

Ressortforschungsberichte zum Strahlenschutz

Überarbeitung der Strahlenschutzverordnung bzgl. der Regelungen zur Freigabe künstlicher radioaktiver Stoffe zur Umsetzung der neuen Euratom-Grundnormen in deutsches Recht – Konzept zur Umsetzung
- Vorhaben 3614R03520

Band 1: Schlussbreicht

Auftragnehmer:
Brenk Systemplanung GmbH (BS)

Dr. S. Thierfeldt
Dr. T. Hein
Dr. R. Kunz
Dr. O. Nitzsche

Das Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) und im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) durchgeführt.

Dieser Band enthält einen Ergebnisbericht eines vom Bundesamt für Strahlenschutz im Rahmen der Ressortforschung des BMUB (UFOPLAN) in Auftrag gegebenen Untersuchungsvorhabens. Verantwortlich für den Inhalt sind allein die Autoren. Das BfS übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie die Beachtung privater Rechte Dritter. Der Auftraggeber behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit seiner Zustimmung ganz oder teilweise vervielfältigt werden.

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der des BfS übereinstimmen.

BfS-RESFOR-132/18

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokumentes immer auf folgende URN:
urn:nbn:de:0221-2018050314821

Salzgitter, Mai 2018

**Überarbeitung der Strahlenschutzverordnung bzgl. der Regelungen zur Freigabe künstlicher radioaktiver Stoffe zur Umsetzung der neuen Euratom-Grundnormen in deutsches Recht – Konzept zur Umsetzung
Schlussbericht**

BS-Projekt-Nr. 1406-05
Forschungsvorhaben 3614R03520

erstellt im Auftrag des
Bundesamtes für Strahlenschutz
Neuherberg

durch die
Brenk Systemplanung GmbH (BS)
Heider-Hof-Weg 23
52080 Aachen

31.12.2016

Anmerkung:

Dieser Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers (BS) wieder und muss nicht mit der Meinung des Auftraggebers (BfS) übereinstimmen.

Dieser Bericht wurde von folgenden Bearbeitern erstellt:

- *Dr. Stefan Thierfeldt*
- *Dr. Tobias Hein*
- *Dr. Ralf Kunz*
- *Dr. Olaf Nitzsche*

Es wird versichert, dass dieser Bericht nach bestem Wissen und Gewissen, unparteiisch und ohne Ergebnisweisung angefertigt worden ist.

ERSTELLUNG, PRÜFUNG UND FREIGABE

erstellt	geprüft	freigegeben
Projektleiter	Geschäftsbereichsleiter	Geschäftsführung

Inhaltsverzeichnis:

Seite:

1.	Einleitung	1
2.	AP1: Prüfung der Freigabewerte der Anlage III Tabelle 1 Spalte 10a StrlSchV zur Metallrecycling auf Konsistenz mit den neuen Freigrenzen der Euratom-Grundnormen	2
2.1	Einführung	2
2.2	Regelungen in § 29 und in Anl. IV Teil G StrlSchV	2
2.3	Radiologisches Modell gemäß der Empfehlung RP 89	3
2.4	Typische Nuklidvektoren für metallische Reststoffe und ihr Einfluss auf die Ausschöpfung von Freigabewerten	4
2.5	Vorgehensweise zur Prüfung der Konsistenz der Freigabewerte für die Rezyklisierung von Metallschrott mit den neuen Freigrenzen.....	6
2.6	Ergebnisse der Konsistenzprüfung gem. Abschnitt 2.5	8
2.7	Fazit	13
3.	AP2: Prüfung der Freigabewerte für Bauschutt, Gebäude und Bodenflächen von Standorten auf Konsistenz mit den neuen Freigrenzen der Euratom-Grundnormen.....	14
3.1	Einführung.....	14
3.2	Regelungen in § 29 und in Anl. IV Teile A, B, F StrlSchV.....	14
3.2.1	Freigabe von Bauschutt	14
3.2.2	Freigabe von Gebäuden	15
3.2.3	Freigabe von Bodenflächen von Standorten	15
3.3	Die radiologischen Modelle.....	16
3.3.1	Freigabe von Bauschutt und Gebäuden	16
3.3.2	Freigabe von Bodenflächen des Standorts	18
3.4	Typische Nuklidvektoren für Bauschutt, Gebäude und Bodenflächen und ihr Einfluss auf die Ausschöpfung von Freigabewerten.....	18
3.5	Vorgehensweise zur Prüfung der Konsistenz der Freigabewerte mit den neuen Freigrenzen	18
3.6	Ergebnisse der Konsistenzprüfung gem. Abschnitt 3.5	19
3.6.1	Bauschutt und Gebäude	19
3.6.2	Bodenflächen der Standorte.....	31
3.6.3	Diskussion einer evtl. Zusammenfassung der Wertesätze von Anl. III Tab. 1 Sp. 6 und 7 StrlSchV.....	34

3.7	Fazit	34
4.	AP3: Freigabe von Flüssigkeiten und Entwicklung abdeckender Szenarien für die Freigabe von Flüssigkeiten.....	35
4.1	Einführung	35
4.2	Regelungen in § 29 StrlSchV.....	35
4.3	Relevante Arten von Flüssigkeiten	36
4.4	Vorliegende radiologische Modelle für die Freigabe von Flüssigkeiten.....	37
4.5	Schlussfolgerungen aus den vorliegenden Untersuchungen zur Freigabe von Flüssigkeiten im Hinblick auf die Erstellung abdeckender Szenarien	38
4.6	Entwicklung abdeckender Szenarien für Flüssigkeiten und Vergleich mit den Freigrenzen.....	38
4.7	Fazit	39
5.	Literaturverzeichnis	41

Tabellenverzeichnis:

Seite:

Tabelle 2.1:	Neu berechnete Freigabewerte für Si-32 und Hg-203 als Ergänzung für Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV.....	8
Tabelle 2.2:	Vergleich der Freigabewerte (FGW) nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV der Freigrenzen nach Anh. VII Tab. A Euratom-Grundnormen („neue FG“) für die formal abgedeckten Nuklide	10
Tabelle 2.3:	Vergleich der Freigabewerte (FGW) nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV der Freigrenzen nach Anh. VII Tab. A Euratom-Grundnormen („neue FG“) für die formal nicht abgedeckten Nuklide	13
Tabelle 3.1:	Nuklidspezifischer Vergleich (Stufen 1 und 2) der Freigabewerte (FGW) nach Anl. III Tab. 1 Sp. 6, 8 und 10 StrlSchV mit den Freigrenzen (FG) nach Anh. VII Tab. A Euratom-Grundnormen („neue Freigrenzen“)	20
Tabelle 3.2:	Nuklidspezifischer Vergleich der Freigabewerte (FGW) nach Anl. III Tab. 1 Sp. 7 StrlSchV mit den Freigrenzen (FG) nach Anh. VII Tab. A Euratom-Grundnormen.....	31

Abbildungsverzeichnis:

Seite:

Abbildung 2.1:	Übersicht der Szenarien in RP 89 [EUR 98].....	4
Abbildung 3.1:	Optionen zur Rezyklierung, Wiederverwendung und Beseitigung für freigegebene Gebäude und Bauschutt [THI 00]	17
Abbildung 4.1:	Einteilung der beim Umgang mit radioaktiven Stoffen anfallenden Reststoffe.....	36

1. EINLEITUNG

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) hat die Brenk Systemplanung GmbH (BS) im August 2014 mit der Durchführung des Forschungsvorhabens „Überarbeitung der Strahlenschutzverordnung bzgl. der Regelungen zur Freigabe künstlicher radioaktiver Stoffe zur Umsetzung der neuen Euratom-Grundnormen in deutsches Recht - Konzept zur Umsetzung“ (Förderkennzeichen 3614R03520) beauftragt. Das Vorhaben bezieht sich insbesondere auf die Fragen bzgl. des Zusammenwirkens der deutschen Freigaberegulungen, insbesondere der zweckgerichteten Freigabe (§ 29 Abs. 2 Nr. 2 StrlSchV), mit den in den Euratom-Grundnormen [EUR 13] enthaltenen Freigrenzen, welche wiederum aus dem Safety Guide RS-G-1.7 der IAEA [IAE 04] stammen. Diese Werte der EU-Grundnormen dienen einerseits als Freigrenzen für beliebig große Materialmengen, die den Einstieg in die strahlenschutzrechtliche Überwachung regeln, andererseits als Freigabewerte, bei deren Unterschreitung die Beendigung der strahlenschutzrechtlichen Überwachung möglich ist und die ebenfalls für beliebig große Materialmengen gelten. Alle Werte sind massenbezogen in Bq/g angegeben.

Dieses Vorhaben gliedert sich in folgende übergeordnete Arbeitspakete:

AP1: Prüfung der Freigabewerte der Anlage III Tabelle 1 Spalte 10a StrlSchV zur Metallrecycling auf Konsistenz mit den neuen Freigrenzen der Euratom-Grundnormen;

AP2: Weitere Untersuchungen zur Verträglichkeit der Freigrenzen der Euratom-Grundnormen mit bestehenden Werten für die Freigabe, insbesondere bzgl. der Werte zur uneingeschränkten Freigabe von Bauschutt, Bodenaushub und Bodenflächen (Anl. III Tab. 1 Sp. 6 und 7 StrlSchV) und der Werte zur Freigabe von Gebäuden zum Abriss (Anl. III Tab. 1 Sp. 10 StrlSchV);

AP3: Freigabe von Flüssigkeiten, insbesondere zur Entwicklung abdeckender Szenarien für Flüssigkeiten und zum Vergleich der neu entwickelten abdeckenden Freigabewerte für die Freigabe von Flüssigkeiten mit den Freigrenzen der Euratom-Grundnormen.

Zu diesen Arbeitspaketen sind einzelne ausführliche Berichte erstellt worden, die die genannten Themen jeweils vollständig behandeln. Es wurde ferner noch ein ergänzender Bericht zur Behandlung von Tochternukliden in den verschiedenen Untersuchungen zur Herleitung von Freigabewerten und Freigrenzen sowie in den aktuellen Strahlenschutz-Grundnormen der EU und in Anl. III Tab. 2 StrlSchV angefertigt. Der vorliegende Bericht stellt in Ergänzung zu den ausführlichen Teilberichten eine umfangreiche Zusammenfassung der Vorgehensweise und Ergebnisse des gesamten Forschungsvorhabens dar. Ziel dieses Berichtes ist, dem Leser eine Übersicht des gesamten Vorhabens zu vermitteln, ohne die vollständigen Teilberichte durcharbeiten zu müssen.

2. AP1: PRÜFUNG DER FREIGABEWERTE DER ANLAGE III TABELLE 1 SPALTE 10A STRLSCHV ZUR METALLREZYKLIERUNG AUF KONSISTENZ MIT DEN NEUEN FREIGRENZEN DER EURATOM-GRUNDNORMEN

2.1 Einführung

Im Rahmen von AP1 dieses Forschungsvorhabens erfolgte zunächst eine Beschreibung des radiologischen Modells, auf dessen Basis die Freigabewerte der Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV hergeleitet wurden (vgl. die Empfehlung RP 89 [EUR 98] der Europäischen Kommission) und die Beschreibung der Regelungen für die Freigabe von metallischen Reststoffen in der StrlSchV. Hieraus werden insbesondere die Konservativitäten deutlich, die bei der Herleitung der Freigabewerte und bei deren Anwendung wesentlich sind. Daneben wird auf die für die weitere Betrachtung wesentliche Rolle von Nuklidvektoren bei großen Materialmengen eingegangen, wie sie insbesondere aus dem Rückbau kerntechnischer Anlagen anfallen.

Daran anschließend wurde untersucht, ob die Freigabe von metallischem Material unter Anwendung der Freigabewerte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV in der Praxis dazu führen könnte, dass in den Produkten, die sich durch den Einschmelzprozess ergeben, die neuen Freigrenzen gem. Anh. VII Tab. A Euratom-Grundnormen [EUR 13] überschritten werden könnten. Dieser Vergleich erfolgt nuklidweise in einem mehrstufigen Verfahren. Konsistenz der Wertesätze für ein Nuklid besteht, wenn davon ausgegangen werden kann, dass in einem Stoff unter Berücksichtigung realer technischer und physikalischer Prozesse die aus dem Vorgang der Freigabe und den nachfolgenden Bearbeitungsschritten resultierende Aktivität die Werte der neuen Freigrenzen nicht überschreitet.

2.2 Regelungen in § 29 und in Anl. IV Teil G StrlSchV

§ 29 StrlSchV enthält in Abs. 2 Nr. 2 Buchst. d die folgende Regelung zur Freigabe:

Die zuständige Behörde kann davon ausgehen, dass dies [*d. h. die Einhaltung der Voraussetzungen für die Freigabe*] erfüllt ist, wenn ...

2. für eine Freigabe von ...

d. Metallschrott zur Rezyklierung die Einhaltung der in der Anlage III Tabelle 1 Spalte 10a genannten Freigabewerte sowie der in Anlage IV Teil A Nr. 1 und Teil G genannten Festlegungen und, sofern eine feste Oberfläche vorhanden ist, die Einhaltung der Werte der Oberflächenkontamination der Anlage III Tabelle 1 Spalte 4

nachgewiesen ist.

Hierbei ist allerdings auch § 29 Abs. 2 Satz 5 StrlSchV zu beachten:

Die zuständige Behörde kann in den Fällen des Satzes 2 Nummer 2 Buchstabe a, b und d auf den Nachweis darüber verzichten, dass die Werte der Oberflächenkontamination der Anlage III Tabelle 1 Spalte 4 eingehalten werden, wenn auszuschließen ist, dass Personen durch die freizugebenden Stoffe kontaminiert werden können.

Da die Anwendung der Werte der Oberflächenkontamination bei der Freigabe bedeuten würde, dass neben den Freigabewerten nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV weitere Anforderungen an die Aktivität des freizugebenden Material gestellt würden, würde dies zu einer Verringerung der tatsächlich freigebbaren Aktivität führen. Dies wäre bei dem hier durchzuführenden Vergleich jedoch nicht konservativ. Daher wird für die im Rahmen von AP1 durchzuführende Konsistenzprüfung davon ausgegangen, dass kein Nachweis der Einhaltung der Werte der Oberflächenkontamination nach Anl. III Tab. 1 Sp. 4 StrlSchV erfolgen muss. Dies ist im vorliegenden Fall die konservative Annahme.

Anl. IV Teil G StrlSchV enthält Regelungen für die Mindestanforderungen an den Verwertungsbetrieb, in welchem der Metallschrott eingeschmolzen wird:

Teil G: Freigabe von Metallschrott zur Rezyklierung

1. Eine Freigabe von Metallschrott zur Rezyklierung setzt voraus, dass der Metallschrott, für den eine wirksame Feststellung nach § 29 Absatz 3 getroffen wurde, eingeschmolzen wird.
2. Die Werte der Anlage III Tabelle 1 Spalte 10a gelten nicht für Verbundstoffe aus metallischen und nicht-metallischen Komponenten.
3. Es sind nur solche Schmelzbetriebe geeignet, bei denen ein Mischungsverhältnis von 1:10 von freigegebenem Metallschrott zu anderen Metallen gewährleistet werden kann oder die einen Durchsatz von mindestens 40.000 Tonnen im Kalenderjahr aufweisen.

Für die hier durchzuführende Konsistenzprüfung ist somit insbesondere ausschlaggebend, dass beim Einschmelzen eine Vermischung 1:10 mit Material anderer Herkunft zu unterstellen ist. Dies ist in aller Regel die weniger restriktive Anforderung, da bei Rückbauprojekten kerntechnischer Anlagen die jährlich nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV freigegebene Metallmasse im Bereich von weniger als 1.000 Mg liegt und somit ein Einschmelzbetrieb, der über eine Jahreskapazität von gerade 40.000 Mg verfügt, aus mindestens 5 solcher Rückbauprojekte gleichzeitig freigegebenes Material annehmen müsste, um das unterstellte Mischungsverhältnis 1:10 zu unterschreiten. Dies ist jedoch nur als Rechenexempel zu verstehen, mit dem verdeutlicht wird, dass in der Praxis in Deutschland von den beiden Anforderungen in Anl. IV Teil G Nr. 3 StrlSchV das Mischungsverhältnis von 1:10 die restriktivere Anforderung darstellt als der Durchsatz der Schmelzanlage von 40.000 Mg/a. Für die weiteren Betrachtungen wird daher von einem Mischungsverhältnis 1:10 zwischen dem freigegebenen metallischen Material und Material sonstiger Herkunft beim Einschmelzen ausgegangen.

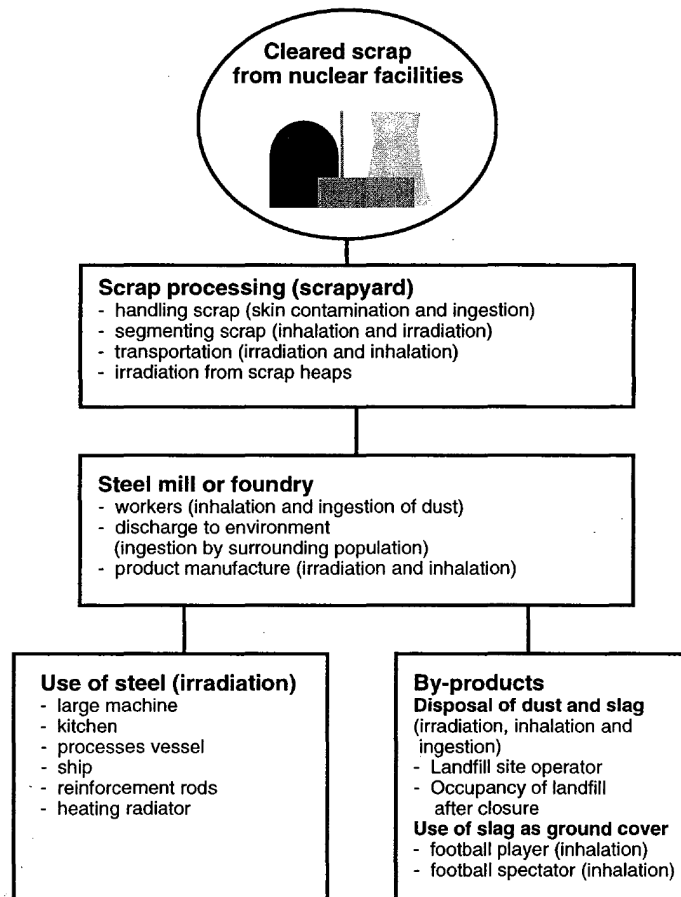
2.3 Radiologisches Modell gemäß der Empfehlung RP 89

Die Freigabewerte der Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV wurden in den folgenden Berichten dargestellt und begründet:

- Grundlage der Freigabewerte für metallische Reststoffe ist die Empfehlung RP 89 der Europäischen Kommission: „Recommended radiological protection criteria for the recycling of metals from the dismantling of nuclear installations“, Radiation Protection No. 89, Luxemburg, 1998 [EUR 98].
- Diese Empfehlung beruht auf folgendem technischen Bericht: „Methodology and models used to calculate individual and collective doses from the recycling of metals from the dismantling of nuclear installations“, Radiation Protection No. 117, Luxemburg, 2000, [EUR 00C].
- Die Umsetzung in deutsches Recht wurde im Bericht „Berechnung massenspezifischer Freigabewerte für schwach radioaktive Reststoffe“, BMU-1998-520, Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz des BMU, Brenk Systemplanung, Aachen, 1998 [DEC 98] dargestellt.

Abbildung 2.1 zeigt eine Übersicht der Szenarien, die in RP 89 für die Herleitung der massenbezogenen Freigabewerte verwendet wurden. Diese stellen somit auch die Grundlage der Szenarien für die Freigabewerte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV dar. Eine vollständige Beschreibung des Modells findet sich im Teilbericht zu AP1 dieses Vorhabens.

