</p> <p>Art. 13a und Art. 21 Abs. 1 Bst. c KEG.</p> <p>Art. 7, Bst. c, Art. 8, Art. 10, Art. 12 und Art. 46 KEV.</p> <p>Richtlinie ENSI-G14, Kap. 4.3.1 e und 5.3.1 e für Anlagen, für die in der Betriebsbewilligung oder in einem Abgabereglement kein quellenbezogener Dosisrichtwert durch die Bewilligungsbehörde festgelegt wurde.</p> <p>Die Richtlinie ENSI-G14 setzt insbesondere die Art. 112 Abs. 3 und Art. 123 Abs. 4 und 5 um.</p>
F1.1	<p>As part of defence in depth, analysis of Design Extension Conditions (DEC) shall be undertaken with the purpose of further improving the safety of the nuclear power plant by:</p> <ul style="list-style-type: none"> • enhancing the plant's capability to withstand more challenging events or conditions than those considered in the design basis, • minimising radioactive releases harmful to the public and the environment as far as reasonably practicable, in such events or conditions. 	<p>Art. 123 Abs. 4 StSV.</p> <p>Art. 8 Abs. 5 KEV.</p> <p>Richtlinie ENSI-G14, Kapitel 6.4</p>