Abbildung 2.1: Übersicht der Szenarien in RP 89 [EUR 98]



Ein wesentlicher Parameter, der die Aktivität der Radionuklide nach der Freigabe im Produktmetall sowie in der Schlacke und in den Filterstäuben bestimmt, ist die Partitionierung während des Schmelzens. Hierzu wurden in diversen Studien aufwendige experimentelle Untersuchungen durchgeführt und teilweise mit thermodynamischen Betrachtungen verglichen. Vereinfacht gilt, dass Metalle (Mn, Fe, Co, Ni, Cu, usw.) praktisch vollständig in das Produktmetall übergehen, während sehr schwere Elemente (Po, Ra, Ac, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm usw.) weitestgehend in die Schlacke übertreten. Volatile Elemente wie H, C, F, Na, Cl usw. verlassen die Schmelze und schlagen sich als Aerosole im Staub nieder oder verlassen die Schmelzanlage mit der Fortluft. Eine detaillierte Diskussion der Partitionierungsfaktoren ist im Teilbericht zu AP1 dieses Vorhabens enthalten. Ein konservativ gewählter Satz dieser Faktoren wurde im Modell des Safety Report 44 [IAE 05] verwendet.

Eng verknüpft mit der Partitionierung ist die Aufkonzentration der Aktivität in den beim Schmelzen entstehenden Nebenprodukten Schlacke und Filterstäube. Im Modell des Safety Report 44 wurde für das Massenverhältnis Schlacke/Metall 10 % (Aufkonzentrationsfaktor 10) und für das Massenverhältnis Staub/Metall 1,4 % (Aufkonzentrationsfaktor 70) angesetzt.

2.4 Typische Nuklidvektoren für metallische Reststoffe und ihr Einfluss auf die Ausschöpfung von Freigabewerten

Die gegenwärtige und künftige Situation in Deutschland lässt sich hinsichtlich des Anfalls an Radionukliden an metallischen Reststoffen wie folgt kennzeichnen:

- Die größten freigegebenen Mengen entstehen aus dem Rückbau von Kernkraftwerken. Die führenden radiologisch relevanten Radionuklide sind hierbei Co-60 und Cs-137. Weitere Radionuklide mit hohem Aktivitätsanteil sind Fe-55 und Ni-63, die jedoch eine geringe radiologische Relevanz haben.
- Aus anderen Quellen als dem Rückbau von Kernkraftwerken können Nuklidvektoren mit gänzlich anderer Zusammensetzung entstehen, z. B. mit hohem Anteil an U und TRU aus dem Rückbau von Anlagen des Brennstoffkreislaufs oder mit hohem Anteil an H-3 und C-14 aus dem nach § 7 StrlSchV genehmigtem Umgang, allerdings sind die hierbei anfallenden Mengen um Größenordnungen geringer als bei Kernkraftwerken.

Die Tatsache, dass durch einen Nuklidvektor feste Aktivitätsverhältnisse zwischen je zwei Radionukliden definiert werden, hat Auswirkungen darauf, wie hoch insbesondere sehr hohe Freigabewerte ausgeschöpft werden können, wie folgendes Beispiel verdeutlicht:

- Gegeben sei ein Nuklidgemisch aus Co-60 und Ni-63.
- Der Nuklidvektor wird zu 20 % Aktivitätsanteil von Co-60 und 80 % Aktivitätsanteil von Ni-63 angenommen.
- Die Freigabewerte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV liegen für Co-60 bei 0,6 Bq/g und für Ni-63 bei 10.000 Bq/g.

Unter der Annahme, dass das Nuklidgemisch gerade die Freigabewerte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV vollständig ausschöpft, dass also die zugehörige Summenformel gerade den Wert 1 annimmt, berechnet sich die Aktivitäten für die beiden Nuklide Co-60 und Ni-63 auf folgende Weise. Ausgangspunkt ist die Gleichsetzung der Summenformel mit 1 (wobei alle Gleichungen ohne die Einheit Bq/g geschrieben werden):

$$\frac{A_{\text{Co-60}}}{C_{\text{Co-60}}} + \frac{A_{\text{Ni-63}}}{C_{\text{Ni-63}}} = 1$$

also:

$$\frac{A_{\text{ges}} \cdot 0,2}{0,6} + \frac{A_{\text{ges}} \cdot 0,8}{10.000} = A_{\text{ges}} \cdot (0,33333 + 0,00008) = 0,33341 \cdot A_{\text{ges}} = 1$$

Daraus folgt $A_{\text{ges}} = 2,999$ Bq/g und $A_{\text{Co-60}} = 0,5998$ Bq/g und $A_{\text{Ni-63}} = 2,3992$ Bq/g.

Die Summenformel wird fast vollständig durch die Aktivität von Co-60 ausgeschöpft. Die maximal mögliche Aktivität von Ni-63 schöpft den Freigabewert nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV nur zu 0,02 % aus. Dieses Beispiel verdeutlicht, dass es bei Vorliegen realer Nuklidvektoren nicht möglich ist, die teilweise sehr hohen Freigabewerte der Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV auch nur annähernd auszuschöpfen.

Die Analyse von typischen Nuklidvektoren der Kontamination und der Aktivierung in Kernkraftwerken zeigt folgende Ergebnisse:

- Co-60 dominiert die Aktivitäten der gammastrahlenden Radionuklide für fast 2 Jahrzehnte.
- Die Aktivitätsanteile der Beta- und Elektronen-Einfangstrahler Fe-55 und Ni-63 entwickeln sich gegenläufig. Aufgrund seiner langen Halbwertszeit stellt Ni-63 im betrachteten Zeitraum zuletzt fast die vollständige Aktivität (trägt jedoch praktisch nichts zur Dosisleistung bei).
- Das Verhältnis der Aktivitäten von Co-60 zu anderen Gammastrahlern wie Mn-54, Nb-Isotopen und Ag-108m liegt für einen Zeitraum von mehreren Jahrzehnten bei deutlich höher als 100:1.
- Die Aktivität von Eu-152 ist auf Spurenelemente im Stahl (Verunreinigungen) zurückzuführen. Eu-Isotope müssen bei realen aktivierten Stählen nicht unbedingt auftreten. Die Aktivität

von Eu-152 kann unter ungünstigen Umständen in derselben Größenordnung wie die von Co-60 liegen.

- Diese Feststellungen ändern sich qualitativ auch nicht bei sog. „Co-armen“ Stählen.

2.5 Vorgehensweise zur Prüfung der Konsistenz der Freigabewerte für die Rezyklierung von Metallschrott mit den neuen Freigrenzen

Zur Prüfung der Konsistenz der Freigabewerte für die Rezyklierung von Metallschrott nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV mit den neuen Freigrenzen nach Anh. VII Tab. A Teil 1 der EU-Grundnormen [EUR 13] wird in einem mehrstufigen Prozess untersucht, welche realen Aktivitäten in einem Stoff (hier: Produktmetall) unter Berücksichtigung realer technischer und physikalischer Prozesse (aus dem Vorgang der Freigabe und den nachfolgenden Bearbeitungsschritten) für jedes Radionuklid vorliegen können und wie sich diese Aktivitäten zu den Werten der neuen Freigrenzen verhalten. Hierzu erfolgt ein Vergleich in mehreren Stufen:

- In der ersten Stufe des Vergleichs werden die Wertesätze unmittelbar miteinander verglichen. Da es sich bei den Freigabewerten nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV um solche für die zweckgerichtete Freigabe handelt, die für wesentlich weniger restriktive Expositionsumstände als die Freigabewerte für die uneingeschränkte Freigabe hergeleitet wurden, ergibt sich bei diesem Vergleich, dass die Freigabewerte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV die neuen Freigrenzen der EU-Grundnormen in den meisten Fällen überschreiten. Beispiel hierfür ist Co-60 mit einem Freigabewert nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV von 0,6 Bq/g und einer neuen Freigrenze von 0,1 Bq/g.
- Für diejenigen Radionuklide, für die die Werte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV die neuen Freigrenzen der EU-Grundnormen überschreiten, wird berücksichtigt, dass es im Rahmen der Freigabe von metallischem Material zum Einschmelzen gem. Anl. IV Teil G Nr. 3 StrlSchV zwingend erforderlich ist, ein Mischungsverhältnis von 1:10 einzuhalten. In der zweiten Stufe des Vergleichs wird daher die Aktivitätsreduktion um den Faktor 10 berücksichtigt. Die durch das Einschmelzen erfolgende Partitionierung der Radionuklide zwischen Produktmetall, Schlacke und Filterstäuben (vgl. Abschnitt 2.3) wurde bereits vollständig im Regelwerk, das den Freigabewerten bzw. Freigrenzen in Anh. VII Tab. A Euratom-Grundnormen zugrunde liegt, berücksichtigt. Die Schlacke und Filterstäube werden daher nicht separat betrachtet.
- Für diejenigen Radionuklide, für die auch im zweiten Schritt keine Konsistenz mit den neuen Freigrenzen nachgewiesen werden konnte, wird im dritten Schritt je nach Herkunft unterschiedlich vorgegangen:
 - Material aus kerntechnischen Anlagen kann in relativ großen Mengen vorliegen und ist daher beim Einschmelzvorgang relevant. Für Material aus kerntechnischen Anlagen liegen jedoch immer ein oder mehrere Nuklidvektoren vor, die die Aktivität schwer messbarer und/oder radiologisch weniger relevanter Nuklide mit der Aktivität sog. Schlüsselnuclide verknüpfen. Die Ausschöpfung der nuklidspezifisch angegebenen Freigabewerte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV wird daher durch die Schlüsselnuclide bestimmt, eine vollständige Ausschöpfung der Freigabewerte für die korrelierten Nuklide ist nicht möglich. (Beispiel: Ein Nuklidvektor von 50 % Co-60 und 50 % Ni-63 führt automatisch dazu, dass der hohe Freigabewert von Ni-63 von 10.000 Bq/g nie ausgeschöpft werden kann, da der weitaus niedrigere Freigabewert von Co-60 von 0,6 Bq/g führend ist; bei der Freigabe weisen beide Nuklide max. jeweils eine Aktivität von 0,6 Bq/g auf).

- Für Material aus nach § 7 StrlSchV genehmigtem Umgang kann nicht unbedingt vom Vorliegen von Nuklidvektoren ausgegangen werden. In diesem Fall erfolgt die separate Betrachtung der in diesem Schritt noch verbliebenen Nuklide hinsichtlich ihrer Anwendung und der dabei relevanten Aktivitätsmengen.
- Weitere Einflüsse wie die Unmöglichkeit der vollständigen Ausschöpfung von Freigabewerten aufgrund der Kalibrierung von Messverfahren bei der Freigabe und anderer Faktoren werden diskutiert, jedoch für den Vergleich nicht herangezogen.

Die Vorgehensweise wird anhand folgender Beispiele erläutert:

Beispiel: Co-60

Freigabewert nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV:	0,6 Bq/g
Freigrenze nach Anh. VII Tab. A Euratom-Grundnormen:	0,1 Bq/g
Verhältnis:	6

Co-60 kann zu 100 % in Nuklidvektoren insbesondere aus Kernkraftwerken auftreten. Das Verhältnis von 6 zwischen Freigabewert und Freigrenze wird durch die bei der Freigabe von metallischen Reststoffen zur Rezyklierung einzuhaltende Vermischung von 1:10 kompensiert. Metallschrott, der mit einem Nuklidvektor von 100 % Co-60 unter vollständiger Ausschöpfung der Freigabewerte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV freigegeben werden würde, würde somit zu einem Produktmetall führen, das höchstens 0,06 Bq/g Co-60 aufweist. Reale Anteile am Nuklidvektor sowie die Nichtausschöpfung der Freigabewerte reduzieren diesen Wert noch weiter.

Daher ist der Freigabewert nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV für Co-60 kompatibel zum Wert der neuen Freigrenze nach Anh. VII Tab. A Euratom-Grundnormen.

Beispiel: Ni-63

Freigabewert nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV:	10.000 Bq/g
Freigrenze nach Anh. VII Tab. A Euratom-Grundnormen:	100 Bq/g
Verhältnis:	100

Ni-63 kann auf metallischen Reststoffen aus dem Betrieb und dem Rückbau von Kernkraftwerken auftreten. Es wird an das Schlüsselnuklid Co-60 korreliert. Aufgrund des Entstehungsmechanismus als Neutronenaktivierungsprodukt von Nickel ist es in kerntechnischen Anlagen immer mit anderen Aktivierungsprodukten wie Co-60 oder Fe-55 usw. vergesellschaftet. Seine Aktivität kann diejenige des Co-60 in realen Fällen um ca. den Faktor 5 übersteigen (Halbwertszeiten).

Unterstellt man, dass der Korrelationsfaktor zu Co-60 in Ausnahmefällen 10 betrüge, so kann die Aktivität von Ni-63 in freigegebenem Material also den Wert 6 Bq/g nicht übersteigen, da der Freigabewert von Co-60 bei 0,6 Bq/g liegt. Der Freigabewert 10.000 Bq/g spielt somit in der Praxis keine Rolle.

Beim Einschmelzen geht Ni-63 in das Produktmetall über. Unter der zusätzlichen Berücksichtigung einer Vermischung von 1:10 beim Einschmelzen unterschreitet die Aktivität von Ni-63 die Freigrenze nach Anh. VII Tab. A Euratom-Grundnormen daher bei weitem. Daher ist der Freigabewert nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV für Ni-63 kompatibel zum Wert der neuen Freigrenze nach Anh. VII Tab. A Euratom-Grundnormen.

Beispiel: C-14

Freigabewert nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV:	80 Bq/g
Freigrenze nach Anh. VII Tab. A Euratom-Grundnormen:	1 Bq/g
Verhältnis:	80

C-14 kommt als Kontamination in Kernkraftwerken vor und wird darüber hinaus auch in Forschung und Medizin – meist zusammen mit H-3 – unmittelbar angewendet.

- Beim Vorkommen in der Kontamination in Kernkraftwerken gilt folgende Argumentation: Die Aktivität von C-14 in kernkraftwerkstypischen Nuklidvektoren überschreitet die Aktivität von Co-60 und Cs-137 höchstens um eine Größenordnung, so dass analog zu Ni-63 die reale Aktivität bei der Freigabe den Bereich um 10 Bq/g nicht übersteigt. Der Freigabewert 80 Bq/g kann somit nicht selbständig ausgenutzt werden. Unter Berücksichtigung der Vermischung 1:10 weist das zum Einschmelzen gelangende metallische Material somit C-14-Aktivitäten höchstens im Bereich der neuen Freigrenzen auf. Durch die Abgabe des größten Teils dieser Aktivität mit der Fortluft und Anlagerung nur eines geringen Teils im Filterstaub ist daher auch für das Nebenprodukt Filterstaub keine Überschreitung der Freigrenzen zu besorgen.
- Beim Vorkommen in Radionuklidlaboratorien aus Medizin und Forschung kann C-14 in bestimmten Fällen als einziges Nuklid in der Kontamination vorliegen, so dass das o. g. Verhältnis von Freigabewert zu Freigrenze 80 beträgt. Die insgesamt in einem Jahr anfallende Menge metallischer Reststoffe übersteigt jedoch auch beim Abriss oder wesentlichen Umbau selbst größerer Radionuklidlaboratorien nicht den Bereich einiger 10 Mg. Bei realen metallverarbeitenden Betrieben ist die Vermischung in diesem Fall nicht 1:10, sondern mindestens 1:100. Ferner liegt die mittlere Ausschöpfung der Kontamination in diesem Fall weit unter 100 % der Freigabewerte.

Daher ist der Freigabewert nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV für C-14 kompatibel zum Wert der neuen Freigrenze nach Anh. VII Tab. A Euratom-Grundnormen.

Die Durchsicht der Liste von Radionukliden, für die in Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV keine Freigabewerte vorliegen, jedoch in den übrigen Spalten 5 bis 10 Freigabewerte vorhanden sind, ergibt die folgenden Nuklide (Angabe jeweils mit Halbwertszeit in Klammern):

- Si-32 (101 a),
- K-40 ($1,3 \cdot 10^9$ a),
- Ca-41 (10^5 a),
- Ca-47 (4,5 d),
- Zn-89m (13,8 h) und
- Hg-203 (46,6 d).

Aus dieser Liste können alle Radionuklide mit Ausnahme von Si-32 und Hg-203 als für die Freigabe von metallischen Reststoffen zum Einschmelzen wegen sehr kurzer Halbwertszeit oder nicht vorhandener Relevanz für die Freigabe ausgeschlossen werden. Für die beiden genannten Radionuklide ergeben sich die Freigabewerte analog zu Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV gem. Tabelle 2.1.

Tabelle 2.1: Neu berechnete Freigabewerte für Si-32 und Hg-203 als Ergänzung für Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV

Nuklid	Freigabewert für Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV	Halbwertszeit
Si-32	500 Bq/g	101 a
Hg-203	2 Bq/g	46,6 d

2.6 Ergebnisse der Konsistenzprüfung gem. Abschnitt 2.5

Diese mehrstufige Vorgehensweise wird auf alle Radionuklide, für die Freigabewerte in Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV vorliegen, angewendet. In diesem Zusammenhang werden ergänzend Freigabewerte für die Nuklide Si-32 und Hg-203 berechnet. In den Vergleich einbezogen werden die Freigabewerte von insgesamt 285 Nukliden.

Tabelle 2.2 zeigt die Ergebnisse. Es sind alle Nuklide aufgeführt, welche unter Berücksichtigung des Mischungsverhältnisses von 1:10 Freigabewerte aufweisen, die mit den neuen Freigrenzen formal in Einklang sind. Diese Nuklide sind dadurch gekennzeichnet, dass bei Freigabe nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a sich durch den Einschmelzprozess eine massenspezifische Aktivität ergibt, welche kleiner oder gleich der neuen Freigrenze ist (entspr. Eintrag ≤ 1 in der letzten Spalte der Tabelle). Dieser Sachverhalt betrifft die überwiegende Zahl möglicher Nuklide. Auch die beiden neu einbezogenen Nuklide Si-32 und Hg-203 sind in dieser Auflistung enthalten (aufgeführt am Ende der Tabelle).

Aus der Tabelle können folgende Ergebnisse entnommen werden:

Für ca. 50 Nuklide liegt bereits der Freigabewert nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV niedriger als die zugehörige neue Freigrenze. Dies erklärt sich aus Details der radiologischen Modelle sowie insbesondere aus der bei den neuen Freigrenzen erfolgten Rundung auf Zehnerpotenzen. Für insgesamt mehr als die Hälfte der Nuklide ist der Freigabewert kleiner oder gleich der neuen Freigrenze, so dass Konsistenz zu den neuen Freigrenzen besteht.

Für die überwiegende Anzahl der verbleibenden Nuklide liegt der Freigabewert nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV bei Division durch 10, entsprechend des in Anl. IV Teil G StrlSchV geforderten minimalen Vermischung beim Einschmelzen, niedriger als die zugehörige neue Freigrenze, so dass Konsistenz zu den neuen Freigrenzen besteht.

Die restlichen lediglich 23 Nuklide sind in Tabelle 2.3 aufgelistet. Sie werden im Bericht zu API einer detaillierten Betrachtung unterzogen. Unter diesen Nukliden finden sich keine, die in Nuklidvektoren als Schlüsselnuklide dienen. Hierbei ergibt sich, dass durch Begrenzung der Aktivität in Nuklidvektoren durch Schlüsselnuklide sowie aufgrund der geringen involvierten Massen freizugebender Metalle beim nach § 7 StrlSchV genehmigten Umgang die Aktivität in den Produkten so stark begrenzt ist, dass Konsistenz zu den neuen Freigrenzen besteht. Die Argumentation für die einzelnen Radionuklide folgt dabei den beiden folgenden Argumentationssträngen:

- Bei Herkunft des freigegebenen Metallschrotts kerntechnischen Anlagen können diese Radionuklide in typischen Nuklidvektoren nur in sehr geringen Anteilen vorliegen und sind dann über die Aktivität von Schlüsselnukliden wie Co-60 und Cs-137 aktivitätsmäßig automatisch begrenzt.
- Bei Herkunft des freigegebenen Metallschrotts aus nach § 7 StrlSchV genehmigtem Umgang können diese Radionuklide zwar alleine oder zumindest mit einem hohem Aktivitätsanteil in der Kontamination vorliegen, in diesen Fällen fällt jedoch nur eine vergleichsweise sehr geringe jährliche Metallmasse an, für die die Vermischungsannahme von 1:10 gem. Anl. IV Teil G StrlSchV nicht gerechtfertigt ist, sondern für die mindestens mit 1:100 gerechnet werden muss.

Tabelle 2.2: Vergleich der Freigabewerte (FGW) nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV der Freigrenzen nach Anh. VII Tab. A Euratom-Grundnormen („neue FG“) für die formal abgedeckten Nuklide

Nuklid	FGW Sp. 10a [Bq/g]	„neue FG“ [Bq/g]	FGW/FG	FGW/FG mit Mischung 10%
H-3	1E+03	1E+02	10	1
F-18	1E+01	1E+01	1	0,1
Na-22	1E-01	1E-01	1	0,1
Na-24	1E+01	1E+00	10	1
Si-31	1E+03	1E+03	1	0,1
P-32	2E+01	1E+03	0,02	0,002
P-33	2E+02	1E+03	0,2	0,02
S-35	6E+02	1E+02	6	0,6
Cl-36	1E+01	1E+00	10	1
Cl-38	1E+01	1E+01	1	0,1
K-42	1E+02	1E+02	1	0,1
K-43	1E+01	1E+01	1	0,1
Ca-45	6E+02	1E+02	6	0,6
Ca-47	1E+01	1E+01	1	0,1
Sc-46	3E-01	1E-01	3	0,3
Sc-47	1E+02	1E+02	1	0,1
Sc-48	1E+01	1E+00	10	1
V-48	1E+00	1E+00	1	0,1
Cr-51	1E+03	1E+02	10	1
Mn-51	1E+01	1E+01	1	0,1
Mn-52	1E+01	1E+00	10	1
Mn-52m	1E+01	1E+01	1	0,1
Mn-56	1E+01	1E+01	1	0,1
Fe-52	1E+01	1E+01	1	0,1
Fe-55	1E+04	1E+03	10	1
Fe-59	1E+01	1E+00	10	1
Co-55	1E+01	1E+01	1	0,1
Co-56	4E-01	1E-01	4	0,4
Co-58	1E+00	1E+00	1	0,1
Co-58m	1E+04	1E+04	1	0,1
Co-60	6E-01	1E-01	6	0,6
Co-60m	1E+03	1E+03	1	0,1
Co-61	1E+02	1E+02	1	0,1
Co-62m	1E+01	1E+01	1	0,1
Ni-65	1E+01	1E+01	1	0,1
Cu-64	1E+02	1E+02	1	0,1
Zn-65	5E-01	1E-01	5	0,5
Zn-69	1E+04	1E+03	10	1
Zn-69m	1E+02	1E+01	10	1
Ga-72	1E+01	1E+01	1	0,1
Ge-71	4E+03	1E+04	0,4	0,04
As-73	1E+02	1E+03	0,1	0,01
As-74	1E+01	1E+01	1	0,1
As-76	1E+02	1E+01	10	1
As-77	1E+03	1E+03	1	0,1
Se-75	3E+00	1E+00	3	0,3
Br-82	1E+01	1E+00	10	1
Rb-86	2E+01	1E+02	0,2	0,02
Sr-85	1E+00	1E+00	1	0,1
Sr-85m	1E+02	1E+02	1	0,1

Nuklid	FGW Sp. 10a [Bq/g]	„neue FG“ [Bq/g]	FGW/FG	FGW/FG mit Mischung 10%
Sr-87m	1E+02	1E+02	1	0,1
Sr-89	2E+01	1E+03	0,02	0,002
Sr-90	9E+00	1E+00	9	0,9
Sr-91	1E+01	1E+01	1	0,1
Sr-92	1E+01	1E+01	1	0,1
Y-90	1E+03	1E+03	1	0,1
Y-91	3E+01	1E+02	0,3	0,03
Y-91m	1E+02	1E+02	1	0,1
Y-92	1E+02	1E+02	1	0,1
Y-93	1E+02	1E+02	1	0,1
Zr-93	1E+01	1E+01	1	0,1
Zr-93	1E+01	1E+01	1	0,1
Zr-95	6E-01	1E+00	0,6	0,06
Zr-97	1E+01	1E+01	1	0,1
Nb-94	4E-01	1E-01	4	0,4
Nb-95	1E+01	1E+00	10	1
Nb-97	1E+01	1E+01	1	0,1
Nb-98	1E+01	1E+01	1	0,1
Mo-90	1E+01	1E+01	1	0,1
Mo-99	1E+02	1E+01	10	1
Mo-101	1E+01	1E+01	1	0,1
Tc-96	1E+01	1E+00	10	1
Tc-96m	1E+03	1E+03	1	0,1
Tc-97m	1E+03	1E+02	10	1
Tc-99m	1E+02	1E+02	1	0,1
Ru-97	1E+02	1E+01	10	1
Ru-105	1E+01	1E+01	1	0,1
Ru-106	1E+00	1E-01	10	1
Rh-103m	1E+04	1E+04	1	0,1
Rh-105	1E+02	1E+02	1	0,1
Pd-103	3E+02	1E+03	0,3	0,03
Pd-109	1E+03	1E+02	10	1
Ag-110m	5E-01	1E-01	5	0,5
Ag-111	4E+01	1E+02	0,4	0,04
Cd-115	1E+02	1E+01	10	1
Cd-115m	2E+01	1E+02	0,2	0,02
In-111	1E+02	1E+01	10	1
In-113m	1E+02	1E+02	1	0,1
In-114m	1E+01	1E+01	1	0,1
In-115m	1E+02	1E+02	1	0,1
Sn-113	2E+00	1E+00	2	0,2
Sn-125	2E+01	1E+01	2	0,2
Sb-122	1E+02	1E+01	10	1
Sb-124	5E-01	1E+00	0,5	0,05
Te-123m	1E+01	1E+00	10	1
Te-125m	6E+01	1E+03	0,06	0,006
Te-127	1E+03	1E+03	1	0,1
Te-127m	5E+01	1E+01	5	0,5
Te-129	1E+02	1E+02	1	0,1
Te-129m	2E+01	1E+01	2	0,2

Nuklid	FGW Sp. 10a [Bq/g]	„neue FG“ [Bq/g]	FGW/FG	FGW/FG mit Mischung 10%
Te-131	1E+02	1E+02	1	0,1
Te-131m	1E+01	1E+01	1	0,1
Te-133	1E+01	1E+01	1	0,1
Te-133m	1E+01	1E+01	1	0,1
Te-134	1E+01	1E+01	1	0,1
I-123	1E+02	1E+02	1	0,1
I-125	3E+00	1E+02	0,03	0,003
I-126	2E+00	1E+01	0,2	0,02
I-130	1E+01	1E+01	1	0,1
I-131	2E+00	1E+01	0,2	0,02
I-132	1E+01	1E+01	1	0,1
I-133	1E+01	1E+01	1	0,1
I-134	1E+01	1E+01	1	0,1
I-135	1E+01	1E+01	1	0,1
Cs-129	1E+02	1E+01	10	1
Cs-131	9E+02	1E+03	0,9	0,09
Cs-132	1E+01	1E+01	1	0,1
Cs-134	2E-01	1E-01	2	0,2
Cs-134m	1E+03	1E+03	1	0,1
Cs-135	2E+01	1E+02	0,2	0,02
Cs-136	1E+01	1E+00	10	1
Cs-137	6E-01	1E-01	6	0,6
Cs-138	1E+01	1E+01	1	0,1
Ba-131	9E+01	1E+01	9	0,9
Ba-133	2E+00	2E-01¹⁾	10	1
Ba-140	1E+01	1E+00	10	1
La-140	1E+01	1E+00	10	1
Ce-139	9E+00	1E+00	9	0,9
Ce-141	7E+01	1E+02	0,7	0,07
Ce-143	1E+02	1E+01	10	1
Ce-144	1E+01	1E+01	1	0,1
Pr-142	1E+02	1E+02	1	0,1
Pr-143	4E+01	1E+03	0,04	0,004
Nd-147	5E+01	1E+02	0,5	0,05
Nd-149	1E+02	1E+02	1	0,1
Pm-147	6E+03	1E+03	6	0,6
Pm-149	1E+03	1E+03	1	0,1
Sm-151	7E+03	1E+03	7	0,7
Sm-153	1E+02	1E+02	1	0,1
Eu-152	5E-01	1E-01	5	0,5
Eu-152m	1E+02	1E+02	1	0,1
Eu-154	5E-01	1E-01	5	0,5
Gd-153	2E+01	1E+01	2	0,2
Gd-159	1E+03	1E+02	10	1
Tb-160	6E-01	1E+00	0,6	0,06
Dy-165	1E+03	1E+03	1	0,1
Dy-166	1E+03	1E+02	10	1
Ho-166	1E+03	1E+02	10	1
Er-169	1E+02	1E+03	0,1	0,01
Er-171	1E+02	1E+02	1	0,1

Nuklid	FGW Sp. 10a [Bq/g]	„neue FG“ [Bq/g]	FGW/FG	FGW/FG mit Mischung 10%
Tm-170	7E+01	1E+02	0,7	0,07
Tm-171	7E+02	1E+03	0,7	0,07
Yb-175	1E+03	1E+02	10	1
Lu-177	1E+03	1E+02	10	1
Hf-181	1E+01	1E+00	10	1
Ta-182	5E-01	1E-01	5	0,5
W-181	6E+01	1E+01	6	0,6
W-185	7E+02	1E+03	0,7	0,07
W-187	1E+02	1E+01	10	1
Re-186	1E+03	1E+03	1	0,1
Re-188	1E+02	1E+02	1	0,1
Os-185	5E-01	1E+00	0,5	0,05
Os-191	9E+01	1E+02	0,9	0,09
Os-191m	1E+03	1E+03	1	0,1
Os-193	1E+02	1E+02	1	0,1
Ir-190	1E+01	1E+00	10	1
Ir-192	2E+00	1E+00	2	0,2
Ir-194	1E+02	1E+02	1	0,1
Pt-191	1E+02	1E+01	10	1
Pt-193m	1E+03	1E+03	1	0,1
Pt-197	1E+03	1E+03	1	0,1
Pt-197m	1E+02	1E+02	1	0,1
Au-198	1E+02	1E+01	10	1
Au-199	1E+02	1E+02	1	0,1
Hg-197	1E+02	1E+02	1	0,1
Hg-197m	1E+02	1E+02	1	0,1
Tl-200	1E+01	1E+01	1	0,1
Tl-201	1E+02	1E+02	1	0,1
Tl-202	1E+02	1E+01	10	1
Pb-203	1E+02	1E+01	10	1
Pb-210	6E-02	7E-02¹⁾	0,9	0,09
Pb-212	1E+01	1E+01¹⁾	1	0,1
Bi-206	1E+01	1E+00	10	1
Bi-207	6E-01	1E-01	6	0,6
Bi-210	1E+03	6E+02¹⁾	1,7	0,17
Bi-212	1E+01	5E+02¹⁾	0,02	0,002
Po-203	1E+01	1E+01	1	0,1
Po-205	1E+01	1E+01	1	0,1
Po-207	1E+01	1E+01	1	0,1
Po-210	1E+00	8E-01¹⁾	1,3	0,13
At-211	1E+03	1E+03	1	0,1
Ra-223	5E-01	8E+00¹⁾	0,06	0,006
Ra-224	1E+01	3E+00¹⁾	3,3	0,33
Ra-225	4E-01	1E+01	0,04	0,004
Ra-227	1E+02	1E+02	1	0,1
Ra-228	7E-01	1E+00	0,7	0,07
Ac-227	3E-02	1E-02¹⁾	3	0,3
Ac-228	1E+01	5E+01¹⁾	0,2	0,02
Th-226	1E+03	1E+03	1	0,1
Th-227	3E-01	7E+00¹⁾	0,04	0,004

Nuklid	FGW Sp. 10a [Bq/g]	„neue FG“ [Bq/g]	FGW/FG	FGW/FG mit Mischung 10%
Th-228	4E-01	6E-02¹⁾	6,7	0,67
Th-229	1E-01	1E-01	1	0,1
Th-230	3E-01	2E-01¹⁾	1,5	0,15
Th-231	1E+03	4E+02¹⁾	2,5	0,25
Th-232	3E-01	3E-02¹⁾	10	0,1
Th-234	1E+01	2E+02¹⁾	0,05	0,005
Pa-230	1E+01	1E+01	1	0,1
Pa-233	6E+01	1E+01	6	0,6
U-231	1E+02	1E+02	1	0,1
U-232	3E-01	1E-01	3	0,3
U-233	3E+00	1E+00	3	0,3
U-234	2E+00	1E+00¹⁾	2	0,2
U-235	8E-01	6E-01¹⁾	1,3	0,13
U-236	3E+00	1E+01	0,3	0,03
U-237	1E+02	1E+02	1	0,1
U-238	2E+00	1E+00¹⁾	2	0,2
U-239	1E+02	1E+02	1	0,1
U-240	1E+03	1E+02	10	1
Np-237	6E-01	1E+00	0,6	0,06
Np-239	1E+02	1E+02	1	0,1
Np-240	1E+01	1E+01	1	0,1
Pu-234	1E+02	1E+02	1	0,1
Pu-235	1E+02	1E+02	1	0,1
Pu-236	7E-01	1E+00	0,7	0,07
Pu-237	5E+02	1E+02	5	0,5
Pu-238	3E-01	1E-01	3	0,3
Pu-239	2E-01	1E-01	2	0,2
Pu-240	2E-01	1E-01	2	0,2
Pu-241	1E+01	1E+01	1	0,1
Pu-242	3E-01	1E-01	3	0,3
Pu-243	1E+03	1E+03	1	0,1
Pu-244	3E-01	1E-01	3	0,3
Am-241	3E-01	1E-01	3	0,3
Am-242	1E+03	1E+03	1	0,1
Am-242m	3E-01	1E-01	3	0,3
Am-243	3E-01	1E-01	3	0,3
Cm-242	5E+00	1E+01	0,5	0,05
Cm-243	4E-01	1E+00	0,4	0,04
Cm-244	5E-01	1E+00	0,5	0,05
Cm-245	3E-01	1E-01	3	0,3
Cm-246	3E-01	1E-01	3	0,3
Cm-247	3E-01	1E-01	3	0,3
Cm-248	8E-02	1E-01	0,8	0,08
Bk-249	2E+02	1E+02	2	0,2
Cf-246	1E+03	1E+03	1	0,1
Cf-248	3E+00	1E+00	3	0,3
Cf-249	4E-01	1E-01	4	0,4

Nuklid	FGW Sp. 10a [Bq/g]	„neue FG“ [Bq/g]	FGW/FG	FGW/FG mit Mischung 10%
Cf-250	9E-01	1E+00	0,9	0,09
Cf-251	4E-01	1E-01	4	0,4
Cf-252	1E+00	1E+00	1	0,1
Cf-253	4E+01	1E+02	0,4	0,04
Cf-254	7E-01	1E+00	0,7	0,07
Es-253	8E+00	1E+02	0,08	0,008
Es-254m	1E+02	1E+01	10	1
Fm-254	1E+04	1E+04	1	0,1
Ra-226 ²⁾	4E-01	1E+00	0,4	0,04
Ra-228 ²⁾	7E-01	1E+00	0,7	0,07
Si-32 ³⁾	500	100	5	0,5
Hg-203 ³⁾	2	10	0,2	0,02

¹⁾ Freigrenzen gemäß [THI 12]

²⁾ Nuklide gemäß Anh. VII Tab. A Teil 2 Euratom-Grundnormen

³⁾ Nuklide mit FGW Sp. 10a

Tabelle 2.3: Vergleich der Freigabewerte (FGW) nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV der Freigrenzen nach Anh. VII Tab. A Euratom-Grundnormen („neue FG“) für die formal nicht abgedeckten Nuklide

Nuklid	FGW Sp. 10a [Bq/g]	„neue FG“ [Bq/g]	FGW/FG	FGW/FG mit Mischung 10%
Be-7	3E+02	1E+01	30	3
C-14	8E+01	1E+00	80	8
Mn-53	1E+04	1E+02	100	10
Mn-54	2E+00	1E-01	20	2
Co-57	2E+01	1E+00	20	2
Ni-59	1E+04	1E+02	100	10
Ni-63	1E+04	1E+02	100	10
Nb-93m	4E+02	1E+01	40	4
Mo-93	2E+02	1E+01	20	2
Tc-97	4E+02	1E+01	40	4
Tc-99	4E+01	1E+00	40	4
Ru-103	4E+01	1E+00	40	4
Ag-105	4E+01	1E+00	40	4
Ag-108m	8E-01	4E-02 ¹⁾	20	2
Cd-109	2E+01	1E+00	20	2
Sb-125	3E+00	1E-01	30	3
Te-132	1E+02	1E+00	100	10
I-129	4E-01	1E-02	40	4
Eu-155	3E+01	1E+00	30	3
Tl-204	3E+02	1E+00	300	30
Pa-231	2E-01	1E-02 ¹⁾	20	2
Es-254	3E+00	1E-01	30	3
Fm-255	1E+04	1E+02	100	10

¹⁾ Wert der Freigrenze gemäß [THI 12]

2.7 Fazit

Es ergeben sich keine Widersprüche zwischen der Anwendung der Freigabewerte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV und den neuen Freigrenzen nach Anh. VII Tab. A Euratom-Grundnormen. Eine Einschränkung bei der Anwendung der Freigabewerte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV ist daher aus radiologischer Sicht auch zukünftig nicht erforderlich.

Die jeweils zum Mutternuklid einbezogenen Tochternuklide sind zwischen den Wertesätzen der Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV und der RS-G-1.7 nicht vollständig deckungsgleich. Dies hat bei der praktischen Ableitung von Freigabewerten bzw. bei deren Anwendung jedoch keine nennenswerten Auswirkungen, wie im Bericht im Detail diskutiert wird. Es ergibt sich daher kein Anpassungsbedarf für Anl. III Tab. 2 StrlSchV, ebenso keine Notwendigkeit einer Anpassung der Berechnung der Freigabewerte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV.

3. AP2: PRÜFUNG DER FREIGABEWERTE FÜR BAUSCHUTT, GEBÄUDE UND BODENFLÄCHEN VON STANDORTEN AUF KONSISTENZ MIT DEN NEUEN FREIGRENZEN DER EURATOM-GRUNDNORMEN

3.1 Einführung

Im Rahmen von AP2 erfolgte eine Prüfung der Konsistenz der Freigabewerte für Bauschutt, Gebäude und Bodenflächen von Standorten (Anl. III Tab. 1 Sp. 6, 7 und 10 StrlSchV) mit den neuen Freigrenzen der Euratom-Grundnormen [EUR 13], die im Grundsatz analog zu der in Abschnitt 2 dargestellten Konsistenzprüfung für die Freigabewerte der Anl. III Tab. 1 Sp. 10a StrlSchV zur Metallrezyklierung angelegt ist. Im Folgenden werden Darstellungen – soweit notwendig - jeweils getrennt für Bauschutt, Gebäude und Bodenflächen gegeben.

Die detaillierte Vorgehensweise ist in einem ausführlichen Bericht dargelegt.

3.2 Regelungen in § 29 und in Anl. IV Teile A, B, F StrlSchV

3.2.1 Freigabe von Bauschutt

Die Freigabe von Bauschutt ist in § 29 Abs. 2 Nr. 1 Buchst. b StrlSchV geregelt:

„Die zuständige Behörde kann davon ausgehen, dass dies [Einhaltung einer effektiven Dosis im Bereich von 10 Mikrosievert im Kalenderjahr] erfüllt ist, wenn für eine uneingeschränkte Freigabe von ... Bauschutt und Bodenaushub bei einer zu erwartenden Masse von mehr als 1 000 Tonnen im Kalenderjahr die Einhaltung der in Anlage III Tabelle 1 Spalte 6 genannten Freigabewerte und die Einhaltung der in Anlage IV Teil A Nummer 1, Teil B und F genannten Festlegungen ... nachgewiesen ist...“

Die relevanten Festlegungen in Anl. IV Teil A Nr. 1 lauten wie folgt:

b) Der Nachweis der Einhaltung der jeweiligen Freigabewerte und, sofern eine feste Oberfläche vorhanden ist, an der eine Kontaminationsmessung möglich ist, die Einhaltung der Oberflächenkontaminationswerte, sind anhand von Messungen zu erbringen; im Einzelfall können von der zuständigen Behörde auch andere Nachweisverfahren zugelassen werden.

Aus der Regelung nach Buchst. b) folgt für Bauschutt, dass nur massenbezogene Werte der Aktivität einschlägig und nachzuweisen sind. Bauschutt gem. der Definition in DIN 25457-6 [DIN 15] hat keine „feste Oberfläche ..., an der eine Kontaminationsmessung möglich“ ist.

Die Festlegungen in Teil B und F StrlSchV lauten wie folgt:

Teil B Nr. 2: „Die Werte der Anlage III Tabelle 1 Spalte 5 gelten für ... Bauschutt und Bodenaushub, wenn die freizugebende Masse nicht mehr als 1 000 Tonnen im Kalenderjahr beträgt.“

Teil F Nr. 1: „Die Werte der Anlage III Tabelle 1 Spalte 6 gelten für Bauschutt und Bodenaushub, der bei laufenden Betriebsarbeiten anfällt oder nach Abriss von Gebäuden oder Anlagenteilen, sofern die Voraussetzungen einer Freimessung an der stehenden Struktur nach Teil D nicht erfüllt sind.“

Teil F Nr. 2. „Bei einer Freimessung von Bauschutt und Bodenaushub darf die Mittelungsmasse bis zu 1 Tonne betragen. In begründeten Fällen kann die zuständige Behörde höhere Mittelungsmassen zulassen.“

3.2.2 Freigabe von Gebäuden

Die uneingeschränkte Freigabe von Gebäuden ist in § 29 Abs. 2 Nr. 1 Buchst. d StrlSchV geregelt:

„Die zuständige Behörde kann davon ausgehen, dass dies [Einhaltung einer effektiven Dosis im Bereich von 10 Mikrosievert im Kalenderjahr] erfüllt ist, wenn für eine uneingeschränkte Freigabe von ... Gebäuden zur Wieder- und Weiterverwendung die Einhaltung der in Anlage III Tabelle 1 Spalte 8 genannten Freigabewerte sowie die Einhaltung der in Anlage IV Teil A Nummer 1, Teil B und D genannten Festlegungen ... nachgewiesen ist...“

Die Freigabe von Gebäuden zum Abriss ist in § 29 Abs. 2 Nr. 2 Buchst. c StrlSchV geregelt:

„Die zuständige Behörde kann davon ausgehen, dass dies [Einhaltung einer effektiven Dosis im Bereich von 10 Mikrosievert im Kalenderjahr] erfüllt ist, wenn für eine Freigabe von ... Gebäuden zum Abriss die Einhaltung der in Anlage III Tabelle 1 Spalte 10 genannten Freigabewerte sowie die Einhaltung der in Anlage IV Teil A Nr. 1 und Teil D genannten Festlegungen ... nachgewiesen ist...“

Von den Festlegungen in Anl. IV Teil D StrlSchV sind im vorliegenden Zusammenhang nur die folgenden Nummern relevant:

- „3. Die zugrunde zu legende Mittelungsfläche darf bis zu 1 m² betragen.
4. Ist eine spätere Wieder- oder Weiterverwendung des Gebäudes nicht auszuschließen, dürfen die Oberflächenkontaminationswerte die Werte der Anlage III Tabelle 1 Spalte 8 nicht überschreiten.
5. Soll das Gebäude nach der Freimessung abgerissen werden, dürfen die Oberflächenkontaminationswerte die Werte der Anlage III Tabelle 1 Spalte 10 nicht überschreiten. In begründeten Fällen kann die zuständige Behörde größere Mittelungsflächen als 1 m² zulassen.“

Hieraus ergeben sich Randbedingungen für die Umrechnung der flächenbezogen angegebenen Freigabewerte für die Freigabe von Gebäuden in massenbezogene Werte, die für den Vergleich mit den neuen Freigrenzen der EU-Grundnormen erforderlich ist.

3.2.3 Freigabe von Bodenflächen von Standorten

Die Freigabe von Bodenflächen ist in § 29 Abs. 2 Nr. 1 Buchst. c StrlSchV geregelt:

„Die zuständige Behörde kann davon ausgehen, dass dies [Einhaltung einer effektiven Dosis im Bereich von 10 Mikrosievert im Kalenderjahr] erfüllt ist, wenn für eine uneingeschränkte Freigabe von ... Bodenflächen die Einhaltung der in Anlage III Tabelle 1 Spalte 7 genannten Freigabewerte und die Einhaltung der in Anlage IV Teil A Nummer 1, Teil B und E genannten Festlegungen ... nachgewiesen ist...“

Die Festlegungen in Anl. IV Teil E StrlSchV lauten wie folgt:

- „1. Bei Anwendung flächenbezogener Freigabewerte darf die Mittelungsfläche für die Oberflächenkontamination bis zu 100 Quadratmeter betragen. Alternativ darf bei Anwendung massenbezogener Freigabewerte die zugrunde zu legende Mittelungsmasse für die Ermittlung der spezifischen Aktivität bis zu einer Tonne betragen.
2. Es sind nur die Kontaminationen zu berücksichtigen, die durch die Anlagen oder Einrichtungen auf dem Betriebsgelände verursacht worden sind.
3. Soweit in Anlage III Tabelle 1 Spalte 7 keine Freigabewerte angegeben sind, ist der Nachweis, dass für Einzelpersonen der Bevölkerung eine nur geringfügige Dosis zu erwarten ist, im Einzelfall zu führen. Dabei sind die Nutzungen der freizugebenden Bodenflächen nach den

jeweiligen Standortgegebenheiten und die dabei relevanten Expositionspfade zu berücksichtigen.

4. Der Nachweis nach Nummer 3 ist auf der Grundlage von Messungen durch Dosisberechnungen zu erbringen.

5. Die Freigabewerte der Anlage III Tabelle 1 Spalte 7 können in flächenbezogene Freigabewerte gemäß folgender Beziehung umgerechnet werden:

$$O_i = R_i \cdot \rho \cdot d$$

Dabei ist:

O_i der Freigabewert für Bodenflächen für das jeweilige Radionuklid i in Bq/cm²,

R_i der Freigabewert für Bodenflächen für das jeweilige Radionuklid i in Bq/g gemäß Anlage III Tabelle 1 Spalte 7,

ρ die mittlere Bodendichte in g/cm³ in der Tiefe d und

d die mittlere Eindringtiefe in cm.“

Für die hier durchzuführende Bewertung ist von den Festlegungen in Anl. IV Teil E StrlSchV insbesondere relevant, dass die Freigabewerte in der Einheit Bq/g angegeben sind und sich daher direkt für den Vergleich mit den neuen Freigrenzen der EU-Grundnormen eignen. Ferner ist die Regelung unter Nr. 3 wichtig, auch in Zusammenhang mit Anl. IV Teil A Nr. 1 Buchst. g StrlSchV: Für den Satz von Freigabewerten der Anl. III Tab. 1 Sp. 7 StrlSchV ist nicht vorgesehen, dass weitere Werte mittels desselben Modells, das auch für die Herleitung der angegebenen Werte verwendet wurde, berechnet werden, weil für andere als die angegebenen Werte das Modell an seine Grenzen stößt. Vielmehr ist beim Vorliegen von Radionukliden, für die in Anl. III Tab. 1 Sp. 7 StrlSchV kein Freigabewert existiert, ein Einzelfallnachweis zu führen. Dies bedeutet, dass im vorliegenden Fall keine Freigabewerte in die Berechnungen einbezogen werden, die über die in Anl. III Tab. 1 Sp. 7 StrlSchV erfassten Radionuklide hinausgehen.

3.3 Die radiologischen Modelle

Die Kenntnis der radiologischen Modelle, auf deren Basis

- die Freigabewerte für Bauschutt nach Anl. III Tab. 1 Sp. 6 StrlSchV, für Gebäude zur Folgenutzung oder zum Abriss nach Anl. III Tab. 1 Sp. 8 StrlSchV und für Gebäude zum Abriss nach Anl. III Tab. 1 Sp. 10 StrlSchV sowie
- die Freigabewerte für Bodenflächen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 7 StrlSchV

hergeleitet wurden, stellt eine wesentliche Grundlage für die Bewertung der Möglichkeit der Ausschöpfung der Freigabewerte über große Massen dar.

3.3.1 Freigabe von Bauschutt und Gebäuden

Die Freigabewerte der Anl. III Tab. 1 Sp. 6, 8 und 10 StrlSchV wurden in den folgenden Berichten dargestellt und begründet:

- RP 113: Recommended radiological protection criteria for the clearance of buildings and building rubble from the dismantling of nuclear installations [EUR 00],
- RP 114: Definition of clearance levels for the release of radioactively contaminated buildings and building rubble [EUR 00B],
- Freigabe von Gebäuden und Bauschutt aus kerntechnischem Umgang [THI 00].

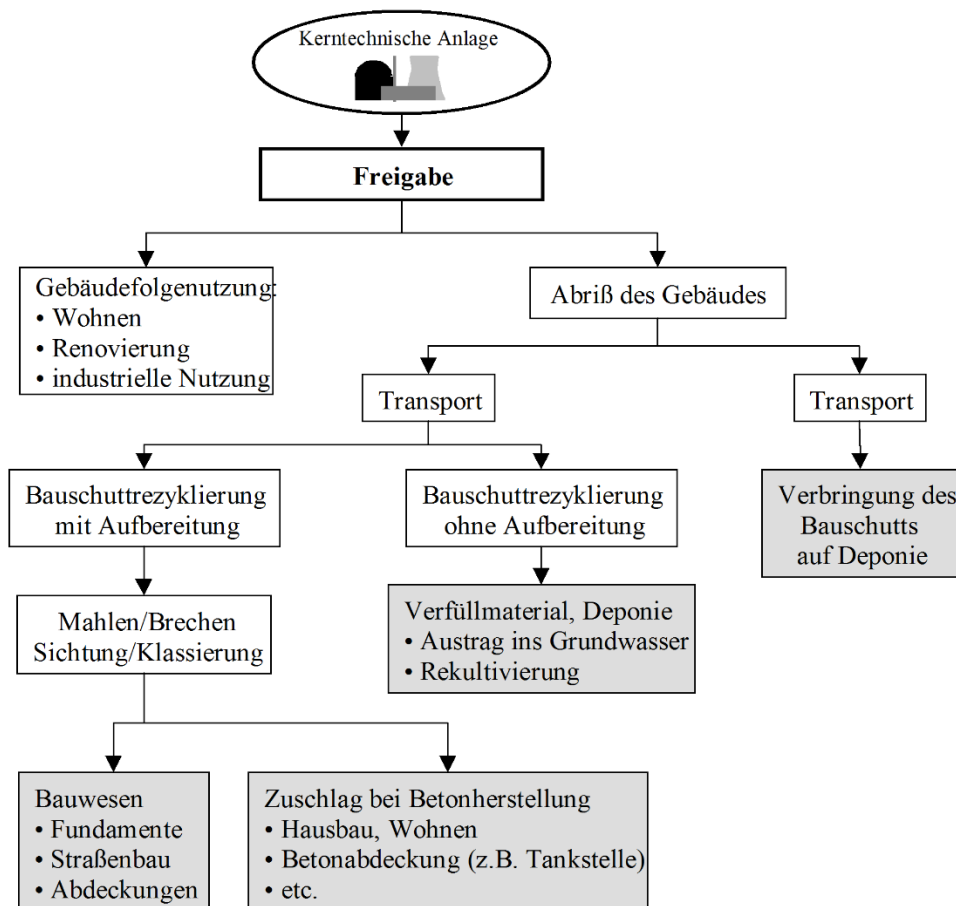
Grundlage der radiologischen Modellierung ist die Tatsache, dass nach der Beendigung des genehmigten Umgangs in einer kerntechnischen Einrichtung das Gebäude einer Wiederverwendung zugeführt bzw. der Bauschutt nach Abriss recycelt oder (zumindest zum Teil) deponiert werden muss. Das Modell wird in [THI 00] zusammenfassend aus der Darstellung aus [EUR 00B] beschrieben. Generell wird im Modell zwischen den Möglichkeiten unterschieden:

1. Folgenutzung des Gebäudes, d. h. Freigabe an der stehenden Gebäudestruktur zur anschließenden Wiederverwendung;
2. Abriss des Gebäudes nach erfolgter Freigabe, d. h. Freigabe ebenfalls an der stehenden Gebäudestruktur, jedoch mit der Notwendigkeit des anschließenden Abrisses ohne vorherige Nutzung;
3. Abriss des Gebäudes vor erfolgter Freigabe, d. h. Freigabe des dabei anfallenden Bauschutts.

Typischerweise sind die kritischen Szenarien durch große Materialmengen gekennzeichnet, die an einem Ort zusammenkommen und dort für eine längere Zeit verbleiben. Dies wurde im Modell speziell im Hinblick auf den Rückbau von Kernkraftwerken berücksichtigt. Alle Überlegungen gelten jedoch auch für andere kerntechnische Anlagen sowie für Labore usw., in denen ein Umgang mit Radionukliden stattfand. Es wurde im Modell in vollem Umfang berücksichtigt, dass die Kontamination auf Gebäudeoberflächen nur oberflächlich mit einer gewissen Eindringtiefe vorliegt.

Das gesamte Modell ist in Abbildung 3.1 wiedergegeben. Der linke Ast dieses Diagramms beschreibt die Exposition durch das wieder genutzte Gebäude, der rechte Ast die Exposition durch den Abriss des Gebäudes sowie durch den direkt freigegebenen Bauschutt. Eine detaillierte Beschreibung der Szenarien ist im vollständigen Bericht zu AP2 dieses Forschungsvorhabens enthalten.

Abbildung 3.1: Optionen zur Rezyklierung, Wiederverwendung und Beseitigung für freigegebene Gebäude und Bauschutt [THI 00]



3.3.2 Freigabe von Bodenflächen des Standorts

Für die Freigabewerte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 7 StrlSchV liegt der folgende Bericht vor.

- Stilllegung von Kernanlagen – Freigabe von Bodenflächen kerntechnischer Standorte [THI 99].

Generell wurde in [THI 99] zwischen den Expositionsumständen während der Bauphase und während der Phase der Neunutzung des Standorts unterschieden. Unter der Bauphase ist die Phase zu verstehen, in der die noch bestehenden Gebäude der freigegebenen Anlage auf dem Standort abgebaut werden und anschließend – soweit vorgesehen – die Bauwerke für die Neunutzung errichtet werden. Hierbei wird vorwiegend Personal exponiert, das die Bauarbeiten ausführt. Für die Zeit nach Abschluss der Bauphase, wenn das Gelände also seinem neuen Nutzungszweck übergeben wird, werden Szenarien betrachtet, die abdeckend alle Tätigkeiten für die allgemeine Bevölkerung beschreiben. Hierzu gehört der Aufenthalt in Häusern, die auf der Fläche errichtet wurden, ebenso wie der Aufenthalt in dazugehörigen Gärten oder auf Grünflächen.

3.4 Typische Nuklidvektoren für Bauschutt, Gebäude und Bodenflächen und ihr Einfluss auf die Ausschöpfung von Freigabewerten

Für Nuklidvektoren in Gebäuden und bei Bauschutt gelten prinzipiell dieselben Aussagen, die für die Freigabe von Metallschrott in Abschnitt 2.4 getroffen wurden. Die Situation in Deutschland ist wie folgt gekennzeichnet:

- Die größten freigegebenen Mengen entstehen aus dem Rückbau von Kernkraftwerken. In Gebäudestrukturen treten Kontamination und Aktivierung auf. Die führenden radiologisch relevanten Radionuklide sind hierbei Cs-137+ und Co-60 wobei allerdings Co-60 gerade bei der Gebäudefreigabe oft stark gegenüber Cs-137+ zurücktritt, da durch den vergleichsweise langen Zeitraum bis zur Freigabe Co-60 mit einer Halbwertszeit von ca. 5 a wesentlich stärker zerfällt als Cs-137+ mit einer Halbwertszeit von ca. 30 a. Bei Brennelement-Schäden im Anlagenbetrieb sind auch alphastrahlende Nuklide, vor allem Am-241, vorhanden. Weitere Radionuklide mit hohem Aktivitätsanteil sind – je nach Typ der Anlage – H-3, Sr-90 und Ni-63, die jedoch eine geringere radiologische Relevanz haben. In der Aktivierung von Kernkraftwerken, die auf den Biologischen Schild und einige angrenzende Baustrukturen beschränkt ist, treten C-41, Ba-133 und Eu-Isotope auf.
- Aus anderen Quellen als dem Rückbau von Kernkraftwerken können Nuklidvektoren mit gänzlich anderer Zusammensetzung entstehen, z. B. mit hohem Anteil an Uran-Isotopen aus dem Rückbau von Anlagen des Brennstoffkreislaufs oder mit hohem Anteil an H-3 und C-14 aus dem nach § 7 StrlSchV genehmigtem Umgang. Allerdings sind die hierbei anfallenden Mengen um Größenordnungen geringer als bei Kernkraftwerken.

Durch die Nuklidvektoren vor allem in Gebäuden und Bauschutt werden, wie in Abschnitt 2.4 dargestellt, maximale Anteile von Radionukliden mit hohen Freigabewerten in Bezug auf die Aktivität von Schlüsselnukliden (Co-60, Cs-137 usw.) festgelegt.

3.5 Vorgehensweise zur Prüfung der Konsistenz der Freigabewerte mit den neuen Freigrenzen

Die Vorgehensweise zur Prüfung der Konsistenz der Freigabewerte der Anl. III Tab. 1 Sp. 6, 8 und 10 StrlSchV sowie der Anl. III Tab. 1 Sp. 7 StrlSchV mit den neuen Freigrenzen bzw. Freigabewerten nach Anh. VII Tab. A Teil 1 der neuen EU-Grundnormen verläuft sehr ähnlich zu der in Abschnitt

2.5 dargestellten Vorgehensweise, wobei allerdings die in Abschnitt 3.2 aufgeführten jeweiligen spezifischen Randbedingungen der StrlSchV zu berücksichtigen sind.

Die Vorgehensweise umfasst für Bauschutt, Gebäude und Bodenflächen die folgenden Schritte:

1. Zunächst wird ermittelt, ob in einem der beiden jeweils zu vergleichenden Wertesätze Radionuklide fehlen und ob die Einbeziehung der Tochternuklide identisch erfolgte. Ist dies nicht der Fall, erfolgt eine entsprechend Ergänzung. Es folgt der direkte nuklidspezifische Vergleich der Freigabewerte aller einbezogenen Wertesätze aus Anl. III Tab. 1 StrlSchV mit den Freigrenzen der EU-Grundnormen. Liegt der Freigabewert niedriger, ist die Konsistenz für das betreffende Radionuklid gezeigt.
2. Andernfalls erfolgt die Berücksichtigung einer kurzen, technisch bzw. administrativ bedingten Zeitspanne, die mindestens zwischen Freigabemessung und Abgabe des Materials liegen muss. Diese beträgt für Bauschutt und Gebäude 3 Tage. Unterschreitet nach Berücksichtigung des radioaktiven Zerfalls während dieser kurzen Zeitspanne die dann noch vorliegende Aktivität im Bauschutt bzw. Gebäude die neuen Freigrenzen, so ist die Kompatibilität der Wertesätze für das betreffende Radionuklid gezeigt. - Für Bodenflächen erübrigt sich dieser Schritt.
3. Im letzten Schritt werden die verbleibenden Nuklide einzeln diskutiert hinsichtlich ihrer Bedeutung in Kontamination oder Aktivierung in kerntechnischen Anlagen bzw. in radiochemischen Labors usw. in Industrie, Forschung oder Medizin. In vielen Fällen sind die Aktivitäten der Nuklide durch die Aktivität eines Schlüsselnuklids wie Co-60 oder Cs-137+ begrenzt, oder sie liegen nur in so geringen Bauschuttmengen bzw. kleinen Gebäudebereichen vor, dass sie für die Freigabe unbedeutend sind.

3.6 Ergebnisse der Konsistenzprüfung gem. Abschnitt 3.5

3.6.1 Bauschutt und Gebäude

Die Schritte 1 und 2 des Vergleichs erfolgen systematisch für alle betrachteten Radionuklide und Zerfallsreihen, für die entweder in Anh. VII Tab. A Euratom-Grundnormen eine neue Freigrenze oder in mindestens einer der Spalten aus Anl. III Tab. 1 Sp. 6, 8 und 10 StrlSchV ein Freigabewert angegeben wird. Zusätzlich wird aufgrund seiner potentiellen radiologischen Relevanz beim Rückbau von kerntechnischen Anlagen ebenfalls das Radionuklid Ca-41 berücksichtigt. Die erzielten Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle 3.1 dargestellt.

Tabelle 3.1: Nuklidspezifischer Vergleich (Stufen 1 und 2) der Freigabewerte (FGW) nach Anl. III Tab. 1 Sp. 6, 8 und 10 StrlSchV mit den Freigrenzen (FG) nach Anh. VII Tab. A Euratom-Grundnormen („neue Freigrenzen“)

Nuklid	[EUR 14] Anh. VII Tab. A Teil 1	StrlSchV Anlage III Tabelle 1												Halbwertszeit
	FG	Spalte 6				Spalte 8				Spalte 10				
		FGW		FGW/FG		FGW		FGW/FG		FGW		FGW/FG		
		[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	
H-3	100	6,0E+01	-	0,6	0,6	3,3E+00	1,0E+03	0,0	0,0	1,3E+01	4,0E+03	0,1	0,1	12,3 a
Be-7	10	3,0E+01	-	3,0	2,9	2,6E-01	8,0E+01	0,0	0,0	2,0E+00	6,0E+02	0,2	0,2	53,3 d
C-14	1	1,0E+01	-	10,0	10,0	3,3E+00	1,0E+03	3,3	3,3	2,0E+01	6,0E+03	19,8	19,8	5,70E+03 a
F-18	10	2,3E-01	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	6,6E+01	2,0E+04	6,6	0,0	109,7 m
Na-22	0,1	1,0E-01	-	1,0	1,0	1,3E-03	4,0E-01	0,0	0,0	1,3E-02	4,0E+00	0,1	0,1	2,6 a
Na-24	1	5,4E-02	-	0,1	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	2,3E+00	7,0E+02	2,3	0,1	15,0 h
Si-31	1000	2,5E+02	-	0,3	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	6,6E+04	2,0E+07	66,0	0,0	2,6 h
Si-32	> 100,0	1,5E+01	-	0,2	0,1	5,3E-01	1,6E+02	0,0	0,0	1,5E+00	4,4E+02	0,0	0,0	101,0 a
P-32	1000	2,0E+01	-	0,0	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	1,3E+03	4,0E+05	1,3	1,1	14,3 d
P-33	1000	2,0E+02	-	0,2	0,2	3,3E+00	1,0E+03	0,0	0,0	2,0E+03	6,0E+05	2,0	1,8	25,3 d
S-35	100	5,0E+02	-	5,0	4,9	3,3E+00	1,0E+03	0,0	0,0	6,6E+02	2,0E+05	6,6	6,4	87,5 d
Cl-36	1	3,0E-01	-	0,3	0,3	9,9E-02	3,0E+01	0,1	0,1	9,9E-02	3,0E+01	0,1	0,1	3,00E+05 a
Cl-38	10	2,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	1,3E+02	4,0E+04	13,2	0,0	37,2 m
K-40	1,0	8,0E-01	-	0,8	0,8	2,0E-02	6,0E+00	0,0	0,0	6,6E-02	2,0E+01	0,1	0,1	1,30E+09 a
K-42	100	8,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	3,3E+01	1,0E+04	0,3	0,0	12,4 h
K-43	10	2,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	6,6E+00	2,0E+03	0,7	0,1	22,2 h
Ca-41	100,0	2,9E+02	-	2,9	2,9	2,9E+01	8,9E+03	0,3	0,3	2,9E+01	8,9E+03	0,3	0,3	1,00E+05 a
Ca-45	100	4,0E+02	-	4,0	3,9	3,3E+00	1,0E+03	0,0	0,0	2,0E+02	6,0E+04	2,0	2,0	163,0 d
Ca-47	10	2,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	1,3E+00	4,0E+02	0,1	0,1	4,5 d
Sc-46	0,1	1,0E-01	-	1,0	1,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,3	0,3	83,8 d
Sc-47	100	3,0E+00	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	2,0E+01	6,0E+03	0,2	0,1	3,4 d
Sc-48	1	7,0E-02	-	0,1	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	9,9E-01	3,0E+02	1,0	0,3	43,7 h
V-48	1	8,0E-02	-	0,1	0,1	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	1,3E-01	4,0E+01	0,1	0,1	16,0 d
Cr-51	100	8,0E+00	-	0,1	0,1	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	6,6E+00	2,0E+03	0,1	0,1	27,7 d
Mn-51	10	2,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	1,7E+02	5,0E+04	16,5	0,0	46,2 m
Mn-52	1	6,0E-02	-	0,1	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	3,0E-01	9,0E+01	0,3	0,2	5,6 d
Mn-52m	10	9,0E-02	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	1,7E+02	5,0E+04	16,5	0,0	21,0 m
Mn-53	100	6,0E+01	-	0,6	0,6	3,3E+00	1,0E+03	0,0	0,0	6,6E+01	2,0E+04	0,7	0,7	3,70E+06 a

Nuklid	[EUR 14] Anh. VII Tab. A Teil 1	StrlSchV Anlage III Tabelle 1												Halbwertszeit
	FG	Spalte 6				Spalte 8				Spalte 10				
		FGW		FGW/FG		FGW		FGW/FG		FGW		FGW/FG		
		[Bq/g]	[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	
Mn-54	0,1	3,0E-01	-	3,0	3,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,3	0,3	312,2 d
Mn-56	10	1,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	3,0E+01	9,0E+03	3,0	0,0	2,6 h
Fe-52	> 10,0	7,0E-02	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	6,6E+00	2,0E+03	0,7	0,0	8,3 h
Fe-52+	10	< 7,0E-02	-	0,0	0,0	< 3,3E-03	< 1,0E+00	0,0	0,0	< 6,6E+00	< 2,0E+03	0,7	0,0	8,3 h
Fe-55	1000	2,0E+02	-	0,2	0,2	3,3E+00	1,0E+03	0,0	0,0	6,6E+01	2,0E+04	0,1	0,1	2,7 a
Fe-59	1	2,0E-01	-	0,2	0,2	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	9,9E-02	3,0E+01	0,1	0,1	45,1 d
Co-55	10	1,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	3,3E+00	1,0E+03	0,3	0,0	17,5 h
Co-56	0,1	6,0E-02	-	0,6	0,6	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	2,0E-02	6,0E+00	0,2	0,2	78,8 d
Co-57	1	3,0E+00	-	3,0	3,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,3	0,3	271,3 d
Co-58	1	2,0E-01	-	0,2	0,2	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	9,9E-02	3,0E+01	0,1	0,1	70,8 d
Co-58m	10000	1,0E+04	-	1,0	0,0	3,3E+00	1,0E+03	0,0	0,0	3,3E+06	1,0E+09	330,0	1,2	8,9 h
Co-60	0,1	9,0E-02	-	0,9	0,9	1,3E-03	4,0E-01	0,0	0,0	9,9E-03	3,0E+00	0,1	0,1	5,3 a
Co-60m	1000	6,0E+01	-	0,1	0,0	3,3E+00	1,0E+03	0,0	0,0	2,3E+05	7,0E+07	231,0	0,0	10,5 m
Co-61	100	4,0E+00	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	1,7E+03	5,0E+05	16,5	0,0	1,7 h
Co-62m	10	8,0E-02	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	2,3E+02	7,0E+04	23,1	0,0	14,0 m
Ni-59	100	3,0E+02	-	3,0	3,0	3,3E+00	1,0E+03	0,0	0,0	3,0E+02	9,0E+04	3,0	3,0	7,50E+04 a
Ni-63	100	3,0E+02	-	3,0	3,0	3,3E+00	1,0E+03	0,0	0,0	1,3E+02	4,0E+04	1,3	1,3	100,0 a
Ni-65	10	4,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	9,9E+01	3,0E+04	9,9	0,0	2,5 h
Cu-64	100	1,0E+00	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	6,6E+01	2,0E+04	0,7	0,0	12,7 h
Zn-65	0,1	4,0E-01	-	4,0	4,0	6,6E-03	2,0E+00	0,1	0,1	6,6E-02	2,0E+01	0,7	0,7	244,0 d
Zn-69	1000	1,0E+04	-	10,0	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	2,3E+07	7,0E+09	23100,0	0,0	56,0 m
Zn-69m	> 10,0	6,0E-01	-	0,1	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	2,3E+01	7,0E+03	2,3	0,1	13,8 h
Zn-69m+	10	< 6,0E-01	-	0,1	0,0	< 3,3E-02	< 1,0E+01	0,0	0,0	2,3E+01	7,0E+03	2,3	0,1	13,8 h
Ga-72	10	8,0E-02	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	3,3E+00	1,0E+03	0,3	0,0	14,1 h
Ge-71	10000	4,0E+03	-	0,4	0,3	3,3E+00	1,0E+03	0,0	0,0	3,0E+05	9,0E+07	29,7	24,7	11,2 d
As-73	1000	1,0E+02	-	0,1	0,1	1,3E+00	4,0E+02	0,0	0,0	6,6E+01	2,0E+04	0,1	0,1	80,3 d
As-74	10	3,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	17,8 d
As-76	10	5,0E-01	-	0,1	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	1,3E+01	4,0E+03	1,3	0,2	26,4 h
As-77	1000	3,0E+01	-	0,0	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	3,3E+02	1,0E+05	0,3	0,1	38,8 h
Se-75	1	7,0E-01	-	0,7	0,7	1,7E-02	5,0E+00	0,0	0,0	1,7E-01	5,0E+01	0,2	0,2	120,0 d
Br-82	1	1,0E+01	-	10,0	2,4	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	1,3E+00	4,0E+02	1,3	0,3	35,3 h

Nuklid	[EUR 14] Anh. VII Tab. A Teil 1	StrlSchV Anlage III Tabelle 1												Halbwertszeit
	FG	Spalte 6				Spalte 8				Spalte 10				
		FGW		FGW/FG		FGW		FGW/FG		FGW		FGW/FG		
		[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	
Rb-86	100	2,0E+00	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	3,3E+00	1,0E+03	0,0	0,0	18,7 d
Sr-85	1	4,0E-01	-	0,4	0,4	2,0E-02	6,0E+00	0,0	0,0	1,7E-01	5,0E+01	0,2	0,2	64,9 d
Sr-85m	100	1,0E+00	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	6,6E+02	2,0E+05	6,6	0,0	67,7 m
Sr-87m	100	7,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	1,7E+02	5,0E+04	1,7	0,0	2,8 h
Sr-89	1000	2,0E+01	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	2,3E+02	7,0E+04	0,2	0,2	50,5 d
Sr-90+	1	6,0E-01	-	0,6	0,6	9,9E-02	3,0E+01	0,1	0,1	9,9E-02	3,0E+01	0,1	0,1	28,5 a
Sr-91	> 10,0	3,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	2,0E+01	6,0E+03	2,0	0,0	9,5 h
Sr-91+	10	< 3,0E-01	-	0,0	0,0	< 3,3E-02	< 1,0E+01	0,0	0,0	< 2,0E+01	< 6,0E+03	2,0	0,0	9,5 h
Sr-92	10	2,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	3,3E+01	1,0E+04	3,3	0,0	2,7 h
Y-90	1000	6,0E+02	-	0,6	0,3	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	6,6E+03	2,0E+06	6,6	3,0	64,1 h
Y-91	100	2,0E+01	-	0,2	0,2	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	1,7E+02	5,0E+04	1,7	1,6	58,5 d
Y-91m	100	4,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	3,0E+02	9,0E+04	3,0	0,0	49,7 m
Y-92	100	9,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	1,7E+02	5,0E+04	1,7	0,0	3,5 h
Y-93	100	3,0E+00	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	1,3E+02	4,0E+04	1,3	0,0	10,1 h
Zr-93	10	1,0E+01	-	1,0	1,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	9,9E+00	3,0E+03	1,0	1,0	1,50E+06 a
Zr-95	> 1,0	9,0E-02	-	0,1	0,1	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	6,6E-02	2,0E+01	0,1	0,1	64,0 d
Zr-95+	1	< 9,0E-02	-	0,1	0,1	< 3,3E-03	< 1,0E+00	0,0	0,0	< 6,6E-02	< 2,0E+01	0,1	0,1	64,0 d
Zr-97	> 10,0	1,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	3,3E+00	1,0E+03	0,3	0,0	16,8 h
Zr-97+	10	< 1,0E-01	-	0,0	0,0	< 3,3E-03	< 1,0E+00	0,0	0,0	< 3,3E+00	< 1,0E+03	0,3	0,0	16,8 h
Nb-93m	10	4,0E+02	-	40,0	40,0	1,7E+00	5,0E+02	0,2	0,2	1,3E+02	4,0E+04	13,2	13,2	16,1 a
Nb-94	0,1	1,0E-01	-	1,0	1,0	1,7E-03	5,0E-01	0,0	0,0	1,3E-02	4,0E+00	0,1	0,1	2,00E+04 a
Nb-95	1	3,0E-01	-	0,3	0,3	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	2,0E-01	6,0E+01	0,2	0,2	35,0 d
Nb-97	1000	3,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	1,7E+02	5,0E+04	0,2	0,0	74,0 m
Nb-97+	10	< 3,0E-01	-	0,0	0,0	< 3,3E-02	< 1,0E+01	0,0	0,0	< 1,7E+02	< 5,0E+04	16,5	0,0	74,0 m
Nb-98	10	9,0E-02	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	6,6E+01	2,0E+04	6,6	0,0	51,0 m
Mo-90	10	3,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	3,0E+01	9,0E+03	3,0	0,0	5,7 h
Mo-93	10	4,0E+00	-	0,4	0,4	2,6E-01	8,0E+01	0,0	0,0	6,6E+00	2,0E+03	0,7	0,7	3,50E+03 a
Mo-99	> 10,0	2,0E+00	-	0,2	0,1	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	1,3E+01	4,0E+03	1,3	0,6	66,0 h
Mo-99+	10	< 2,0E+00	-	0,2	0,1	< 3,3E-02	< 1,0E+01	0,0	0,0	< 1,3E+01	< 4,0E+03	1,3	0,6	66,0 h
Mo-101	> 10,0	2,0E-02	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	6,6E+01	2,0E+04	6,6	0,0	14,6 m
Mo-101+	10	< 2,0E-02	-	0,0	0,0	< 3,3E-03	< 1,0E+00	0,0	0,0	< 6,6E+01	< 2,0E+04	6,6	0,0	14,6 m

Nuklid	[EUR 14] Anh. VII Tab. A Teil 1	StrlSchV Anlage III Tabelle 1												Halbwertszeit
	FG	Spalte 6				Spalte 8				Spalte 10				
		FGW		FGW/FG		FGW		FGW/FG		FGW		FGW/FG		
		[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	
Tc-96	1	9,0E-02	-	0,1	0,1	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	6,6E-01	2,0E+02	0,7	0,4	4,3 d
Tc-96m	1000	5,0E+00	-	0,0	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	3,3E+03	1,0E+06	3,3	0,0	52,0 m
Tc-97	10	6,0E+00	-	0,6	0,6	2,6E-01	8,0E+01	0,0	0,0	2,3E+00	7,0E+02	0,2	0,2	4,00E+06 a
Tc-97m	100	9,0E+00	-	0,1	0,1	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	1,7E+00	5,0E+02	0,0	0,0	92,2 d
Tc-99	1	6,0E-01	-	0,6	0,6	2,3E-01	7,0E+01	0,2	0,2	2,3E-01	7,0E+01	0,2	0,2	2,10E+05 a
Tc-99m	100	2,0E+00	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	2,3E+02	7,0E+04	2,3	0,0	6,0 h
Ru-97	10	1,0E+00	-	0,1	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	9,9E+00	3,0E+03	1,0	0,5	2,9 d
Ru-103+	1	4,0E+00	-	4,0	3,8	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	3,0E-01	9,0E+01	0,3	0,3	39,3 d
Ru-105	> 10,0	3,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	3,3E+01	1,0E+04	3,3	0,0	4,4 h
Ru-105+	10	< 3,0E-01	-	0,0	0,0	< 3,3E-03	< 1,0E+00	0,0	0,0	< 3,3E+01	< 1,0E+04	3,3	0,0	4,4 h
Ru-106+	0,1	1,0E+00	-	10,0	9,9	2,0E-02	6,0E+00	0,2	0,2	1,7E-01	5,0E+01	1,7	1,6	373,6 d
Rh-103m	10000	7,0E+03	-	0,7	0,0	3,3E+00	1,0E+03	0,0	0,0	3,3E+06	1,0E+09	330,0	0,0	56,1 m
Rh-105	100	3,0E+00	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	6,6E+01	2,0E+04	0,7	0,2	35,5 h
Pd-103+	1000	3,0E+02	-	0,3	0,3	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	6,6E+02	2,0E+05	0,7	0,6	17,0 d
Pd-109	> 100,0	3,0E+02	-	3,0	0,1	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	1,7E+04	5,0E+06	165,0	4,0	13,4 h
Pd-109+	100	< 3,0E+02	-	3,0	0,1	< 3,3E-01	< 1,0E+02	0,0	0,0	< 1,7E+04	< 5,0E+06	165,0	4,0	13,4 h
Ag-105	1	5,0E-01	-	0,5	0,5	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	3,0E-01	9,0E+01	0,3	0,3	41,3 d
Ag-108m+	0,1	1,0E-01	-	1,0	1,0	1,7E-03	5,0E-01	0,0	0,0	1,3E-02	4,0E+00	0,1	0,1	418,0 a
Ag-110m	> 0,1	8,0E-02	-	0,8	0,8	1,7E-03	5,0E-01	0,0	0,0	1,3E-02	4,0E+00	0,1	0,1	249,9 d
Ag-110m+	0,1	8,0E-02	-	0,8	0,8	1,7E-03	5,0E-01	0,0	0,0	1,3E-02	4,0E+00	0,1	0,1	249,9 d
Ag-111	100	9,0E+00	-	0,1	0,1	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	3,0E+01	9,0E+03	0,3	0,2	7,5 d
Cd-109+	1	2,0E+01	-	20,0	19,9	1,3E-01	4,0E+01	0,1	0,1	1,3E+01	4,0E+03	13,2	13,1	453,0 d
Cd-115	> 10,0	6,0E-01	-	0,1	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	6,6E+00	2,0E+03	0,7	0,3	53,4 h
Cd-115+	10	< 6,0E-01	-	0,1	0,0	< 3,3E-02	< 1,0E+01	0,0	0,0	< 6,6E+00	< 2,0E+03	0,7	0,3	53,4 h
Cd-115m	> 100,0	1,0E+01	-	0,1	0,1	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	6,6E+00	2,0E+03	0,1	0,1	44,8 d
Cd-115m+	100	< 1,0E+01	-	0,1	0,1	< 3,3E-01	< 1,0E+02	0,0	0,0	< 6,6E+00	< 2,0E+03	0,1	0,1	44,8 d
In-111	10	7,0E-01	-	0,1	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	6,6E+00	2,0E+03	0,7	0,3	2,8 d
In-113m	100	9,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	3,3E+02	1,0E+05	3,3	0,0	99,5 m
In-114m+	10	2,0E+00	-	0,2	0,2	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	9,9E-01	3,0E+02	0,1	0,1	49,5 d
In-115m	100	2,0E+00	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	2,0E+02	6,0E+04	2,0	0,0	4,5 h
Sn-113	> 1,0	9,0E-01	-	0,9	0,9	2,3E-02	7,0E+00	0,0	0,0	2,3E-01	7,0E+01	0,2	0,2	115,1 d

Nuklid	[EUR 14] Anh. VII Tab. A Teil 1	StrlSchV Anlage III Tabelle 1												Halbwertszeit
	FG	Spalte 6				Spalte 8				Spalte 10				
		FGW		FGW/FG		FGW		FGW/FG		FGW		FGW/FG		
		[Bq/g]	[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	
Sn-113+	1	9,0E-01	-	0,9	0,9	2,3E-02	7,0E+00	0,0	0,0	2,3E-01	7,0E+01	0,2	0,2	115,1 d
Sn-125	10	7,0E-01	-	0,1	0,1	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	2,0E+00	6,0E+02	0,2	0,2	9,6 d
Sb-122	10	5,0E-01	-	0,1	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	3,3E+00	1,0E+03	0,3	0,2	2,7 d
Sb-124	1	5,0E-01	-	0,5	0,5	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	6,6E-02	2,0E+01	0,1	0,1	60,3 d
Sb-125+	0,1	5,0E-01	-	5,0	5,0	6,6E-03	2,0E+00	0,1	0,1	6,6E-02	2,0E+01	0,7	0,7	2,8 a
Te-123m	1	2,0E+00	-	2,0	2,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	6,6E-01	2,0E+02	0,7	0,6	119,7 d
Te-125m	1000	6,0E+01	-	0,1	0,1	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	6,6E+01	2,0E+04	0,1	0,1	57,4 d
Te-127	1000	5,0E+01	-	0,1	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	3,0E+03	9,0E+05	3,0	0,0	9,4 h
Te-127m+	10	3,0E+01	-	3,0	2,9	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	9,9E+00	3,0E+03	1,0	1,0	109,0 d
Te-129	100	4,0E+00	-	0,0	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	2,3E+03	7,0E+05	23,1	0,0	69,6 m
Te-129m+	10	3,0E+00	-	0,3	0,3	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	2,6E+00	8,0E+02	0,3	0,2	33,6 d
Te-131	100	6,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	9,9E+02	3,0E+05	9,9	0,0	25,0 m
Te-131m	> 10,0	2,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	3,3E+00	1,0E+03	0,3	0,1	30,0 h
Te-131m+	10	< 2,0E-01	-	0,0	0,0	< 3,3E-03	< 1,0E+00	0,0	0,0	< 3,3E+00	< 1,0E+03	0,3	0,1	30,0 h
Te-132	> 1,0	9,0E-02	-	0,1	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	6,6E-01	2,0E+02	0,7	0,3	76,3 h
Te-132+	1	< 9,0E-02	-	0,1	0,0	< 3,3E-03	< 1,0E+00	0,0	0,0	< 6,6E-01	< 2,0E+02	0,7	0,3	76,3 h
Te-133	10	2,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	6,6E+02	2,0E+05	66,0	0,0	12,5 m
Te-133m	10	9,0E-02	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	6,6E+01	2,0E+04	6,6	0,0	55,4 m
Te-134	10	3,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	2,3E+02	7,0E+04	23,1	0,0	41,8 m
I-123	100	2,0E+00	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	9,9E+01	3,0E+04	1,0	0,0	13,2 h
I-125	100	3,0E+00	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	3,3E+01	1,0E+04	0,3	0,3	59,4 d
I-126	10	5,0E-01	-	0,1	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	9,9E-01	3,0E+02	0,1	0,1	13,0 d
I-129	0,01	6,0E-02	-	6,0	6,0	2,6E-02	8,0E+00	2,6	2,6	2,6E-02	8,0E+00	2,6	2,6	1,60E+07 a
I-130	10	1,0E+01	-	1,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	6,6E+00	2,0E+03	0,7	0,0	12,4 h
I-131	10	6,0E-01	-	0,1	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	2,0E+00	6,0E+02	0,2	0,2	8,0 d
I-132	10	1,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	2,6E+01	8,0E+03	2,6	0,0	2,3 h
I-133	10	4,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	9,9E+00	3,0E+03	1,0	0,1	20,8 h
I-134	10	8,0E-02	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	6,6E+01	2,0E+04	6,6	0,0	52,0 m
I-135	10	1,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	1,3E+01	4,0E+03	1,3	0,0	6,6 h
Cs-129	10	9,0E-01	-	0,1	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	1,7E+01	5,0E+03	1,7	0,3	32,1 h
Cs-131	1000	2,0E+02	-	0,2	0,2	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	6,6E+02	2,0E+05	0,7	0,5	10,0 d

Nuklid	[EUR 14] Anh. VII Tab. A Teil 1	StrlSchV Anlage III Tabelle 1												Halbwertszeit
	FG	Spalte 6				Spalte 8				Spalte 10				
		FGW		FGW/FG		FGW		FGW/FG		FGW		FGW/FG		
		[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	
Cs-132	10	3,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	1,3E+00	4,0E+02	0,1	0,1	6,5 d
Cs-134	0,1	1,0E-01	-	1,0	1,0	2,0E-03	6,0E-01	0,0	0,0	1,7E-02	5,0E+00	0,2	0,2	2,1 a
Cs-134m	1000	2,0E+01	-	0,0	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	3,3E+03	1,0E+06	3,3	0,0	2,9 h
Cs-135	100	2,0E+01	-	0,2	0,2	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	3,0E+01	9,0E+03	0,3	0,3	2,00E+06 a
Cs-136	1	1,0E-01	-	0,1	0,1	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	2,0E-01	6,0E+01	0,2	0,2	13,2 d
Cs-137+	0,1	4,0E-01	-	4,0	4,0	6,6E-03	2,0E+00	0,1	0,1	3,3E-02	1,0E+01	0,3	0,3	30,2 a
Cs-138	10	9,0E-02	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	9,9E+01	3,0E+04	9,9	0,0	32,2 m
Ba-131	10	5,2E-01	-	0,1	0,0	9,6E-02	2,9E+01	0,0	0,0	1,1E+00	3,4E+02	0,1	0,1	11,5 d
Ba-131+	≥ 5,0	5,0E-01	-	0,1	0,1	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	9,9E-01	3,0E+02	0,2	0,2	11,5 d
Ba-133	0,1	6,9E-01	-	6,9	6,9	6,9E-03	2,1E+00	0,1	0,1	7,3E-02	2,2E+01	0,7	0,7	10,5 a
Ba-140	1	7,8E-02	-	0,1	0,1	2,0E-02	6,1E+00	0,0	0,0	1,6E-01	4,7E+01	0,2	0,1	12,8 d
Ba-140+	≥ 0,5	8,0E-02	-	0,2	0,1	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	1,7E-01	5,0E+01	0,3	0,3	12,8 d
La-140	1	1,0E-01	-	0,1	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	1,3E+00	4,0E+02	1,3	0,4	40,3 h
Ce-139	1	2,0E+00	-	2,0	2,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,3	0,3	137,6 d
Ce-141	100	4,0E+00	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	3,3E+00	1,0E+03	0,0	0,0	32,5 d
Ce-143	10	9,0E-01	-	0,1	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	1,7E+01	5,0E+03	1,7	0,4	33,0 h
Ce-144+	10	5,0E+00	-	0,5	0,5	9,9E-02	3,0E+01	0,0	0,0	6,6E-01	2,0E+02	0,1	0,1	284,8 d
Pr-142	100	4,0E+00	-	0,0	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	1,3E+02	4,0E+04	1,3	0,1	19,1 h
Pr-143	1000	4,0E+01	-	0,0	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	2,0E+03	6,0E+05	2,0	1,7	13,6 d
Nd-147	100	2,0E+00	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	3,3E+00	1,0E+03	0,0	0,0	11,0 d
Nd-149	100	7,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	2,3E+02	7,0E+04	2,3	0,0	1,7 h
Pm-147	1000	2,0E+02	-	0,2	0,2	3,3E+00	1,0E+03	0,0	0,0	6,6E+01	2,0E+04	0,1	0,1	2,6 a
Pm-149	1000	2,0E+01	-	0,0	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	2,3E+02	7,0E+04	0,2	0,1	53,1 h
Sm-151	1000	5,0E+02	-	0,5	0,5	3,3E+00	1,0E+03	0,0	0,0	9,9E+01	3,0E+04	0,1	0,1	93,0 a
Sm-153	100	1,0E+01	-	0,1	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	1,3E+02	4,0E+04	1,3	0,5	46,8 h
Eu-152	0,1	2,0E-01	-	2,0	2,0	2,6E-03	8,0E-01	0,0	0,0	2,0E-02	6,0E+00	0,2	0,2	13,3 a
Eu-152m	100	7,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	3,3E+01	1,0E+04	0,3	0,0	9,3 h
Eu-154	0,1	2,0E-01	-	2,0	2,0	2,3E-03	7,0E-01	0,0	0,0	2,0E-02	6,0E+00	0,2	0,2	8,8 a
Eu-155	1	8,0E+00	-	8,0	8,0	6,6E-02	2,0E+01	0,1	0,1	9,9E-01	3,0E+02	1,0	1,0	4,8 a
Gd-153	10	6,0E+00	-	0,6	0,6	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	9,9E-01	3,0E+02	0,1	0,1	239,5 d
Gd-159	100	7,0E+00	-	0,1	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	2,3E+02	7,0E+04	2,3	0,2	18,5 h

Nuklid	[EUR 14] Anh. VII Tab. A Teil 1	StrlSchV Anlage III Tabelle 1												Halbwertszeit
	FG	Spalte 6				Spalte 8				Spalte 10				
		FGW		FGW/FG		FGW		FGW/FG		FGW		FGW/FG		
		[Bq/g]	[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	
Tb-160	1	2,0E-01	-	0,2	0,2	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	6,6E-02	2,0E+01	0,1	0,1	72,1 d
Dy-165	1000	1,0E+01	-	0,0	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	3,0E+03	9,0E+05	3,0	0,0	2,4 h
Dy-166	100	5,0E+00	-	0,1	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	3,3E+01	1,0E+04	0,3	0,2	81,5 h
Ho-166	100	1,0E+01	-	0,1	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	2,3E+02	7,0E+04	2,3	0,4	26,8 h
Er-169	1000	1,0E+02	-	0,1	0,1	3,3E+00	1,0E+03	0,0	0,0	6,6E+03	2,0E+06	6,6	5,3	9,4 d
Er-171	100	7,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	6,6E+01	2,0E+04	0,7	0,0	7,5 h
Tm-170	100	4,0E+01	-	0,4	0,4	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	3,0E+01	9,0E+03	0,3	0,3	128,6 d
Tm-171	1000	5,0E+02	-	0,5	0,5	3,3E+00	1,0E+03	0,0	0,0	2,0E+02	6,0E+04	0,2	0,2	1,9 a
Yb-175	100	6,0E+00	-	0,1	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	3,3E+01	1,0E+04	0,3	0,2	4,2 d
Lu-177	100	9,0E+00	-	0,1	0,1	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	3,3E+01	1,0E+04	0,3	0,2	6,7 d
Hf-181	1	4,0E-01	-	0,4	0,4	3,0E-02	9,0E+00	0,0	0,0	2,6E-01	8,0E+01	0,3	0,3	42,4 d
Ta-182	0,1	2,0E-01	-	2,0	2,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,3	0,3	114,4 d
W-181	10	2,0E+01	-	2,0	2,0	1,7E-01	5,0E+01	0,0	0,0	6,6E+00	2,0E+03	0,7	0,6	121,2 d
W-185	1000	1,0E+02	-	0,1	0,1	2,6E+00	8,0E+02	0,0	0,0	1,3E+03	4,0E+05	1,3	1,3	75,1 d
W-187	10	5,0E-01	-	0,1	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	1,3E+01	4,0E+03	1,3	0,2	23,8 h
Re-186	1000	2,0E+01	-	0,0	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	1,3E+02	4,0E+04	0,1	0,1	90,6 h
Re-188	100	4,0E+00	-	0,0	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	1,7E+02	5,0E+04	1,7	0,1	17,0 h
Os-185	1	3,0E-01	-	0,3	0,3	9,9E-03	3,0E+00	0,0	0,0	9,9E-02	3,0E+01	0,1	0,1	94,0 d
Os-191	100	7,0E+00	-	0,1	0,1	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	9,9E+00	3,0E+03	0,1	0,1	15,4 d
Os-191m	1000	2,0E+02	-	0,2	0,0	3,3E+00	1,0E+03	0,0	0,0	6,6E+03	2,0E+06	6,6	0,1	13,1 h
Os-193	100	4,0E+00	-	0,0	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	9,9E+01	3,0E+04	1,0	0,2	30,0 h
Ir-190	1	7,8E-02	-	0,1	0,1	1,9E-02	5,8E+00	0,0	0,0	1,7E-01	5,0E+01	0,2	0,1	11,8 d
Ir-190+	1,0	8,0E-02	-	0,1	0,1	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	1,7E-01	5,0E+01	0,2	0,1	11,8 d
Ir-192	1	3,0E-01	-	0,3	0,3	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	9,9E-02	3,0E+01	0,1	0,1	74,0 d
Ir-194	100	2,0E+00	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	6,6E+01	2,0E+04	0,7	0,7	171,0 d
Pt-191	10	1,0E+00	-	0,1	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	9,9E+00	3,0E+03	1,0	0,5	2,8 d
Pt-193m	1000	7,0E+01	-	0,1	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	3,3E+02	1,0E+05	0,3	0,2	4,3 d
Pt-197	1000	2,0E+01	-	0,0	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	6,6E+02	2,0E+05	0,7	0,0	18,3 h
Pt-197m	100	4,0E+00	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	1,7E+03	5,0E+05	16,5	0,0	94,4 m
Au-198	10	6,0E-01	-	0,1	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	6,6E+00	2,0E+03	0,7	0,3	2,7 d
Au-199	100	6,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	3,0E+01	9,0E+03	0,3	0,2	3,1 d

Nuklid	[EUR 14] Anh. VII Tab. A Teil 1	StrlSchV Anlage III Tabelle 1												Halbwertszeit
	FG	Spalte 6				Spalte 8				Spalte 10				
		FGW		FGW/FG		FGW		FGW/FG		FGW		FGW/FG		
		[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	
Hg-197	100	9,0E+00	-	0,1	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	9,9E+01	3,0E+04	1,0	0,5	64,1 h
Hg-197m	100	4,0E+00	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	9,9E+01	3,0E+04	1,0	0,1	23,8 h
Hg-203	10	1,0E+00	-	0,1	0,1	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	6,6E-01	2,0E+02	0,1	0,1	46,6 d
Tl-200	10	2,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	3,3E+00	1,0E+03	0,3	0,0	26,1 h
Tl-201	100	6,0E+00	-	0,1	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	3,3E+01	1,0E+04	0,3	0,2	73,1 h
Tl-202	10	5,0E-01	-	0,1	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	9,9E-01	3,0E+02	0,1	0,1	12,2 d
Tl-204	1	4,0E+01	-	40,0	39,9	3,3E-01	1,0E+02	0,3	0,3	9,9E+00	3,0E+03	9,9	9,9	3,8 a
Pb-203	10	9,0E-01	-	0,1	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	9,9E+00	3,0E+03	1,0	0,4	51,9 h
Pb-210+	0,1	3,0E-02	-	0,3	0,3	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	22,3 a
Pb-212	> 10,0	1,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	6,6E+00	2,0E+03	0,7	0,0	10,6 h
Bi-206	1	7,0E-02	-	0,1	0,1	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	3,0E-01	9,0E+01	0,3	0,2	6,2 d
Bi-207	0,1	2,0E-01	-	2,0	2,0	1,7E-03	5,0E-01	0,0	0,0	1,7E-02	5,0E+00	0,2	0,2	31,6 a
Bi-210	1000,0	9,0E+00	-	0,0	0,0	9,9E-02	3,0E+01	0,0	0,0	3,3E+01	1,0E+04	0,0	0,0	5,0 d
Bi-212	> 1000,0	2,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	9,9E+01	3,0E+04	0,1	0,0	60,6 m
Po-203	10	1,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	1,3E+02	4,0E+04	13,2	0,0	36,0 m
Po-205	10	1,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	3,3E+01	1,0E+04	3,3	0,0	1,8 h
Po-207	10	2,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	1,7E+01	5,0E+03	1,7	0,0	5,8 h
Po-210	1,0	4,0E-02	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	2,3E-02	7,0E+00	0,0	0,0	138,4 d
At-211	1000	1,0E+01	-	0,0	0,0	2,6E-02	8,0E+00	0,0	0,0	9,9E+02	3,0E+05	1,0	0,0	7,2 h
Ra-223+	10,0	4,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	9,9E-01	3,0E+02	0,1	0,1	11,4 d
Ra-224	> 10,0	1,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	9,9E-01	3,0E+02	0,1	0,1	3,7 d
Ra-225	10	2,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	2,6E-01	8,0E+01	0,0	0,0	14,8 d
Ra-226+	0,01	3,0E-02	-	3,0	3,0	1,7E-03	5,0E-01	0,2	0,2	3,0E-03	9,0E-01	0,3	0,3	1,60E+03 a
Ra-227	100	1,0E+00	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	9,9E+02	3,0E+05	9,9	0,0	42,2 m
Ra-228+	0,1	1,0E-01	-	1,0	1,0	1,3E-03	4,0E-01	0,0	0,0	1,3E-02	4,0E+00	0,1	0,1	5,8 a
Ac-227+	0,01	3,7E-03	-	0,4	0,4	4,6E-05	1,4E-02	0,0	0,0	3,6E-04	1,1E-01	0,0	0,0	21,8 a
Ac-228	100,0	2,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	2,3E+01	7,0E+03	0,2	0,0	6,1 h
Th-226	1000	3,0E+01	-	0,0	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	3,3E+04	1,0E+07	33,0	0,0	31,0 m
Th-227	10,0	2,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	2,0E-01	6,0E+01	0,0	0,0	18,7 d
Th-228+	0,1	7,0E-02	-	0,7	0,7	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	9,9E-03	3,0E+00	0,1	0,1	1,9 a
Th-229	0,1	3,1E-02	-	0,3	0,3	4,0E-04	1,2E-01	0,0	0,0	3,1E-03	9,4E-01	0,0	0,0	7,90E+03 a

Nuklid	[EUR 14] Anh. VII Tab. A Teil 1	StrlSchV Anlage III Tabelle 1												Halbwertszeit
	FG	Spalte 6				Spalte 8				Spalte 10				
		FGW		FGW/FG		FGW		FGW/FG		FGW		FGW/FG		
		[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	
Th-229+	0,1	2,0E-02	-	0,2	0,2	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	3,0E-03	9,0E-01	0,0	0,0	7,90E+03 a
Th-230	0,1	5,0E-02	-	0,5	0,5	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	9,9E-03	3,0E+00	0,1	0,1	7,50E+04 a
Th-231	1000,0	4,0E+01	-	0,0	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	9,9E+02	3,0E+05	1,0	0,1	25,5 h
Th-232	> 0,01	3,0E-02	-	3,0	3,0	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,3	0,3	1,40E+10 a
Th-234+	100,0	1,0E+01	-	0,1	0,1	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	1,3E+01	4,0E+03	0,1	0,1	24,1 d
Pa-230	10	4,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	6,6E-01	2,0E+02	0,1	0,1	17,4 d
Pa-231	0,01	4,0E-03	-	0,4	0,4	3,3E-05	1,0E-02	0,0	0,0	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	3,30E+04 a
Pa-233	10	1,0E+00	-	0,1	0,1	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	1,3E+00	4,0E+02	0,1	0,1	27,0 d
U-230	10	2,1E-01	-	0,0	0,0	2,5E-03	7,7E-01	0,0	0,0	2,5E-01	7,6E+01	0,0	0,0	20,8 d
U-230+ (M)	10,0	2,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	2,6E-01	8,0E+01	0,0	0,0	20,8 d
U-230+ (S)	10,0	2,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	2,6E-01	8,0E+01	0,0	0,0	20,8 d
U-231	100000	6,0E+00	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	3,3E+01	1,0E+04	0,0	0,0	4,2 d
U-231+	100	< 6,0E+00	-	0,1	0,0	< 3,3E-02	< 1,0E+01	0,0	0,0	< 3,3E+01	< 1,0E+04	0,3	0,2	4,2 d
U-232 (M)	> 0,1	5,0E-02	-	0,5	0,5	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	68,9 a
U-232 (S)	> 0,1	5,0E-02	-	0,5	0,5	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	68,9 a
U-232+	0,1	< 5,0E-02	-	0,5	0,5	< 3,3E-04	< 1,0E-01	0,0	0,0	< 3,3E-03	< 1,0E+00	0,0	0,0	68,9 a
U-233	1	3,0E-01	-	0,3	0,3	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	1,60E+05 a
U-234	1,0	4,0E-01	-	0,4	0,4	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	2,50E+05 a
U-235+	1,0	3,0E-01	-	0,3	0,3	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	7,00E+08 a
U-236	10	4,0E-01	-	0,0	0,0	6,6E-03	2,0E+00	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	2,30E+07 a
U-237	100	3,0E+00	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	9,9E+00	3,0E+03	0,1	0,1	6,8 d
U-238+	1,0	4,0E-01	-	0,4	0,4	6,6E-03	2,0E+00	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	4,40E+09 a
U-239	100	9,0E+00	-	0,1	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	1,3E+04	4,0E+06	132,0	0,0	23,5 m
U-240	> 100,0	7,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	3,0E+01	9,0E+03	0,3	0,0	14,1 h
U-240+	100	7,0E-01	-	0,0	0,0	< 3,3E-02	< 1,0E+01	0,0	0,0	< 3,0E+01	< 9,0E+03	0,3	0,0	14,1 h
Np-237+	1	1,0E-01	-	0,1	0,1	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	1,7E-02	5,0E+00	0,0	0,0	2,10E+06 a
Np-239	100	2,0E+00	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	2,0E+01	6,0E+03	0,2	0,1	2,4 d
Np-240	10	2,0E-01	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	1,3E+02	4,0E+04	13,2	0,0	65,0 m
Pu-234	100	4,0E+00	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	2,6E+02	8,0E+04	2,6	0,0	8,8 h
Pu-235	100	3,0E+00	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	3,3E+03	1,0E+06	33,0	0,0	25,3 m
Pu-236	1	2,0E-01	-	0,2	0,2	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	2,3E-02	7,0E+00	0,0	0,0	2,9 a

Nuklid	[EUR 14] Anh. VII Tab. A Teil 1	StrlSchV Anlage III Tabelle 1												Halbwertszeit
	FG	Spalte 6				Spalte 8				Spalte 10				
		FGW		FGW/FG		FGW		FGW/FG		FGW		FGW/FG		
		[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	
Pu-237	100	9,0E+00	-	0,1	0,1	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	6,6E+00	2,0E+03	0,1	0,1	45,3 d
Pu-238	0,1	8,0E-02	-	0,8	0,8	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	9,9E-03	3,0E+00	0,1	0,1	87,7 a
Pu-239	0,1	8,0E-02	-	0,8	0,8	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	6,6E-03	2,0E+00	0,1	0,1	2,40E+04 a
Pu-240	0,1	8,0E-02	-	0,8	0,8	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	6,6E-03	2,0E+00	0,1	0,1	6,60E+03 a
Pu-241	10	2,0E+00	-	0,2	0,2	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	3,0E-01	9,0E+01	0,0	0,0	14,4 a
Pu-242	0,1	4,0E-02	-	0,4	0,4	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	6,6E-03	2,0E+00	0,1	0,1	3,80E+05 a
Pu-243	1000	2,0E+01	-	0,0	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	2,3E+03	7,0E+05	2,3	0,0	5,0 h
Pu-244+	0,1	4,0E-02	-	0,4	0,4	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	9,9E-03	3,0E+00	0,1	0,1	8,30E+07 a
Am-241	0,1	5,0E-02	-	0,5	0,5	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	9,9E-03	3,0E+00	0,1	0,1	432,6 a
Am-242	1000	3,0E+01	-	0,0	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	9,9E+02	3,0E+05	1,0	0,0	16,0 h
Am-242m+	0,1	9,0E-02	-	0,9	0,9	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	9,9E-03	3,0E+00	0,1	0,1	141,0 a
Am-243+	0,1	9,0E-02	-	0,9	0,9	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	9,9E-03	3,0E+00	0,1	0,1	7,40E+03 a
Cm-242	10	7,0E-01	-	0,1	0,1	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	1,3E-01	4,0E+01	0,0	0,0	162,8 d
Cm-243	1	1,0E-01	-	0,1	0,1	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	1,3E-02	4,0E+00	0,0	0,0	29,1 a
Cm-244	1	8,0E-02	-	0,1	0,1	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	1,7E-02	5,0E+00	0,0	0,0	18,1 a
Cm-245	0,1	4,0E-02	-	0,4	0,4	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	6,6E-03	2,0E+00	0,1	0,1	8,50E+03 a
Cm-246	0,1	5,0E-02	-	0,5	0,5	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	9,9E-03	3,0E+00	0,1	0,1	4,70E+03 a
Cm-247+	0,1	1,0E-01	-	1,0	1,0	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	9,9E-03	3,0E+00	0,1	0,1	1,60E+07 a
Cm-248	0,1	3,0E-02	-	0,3	0,3	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	3,40E+05 a
Bk-249	100	2,0E+01	-	0,2	0,2	2,6E-01	8,0E+01	0,0	0,0	3,3E+00	1,0E+03	0,0	0,0	320,0 d
Cf-246	1000	7,1E+00	-	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	1,3E+02	4,0E+04	0,1	0,0	35,7 h
Cf-248	1	4,0E-01	-	0,4	0,4	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	6,6E-02	2,0E+01	0,1	0,1	333,5 d
Cf-249	0,1	6,0E-02	-	0,6	0,6	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	6,6E-03	2,0E+00	0,1	0,1	350,6 a
Cf-250	1	1,0E-01	-	0,1	0,1	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	1,3E-02	4,0E+00	0,0	0,0	13,1 a
Cf-251	0,1	5,0E-02	-	0,5	0,5	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	6,6E-03	2,0E+00	0,1	0,1	898,0 a
Cf-252	1	2,0E-01	-	0,2	0,2	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	2,3E-02	7,0E+00	0,0	0,0	2,6 a
Cf-253	100	2,5E+00	-	0,0	0,0	3,1E-02	9,3E+00	0,0	0,0	3,6E+00	1,1E+03	0,0	0,0	17,8 d
Cf-253+	100,0	1,0E-01	-	0,0	0,0	3,0E-02	9,0E+00	0,0	0,0	3,3E+00	1,0E+03	0,0	0,0	17,8 d
Cf-254	1	1,0E-01	-	0,1	0,1	3,3E-04	1,0E-01	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	60,5 d
Es-253	100	1,0E+00	-	0,0	0,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	1,3E+00	4,0E+02	0,0	0,0	20,4 d
Es-254+	0,1	3,0E-01	-	3,0	3,0	3,3E-03	1,0E+00	0,0	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,3	0,3	275,7 d

Nuklid	[EUR 14] Anh. VII Tab. A Teil 1	StrlSchV Anlage III Tabelle 1												Halbwertszeit
	FG	Spalte 6				Spalte 8				Spalte 10				
		FGW		FGW/FG		FGW		FGW/FG		FGW		FGW/FG		
		[Bq/g]	[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	Stufe 2	[Bq/g]	[Bq/cm ²]	Stufe 1	
Es-254m	> 10,0	4,0E-01	-	0,0	0,0	6,6E-03	2,0E+00	0,0	0,0	6,6E+00	2,0E+03	0,7	0,2	39,3 h
Es-254m+	10	< 4,0E-01	-	0,0	0,0	< 6,6E-03	< 2,0E+00	0,0	0,0	< 6,6E+00	< 2,0E+03	0,7	0,2	39,3 h
Fm-254	10000	3,0E+01	-	0,0	0,0	3,3E-01	1,0E+02	0,0	0,0	6,6E+03	2,0E+06	0,7	0,0	3,2 h
Fm-255	100	1,0E+01	-	0,1	0,0	3,3E-02	1,0E+01	0,0	0,0	3,0E+02	9,0E+04	3,0	0,2	20,1 h

Als Ergebnis des Vergleichs in Tabelle 3.1 lässt sich folgendes feststellen:

- Für eine große Anzahl der insgesamt betrachteten 311 Radionuklide bzw. Zerfallsreihen liegen die Freigabewerte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 6, 8 und 10 bereits im Ergebnis der Stufe 1 des hier durchgeführten Vergleichs unterhalb der zugehörigen neuen Freigrenzen. Für diese Radionuklide besteht somit unmittelbar Kompatibilität zwischen den Wertesätzen.
- Im Ergebnis der Stufe 2 des Vergleichs ergibt sich für die überwiegende Anzahl von 280 der insgesamt 311 betrachteten Radionuklide und Zerfallsreihen die Kompatibilität der Freigabewerte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 6, 8 und 10 mit den neuen Freigrenzen nach Anh. VII Tab. A Euratom-Grundnormen.
- Für die restlichen lediglich 43 Radionuklide, die in Tabelle 3.1 farblich hervorgehoben sind, erfolgt im 3. Schritt des Vergleichs eine detaillierte Einzelfallbetrachtungen, die im vollständigen Bericht zu AP2 dieses Forschungsvorhabens ausgeführt wird. Hierbei ergibt sich vollständige Kompatibilität für alle Radionuklide bis auf den Wert in Anl. III Tab. 1 Sp. 6 StrlSchV (Bauschutt) für Cs-137+. Für Massen im Bereich einiger 1.000 Mg/a ergibt sich auch in diesem Fall Kompatibilität, so dass in der praktischen Anwendung kein Widerspruch zwischen dem Freigabewert nach Anl. III Tab. 1 Sp. 6 StrlSchV und der Freigrenze nach Anh. VII Tab. A der EU-Grundnormen besteht.

3.6.2 Bodenflächen der Standorte

Bei Bodenflächen der Standorte ergibt sich für 110 der insgesamt betrachteten 113 Radionuklide bereits in Schritt 1 bzw. 2 Kompatibilität zwischen den Wertesätzen der Anl. III Tab. 1 Sp. 7 StrlSchV und den Freigrenzen nach Anh. VII Tab. A Teil 1 der neuen EU-Grundnormen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3.2 gezeigt. Für die restlichen 3 Radionuklide (in der Tabelle rot hervorgehoben) erfolgen Einzelbetrachtungen, in deren Folge die Kompatibilität auch hierfür gezeigt wird.

Tabelle 3.2: Nuklidspezifischer Vergleich der Freigabewerte (FGW) nach Anl. III Tab. 1 Sp. 7 StrlSchV mit den Freigrenzen (FG) nach Anh. VII Tab. A Euratom-Grundnormen

Nuklid	EU-Grundnormen Anh. VII Tab. A Teil 1 FG [Bq/g]	Anl. III Tab. 1 Sp. 7 StrlSchV FGW [Bq/g]	FGW / FG	Halbwertszeit
H-3	100	3	0,0	12,3a
Be-7	10	2	0,2	53,3d
C-14	1	0,04	0,0	5,70E+03a
Na-22	0,1	0,004	0,0	2,6a
P-32	1000	0,02	0,0	14,3d
P-33	1000	0,08	0,0	25,3d
S-35	100	0,01	0,0	87,5d
Ca-45	100	0,04	0,0	163,0d
Sc-46	0,1	0,04	0,4	83,8d
V-48	1	0,03	0,0	16,0d
Cr-51	100	3	0,0	27,7d
Mn-53	100	3	0,0	3,70E+06a
Mn-54	0,1	0,09	0,9	312,2d
Fe-55	1000	6	0,0	2,7a
Fe-59	1	0,06	0,1	45,1d
Co-56	0,1	0,02	0,2	78,8d
Co-57	1	0,8	0,8	271,3d
Co-58	1	0,08	0,1	70,8d

Nuklid	EU-Grundnormen Anh. VII Tab. A Teil 1 FG [Bq/g]	Anl. III Tab. 1 Sp. 7 StrlSchV FGW [Bq/g]	FGW / FG	Halbwertszeit
Co-60	0,1	0,03	0,3	5,3a
Ni-59	100	8	0,1	7,50E+04a
Ni-63	100	3	0,0	100,0a
Zn-65	0,1	0,01	0,1	244,0d
Ge-71	10000	50	0,0	11,2d
As-73	1000	40	0,0	80,3d
As-74	10	0,1	0,0	17,8d
Se-75	1	0,004	0,0	120,0d
Rb-86	100	0,05	0,0	18,7d
Sr-85	1	0,1	0,1	64,9d
Sr-89	1000	0,03	0,0	50,5d
Sr-90+	1	0,002	0,0	28,5a
Y-91	100	5	0,1	58,5d
Zr-93	10	20	2,0	1,50E+06a
Zr-95	> 1,0	0,1	0,1	64,0d
Nb-93m	10	4	0,4	16,1a
Nb-94	0,1	0,05	0,5	2,00E+04a
Nb-95	1	0,1	0,1	35,0d
Mo-93	10	0,2	0,0	3,50E+03a
Tc-97	10	0,08	0,0	4,00E+06a
Tc-97m	100	0,01	0,0	92,2d
Ru-103+	1	0,2	0,2	39,3d
Ru-106+	0,1	0,3	3,0	373,6d
Pd-103+	1000	20	0,0	17,0d
Ag-105	1	0,1	0,1	41,3d
Ag-108m+	0,1	0,007	0,1	418,0a
Ag-110m+	0,1	0,007	0,1	249,9d
Ag-111	100	0,4	0,0	7,5d
Cd-109+	1	0,03	0,0	453,0d
Cd-115m	> 100,0	0,04	0,0	44,8d
In-114m+	10	0,03	0,0	49,5d
Sn-113+	1	0,1	0,1	115,1d
Sn-125	10	0,2	0,0	9,6d
Sb-124	1	0,04	0,0	60,3d
Sb-125+	0,1	0,08	0,8	2,8a
Te-123m	1	0,007	0,0	119,7d
Te-125m	1000	0,02	0,0	57,4d
Te-129m+	10	2	0,2	33,6d
I-125	100	0,09	0,0	59,4d
I-126	10	0,2	0,0	13,0d
I-131	10	0,2	0,0	8,0d
Cs-131	1000	30	0,0	10,0d
Cs-134	0,1	0,05	0,5	2,1a
Cs-135	100	0,4	0,0	2,00E+06a
Cs-136	1	0,04	0,0	13,2d
Cs-137+	0,1	0,06	0,6	30,2a
Ba-131+	≥ 5,0	0,2	0,0	11,5d

Nuklid	EU-Grundnormen Anh. VII Tab. A Teil 1 FG [Bq/g]	Anl. III Tab. 1 Sp. 7 StrlSchV FGW [Bq/g]	FGW / FG	Halbwertszeit
Ba-140+	≥ 0,5	0,03	0,1	12,8d
Ce-139	1	0,7	0,7	137,6d
Ce-141	100	1	0,0	32,5d
Ce-144+	10	0,4	0,0	284,8d
Pr-143	1000	20	0,0	13,6d
Nd-147	100	0,7	0,0	11,0d
Pm-147	1000	20	0,0	2,6a
Sm-151	1000	40	0,0	93,0a
Eu-152	0,1	0,07	0,7	13,3a
Eu-154	0,1	0,06	0,6	8,8a
Eu-155	1	2	2,0	4,8a
Gd-153	10	1	0,1	239,5d
Tb-160	1	0,07	0,1	72,1d
Er-169	1000	50	0,1	9,4d
Tm-170	100	6	0,1	128,6d
Tm-171	1000	60	0,1	1,9a
Hf-181	1	0,2	0,2	42,4d
Ta-182	0,1	0,06	0,6	114,4d
W-181	10	4	0,4	121,2d
W-185	1000	3	0,0	75,1d
Os-185	1	0,1	0,1	94,0d
Os-191	100	2	0,0	15,4d
Ir-190+	1,0	0,06	0,1	11,8d
Ir-192	1	0,1	0,1	74,0d
Tl-202	10	0,2	0,0	12,2d
Tl-204	1	0,04	0,0	3,8a
Bi-207	0,1	0,05	0,5	31,6a
Ra-223+	10,0	0,01	0,0	11,4d
Pa-230	10	0,1	0,0	17,4d
Pa-233	10	0,4	0,0	27,0d
Pu-236	1	0,1	0,1	2,9a
Pu-237	100	2	0,0	45,3d
Pu-238	0,1	0,06	0,6	87,7a
Pu-239	0,1	0,04	0,4	2,40E+04a
Pu-240	0,1	0,04	0,4	6,60E+03a
Pu-241	10	4	0,4	14,4a
Pu-242	0,1	0,04	0,4	3,80E+05a
Pu-244+	0,1	0,04	0,4	8,30E+07a
Am-241	0,1	0,06	0,6	432,6a
Am-242m+	0,1	0,07	0,7	141,0a
Am-243+	0,1	0,05	0,5	7,40E+03a

Nuklid	EU-Grundnormen Anh. VII Tab. A Teil 1 FG [Bq/g]	Anl. III Tab. 1 Sp. 7 StrlSchV FGW [Bq/g]	FGW / FG	Halbwertszeit
Cm-242	10	0,4	0,0	162,8d
Cm-243	1	0,07	0,1	29,1a
Cm-244	1	0,08	0,1	18,1a
Cm-245	0,1	0,05	0,5	8,50E+03a
Cm-246	0,1	0,05	0,5	4,70E+03a
Cm-247+	0,1	0,04	0,4	1,60E+07a
Cm-248	0,1	0,01	0,1	3,40E+05a

3.6.3 Diskussion einer evtl. Zusammenfassung der Wertesätze von Anl. III Tab. 1 Sp. 6 und 7 StrlSchV

Abschließend erfolgte eine Prüfung der Möglichkeit zur Zusammenfassung der Wertesätze von Anl. III Tab. 1 Sp. 6 und 7 StrlSchV, insbesondere im Hinblick auf die Anwendung der Werte nach Sp. 6 für Bodenaushub. Hierzu wurden die verschiedenen Teile der jeweiligen radiologischen Modelle im Detail verglichen, insbesondere hinsichtlich der Schlüsselparameter wie Expositionszeit, Staubkonzentrationen, Expositionsgeometrien, radioökologische Pfade usw. Es zeigt sich, dass in jedem Fall die Anwendung der Freigabewerte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 6 StrlSchV für Bodenaushub im Massenbereich bis einige 100 Mg möglich ist. Für Radionuklide, deren Freigabewerte über die externe Bestrahlung begrenzt sind, wäre die Anwendung der Freigabewerte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 6 StrlSchV für Bodenaushub auch für größere Mengen gerechtfertigt. Für Radionuklide, deren Freigabewerte durch Szenarien der Sekundäringestion (Grund- und Oberflächenwasserpfad, Anbau direkt im Erdreich) begrenzt sind, ist dagegen die Anwendung der Freigabewerte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 7 StrlSchV notwendig.

Eine allgemeine Vereinheitlichung oder Zusammenführung der Wertesätze nach Anl. III Tab. 1 Sp. 6 und 7 StrlSchV ist somit nicht zielführend.

3.7 Fazit

Aus den in Abschnitt 3.6 dargestellten Ergebnisse lassen sich die folgenden Empfehlungen zur Vorgehensweise ableiten:

- Es sind keine Änderungen oder Einschränkungen der Freigabewerte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 6, 7, 8 und 10 StrlSchV notwendig, da insgesamt Konsistenz zu den Freigrenzen bzw. Freigabewerten nach Anh. VII Tab. A Teil 1 der neuen EU-Grundnormen besteht.
- Die Trennung der Wertesätze für die Freigabe von Bauschutt und vergleichsweise geringen Mengen Bodenaushub (Anl. III Tab. 1 Sp. 6 StrlSchV) und für die Freigabe ganzer Bodenflächen (Anl. III Tab. 1 Sp. 7 StrlSchV) sollte beibehalten werden, da eine allgemeine Zusammenführung beider Wertesätze auf Basis der bestehenden radiologischen Modelle nicht möglich ist.

4. AP3: FREIGABE VON FLÜSSIGKEITEN UND ENTWICKLUNG ABDECKENDER SZENARIEN FÜR DIE FREIGABE VON FLÜSSIGKEITEN

4.1 Einführung

Im Rahmen von AP3 dieses Forschungsvorhabens wurde die Freigabe von Flüssigkeiten im Sinne von § 29 StrlSchV untersucht. Hierbei stand einerseits die Durchmusterung bisheriger generischer Regelungen sowie Einzelfallbetrachtungen für die Freigabe von Flüssigkeiten im Vordergrund, andererseits die Entwicklung von Szenarien, die für eine generische Behandlung der Freigabe insbesondere von wässrigen Flüssigkeiten (einschließlich Wasser) geeignet wären.

Hintergrund der Vorgehensweise ist die Tatsache, dass gemäß Anlage IV Teil B zu § 29 StrlSchV „die Werte für die uneingeschränkte Freigabe nach Anlage III Tabelle 1 Spalte 5 ... für feste Stoffe, Bauschutt und Bodenaushub, wenn die freizugebende Masse nicht mehr als 1000 Tonnen im Kalenderjahr beträgt, sowie für **Öle und ölhaltige Flüssigkeiten** und **organische Lösungs- und Kühlmittel**“ gelten. Diese Begrenzung der Gültigkeit auf Öle und ölhaltige Flüssigkeiten und organische Lösungs- und Kühlmittel ist darin begründet, dass für derartige Flüssigkeiten ein Eindampfen oder eine erhebliche Volumenverringerung nicht auf einfache Weise erfolgen kann und technisch außerdem nicht relevant ist, so dass sich die Konzentration der Restaktivität in diesen Stoffen nicht drastisch ändern kann. Das Abfiltrieren, das bei Ölen üblich ist, die als Schmiermittel eingesetzt wurden, ist in radiologischen Untersuchungen berücksichtigt worden [DEC 00].

Für **wässrige Flüssigkeiten** und sonstige, nicht in der Liste genannten Flüssigkeiten kann gemäß § 29 Absatz 2 Satz 3 der StrlSchV „derzeit die Freigabe im Einzelfall erteilt werden, falls die Einhaltung des Schutzzieles einer effektiven Dosis im Bereich von 10 Mikrosievert pro Jahr für Einzelpersonen der Bevölkerung nachgewiesen ist, die Freigrenzen der Anlage III Tabelle 1 Spalte 3 zu § 29 StrlSchV nicht überschritten werden und, sofern die Flüssigkeit abgeleitet werden könnte, höchstens der in Anlage VII Teil D Tabelle 4 Spalte 3 zu § 47 StrlSchV genannte Wert auftritt.“

Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen von AP3 dieses Forschungsvorhabens geprüft, „ob sich auf der Basis der Freigrenzen der EU-Grundnormen bzw. der Werte der uneingeschränkten Freigabe Regelungen finden lassen, die konform zu den Vorgaben der EU-Grundnormen sind und gleichzeitig die bisherigen Regelungen zur Freigabe von Flüssigkeiten unter Abdeckung möglichst vieler Klassen von Flüssigkeiten vereinfachen“.

4.2 Regelungen in § 29 StrlSchV

In den Freigaberegelungen von § 29 StrlSchV wird unterschieden zwischen

- Ölen, ölhaltigen Flüssigkeiten und organische Lösungs- und Kühlmittel sowie
- Wasser und wässrige Flüssigkeiten.

Diese Unterscheidung ist darin begründet, dass sich beide Gruppen von Flüssigkeiten deutlich unterschiedlich bzgl. einer möglichen Aufkonzentration nach der Freigabe verhalten können. Wasser und wässrige Flüssigkeiten wie z. B. verdünnte Laugen oder Säuren können durch Eindampfen aufkonzentriert werden (z. B. wenn eine schwache in eine starke Säure überführt wird), so dass prinzipiell die Konzentration von Radionukliden nach der Freigabe erheblich geändert werden kann. Daher ist beispielsweise die Freigabe von wässrigen Flüssigkeiten gem. Anlage IV Teil B zu § 29 StrlSchV nicht im Rahmen der Anwendung der Freigabewerte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 5 StrlSchV gestattet.

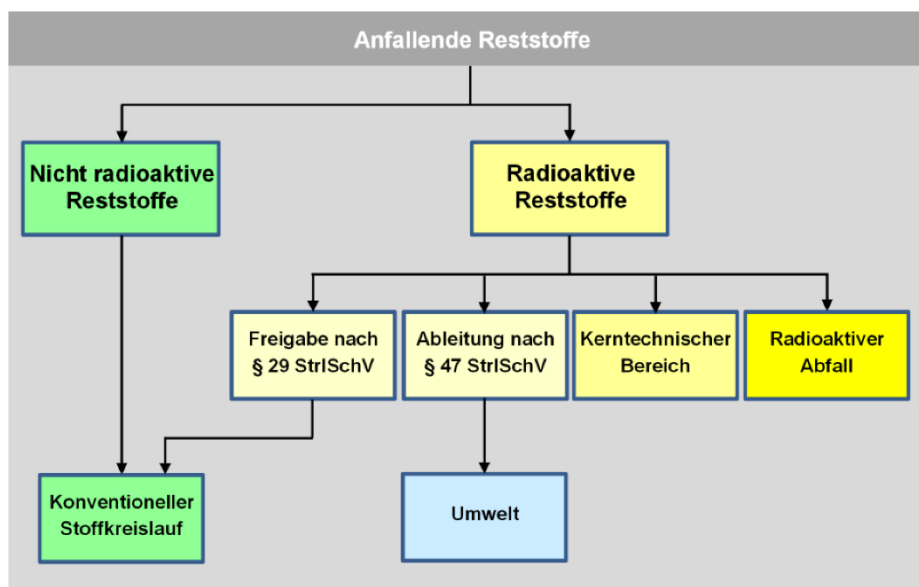
In dieser Untersuchung werden zunächst Fakten zu dem aktuellen und demnächst zu erwartenden Aufkommen verschiedener Flüssigkeiten aus kerntechnischen Anlagen und dem nach StrlSchV ge-

nehmigten Umgang mit radioaktiven Stoffen zusammengestellt. Daran anschließend werden radiologische Modelle für die Freigabe von Flüssigkeiten verschiedener Art, sowohl für die uneingeschränkte Freigabe als auch für Einzelfallnachweise, die in Deutschland in der Vergangenheit angewendet wurden, zusammengestellt. Hieraus werden Schlussfolgerungen für eine Modellierung für die uneingeschränkte Freigabe von Flüssigkeiten den beiden oben genannten Kategorien gezogen. Hierzu wird ein radiologisches Modell entwickelt und mit den Werten nach Anl. VII Tab. 4 Sp. 3 StrlSchV auf Einhaltung des Dosisrichtwerts $10 \mu\text{Sv}$ im Kalenderjahr geprüft.

4.3 Relevante Arten von Flüssigkeiten

In einem ersten Schritt werden die relevanten Arten von Flüssigkeiten, die aus kerntechnischen Anlagen sowie aus nach StrlSchV genehmigtem Umgang anfallen können, dargestellt. Abbildung 4.1 zeigt hierzu eine Übersicht bzgl. der Einteilung der beim Umgang mit radioaktiven Stoffen anfallenden Reststoffe. In der vorliegenden Untersuchung werden die freizugebenden Flüssigkeiten als zunächst radioaktive Reststoffe behandelt (rechter Zweig der Abbildung). Es wird lediglich die Freigabe nach § 29 StrlSchV untersucht, d. h. nicht die Ableitung nach § 47 StrlSchV und auch nicht die weitere Verwendung im kerntechnischen Bereich oder die Beseitigung als radioaktiver Abfall.

Abbildung 4.1: Einteilung der beim Umgang mit radioaktiven Stoffen anfallenden Reststoffe



Bei flüssigen radioaktiven Reststoffen wird üblicherweise – wie bei festen radioaktiven Reststoffen auch – in Abhängigkeit von der Zusammensetzung sowie im Hinblick auf mögliche Entsorgungswege zwischen den Kategorien anorganische und organische flüssige radioaktive Reststoffe unterschieden. In Anlehnung an die Benennung radioaktiver Abfälle gemäß Anlage X Teil A StrlSchV umfassen diese beiden Kategorien im Zusammenhang mit der hier vorliegenden Aufgabenstellung insbesondere folgende Arten flüssiger radioaktiver Reststoffe:

- Anorganische flüssige radioaktive Reststoffe
 - Chemieabwässer: Betriebsabwässer, Prozessabwässer, Dekontaminationsabwässer, Laborabwässer, Säuren und Laugen;
 - Schlämme und Suspensionen: Abschlammungen, Ionenaustauscher-Suspensionen, Fäll- und Sumpfschlämme;
 - Biologische Abwässer: Medizinische Abwässer, Pharma-Abwässer, Fäkal-Abwässer.

- Organische flüssige radioaktive Reststoffe
 - Öle: Schmieröle, Hydrauliköle, Turbinenöle, Transformatorenöle;
 - Lösungsmittel verschiedener Art, darunter auch Szintillationslösungen und mit Radionukliden markierte Flüssigkeiten;
 - Treibstoffe (Benzin, Diesel);
 - Emulsionen.

Der vollständige Bericht zu AP3 dieses Forschungsvorhabens enthält detaillierte Angaben zu dem Aufkommen sowie zu den Verwertungs- und Beseitigungspfaden der verschiedenen Arten von Flüssigkeiten.

4.4 Vorliegende radiologische Modelle für die Freigabe von Flüssigkeiten

Die folgenden radiologischen Modelle wurden in Deutschland in der Vergangenheit für die Modellierung der Freigabe von Flüssigkeiten verwendet:

- Uneingeschränkte Freigabe von Flüssigkeiten im Vorfeld der StrlSchV von 2001; auf dieser Basis wurden die gegenwärtigen Regelungen für die Freigabe von Ölen und organischen Flüssigkeiten abgeleitet. Es handelt sich um generische Szenarien, die
- Freigabe von Zutrittslösungen aus der Schachtanlage Asse II; dieses Modell dient speziell der Abgabe von salzhaltigen Zutrittslösungen aus der Schachtanlage Asse II an umliegende Salzbergwerke, wo diese Lösungen zum Anmischen von Versatzstoffen für den Versatz von offenen Strecken verwendet wurden; es handelt sich um fallbezogene Szenarien im Sinne eines Einzelfallnachweises gemäß § 29 Abs. 2 Satz 3 StrlSchV.
- Modellierung der Freigabe von Flusssäure, die bei der Brennelementherstellung anfällt, allerdings kontaminationsfrei ist; hierbei werden spezielle Verwertungswege betrachtet, so dass diese Modellierung einem Einzelfallnachweis entspricht;
- Freigabe von Abwässern zur Verregnung auf Grünflächen oder anderen öffentlichen Flächen; diese Szenarien sind hinreichend generischer Natur und können für die Herleitung von Freigabewerten für die „uneingeschränkte“ Freigabe von Wasser und wässrigen Flüssigkeiten angewendet werden.
- Szenarien zur Herleitung der Ableitungswerte gem. Anl. VII Tab. 4 Sp. 3 StrlSchV: Diese Szenarien dienen ausschließlich der Herleitung der Werte in Anl. VII Tab. 4 Sp. 3 StrlSchV und unterstellen eine Vermischung mit Mindestmengen sonstigen Wassers. Es wird unterstellt, dass das vermischte Wasser als Trinkwasser und für andere radioökologische Pfade verwendet wird.
- Daneben wurden zu verschiedenen Anlässen extreme Szenarien betrachtet, die im Wesentlichen den direkten Verzehr von Wasser betrachtet haben, das unmittelbar und ohne weitere Vermischung unter Anwendung von Freigabewerten nach Anl. III Tab. 1 Sp. 5 StrlSchV oder der Freigrenzen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV „freigegeben“ wurde. Hierbei wurden z. T. extreme Annahmen bzgl. der Handhabung dieses Wassers und der Verzehrsmengen getroffen, die keinen Bezug zur Realität haben. Aufgrund der hierdurch unterstellten sehr hohen Aufnahme von Radionukliden wurden exorbitant hohe Individualdosen berechnet.
- Die Modellierung im TECDOC 1000 der IAEA für die Freigabe von Flüssigkeiten aus dem Umgang in Medizin, Industrie und Forschung gelangt zu Ableitungswerten, die vom Prinzip her (nicht in den Zahlenwerten) denjenigen aus Anl. VII Tab. 4 Sp. 3 StrlSchV entsprechen. Es werden Szenarien betrachtet, die für Ableitungen unter Berücksichtigung von Vermischung mit sonstigem Wasser zutreffend sind.

4.5 Schlussfolgerungen aus den vorliegenden Untersuchungen zur Freigabe von Flüssigkeiten im Hinblick auf die Erstellung abdeckender Szenarien

Aus der in Abschnitt 4.4 beschriebenen Übersicht verschiedener radiologischer Modelle für die Freigabe von Flüssigkeiten lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen,

- Die Unterscheidung zwischen wässrigen und ölhaltigen bzw. organischen Flüssigkeiten ist für die Modellierung unbedingt beizubehalten.
- Für ölhaltige bzw. organische Flüssigkeiten ist die direkte Wiederverwendung, die Verwertung nach Filtration sowie die Beseitigung durch Verbrennung zu betrachten. Hierbei ist auch der Filtrerrückstand zu betrachten, da sich darin die Aktivität anreichern kann. – Diese Szenarien wurden in der bisherigen Betrachtung, die den Freigabewerten in der StrlSchV zugrunde liegt, berücksichtigt. Für diese Arten von Flüssigkeiten ist somit keine weitergehende Entwicklung von abdeckenden Szenarien notwendig.
- Für wässrige Flüssigkeiten spielt die Möglichkeit der Aufkonzentration und somit die erhöhte Ausschöpfung der Freigabewerte in der Bewertung der Szenarien durch die Öffentlichkeit eine sehr erhebliche Rolle. Es sollte daher durch die Art der Abgabe automatisch sichergestellt werden, dass keine Aufkonzentration stattfinden kann, was in den betrachteten Szenarien auch einzubeziehen ist. Die effektivste Art, eine Aufkonzentration in jedweder Form zu unterbinden, ist die Verregnung des Wassers oder die Abgabe in einen Vorfluter.
- In Fall wässriger Flüssigkeiten erscheint es außerdem sinnvoll, die Masse der pro Jahr von einem Anwender „uneingeschränkt“ freizugebenden Flüssigkeiten zu begrenzen. Der Grund ist, dass andernfalls die Trennung zu Ableitungen im Sinne von § 47 StrlSchV aufgehoben werden würde. Als sinnvolle Begrenzung der Freigabe wird 100 m³ bzw. 100 Mg angesetzt, was sich an den Regelungen für die Freigabe zur Beseitigung für kleinere Anwender (§ 29 Abs. 2 Nr. 2 Buchst. a bzw. b Doppelbuchst. aa StrlSchV) orientiert.

4.6 Entwicklung abdeckender Szenarien für Flüssigkeiten und Vergleich mit den Freigrenzen

Aufbauend auf den in Abschnitt 4.4 skizzierten, bereits existierenden radiologischen Modellen und den in Abschnitt 4.5 genannten Schlussfolgerungen wurde abschließend ein radiologisches Modell entwickelt, das für wässrige Flüssigkeiten, insbesondere Wasser anwendbar ist und das nur solche Szenarien enthält, die eine spätere Aufkonzentration der freigegebenen Flüssigkeiten von vornherein ausschließen. Dies ist dann gegeben, wenn die wässrigen Flüssigkeiten auf Freiflächen verregnet werden, z. B. zur Bewässerung von Grünflächen im Sommer bei Trockenheit oder auf versiegelten oder Brachflächen zur Staubbiederschlagung, oder in Vorfluter eingeleitet werden, wo eine intensive Vermischung mit vorhandenem Wasser stattfindet. Das Modell umfasst die folgenden Szenarien:

- Fahrer des Fahrzeugs, von dem aus die Bewässerung erfolgt: Exposition durch externe Gamma-Bestrahlung durch das Wasser im Tank während der gesamten Fahrzeit bis zum Leeren des Tanks. Inhalation und Ingestion sind ausgeschlossen.
- Personen, die sich auf der beregneten Fläche aufhalten und diese als Liegewiese nutzen: externe Beta- und Gamma-Bestrahlung durch die oberflächennah eingedrungenen Radionuklide aus der Beregnung. Inhalation und Ingestion spielen keine Rolle, da das Wasser samt der darin befindlichen Radionuklide in die Bodenschicht eindringt.
- Personen, die Grundwasser aus einem Privatbrunnen stromab der beregneten Fläche nutzen: Sekundäringestion über verschiedene radioökologische Pfade (Trinkwasser, beregneten Nutzpflanzen).

Das radiologische Modell ist im vollständigen Bericht zu AP3 dieses Forschungsvorhabens im Detail beschrieben. Mit Hilfe dieses Modells werden die Werte aus Anl. VII Tab. 4 Sp. 3 StrlSchV auf die Einhaltung des Dosisrichtwerts $10 \mu\text{Sv}$ im Kalenderjahr für die betrachteten Personengruppen und somit auf ihre Eignung als Freigabewerte für wässrige Flüssigkeiten geprüft. Dieser Wertesatz wird aus folgendem Grund verwendet: Für wässrige und sonstige Flüssigkeiten kann gemäß § 29 Absatz 2 Satz 3 der StrlSchV „derzeit die Freigabe im Einzelfall erteilt werden, falls die Einhaltung des Schutzzieles einer effektiven Dosis im Bereich von 10 Mikrosievert pro Jahr für Einzelpersonen der Bevölkerung nachgewiesen ist, die Freigrenzen der Anlage III Tabelle 1 Spalte 3 zu § 29 StrlSchV nicht überschritten werden und, sofern die Flüssigkeit abgeleitet werden könnte, höchstens der in Anlage VII Teil D Tabelle 4 Spalte 3 zu § 47 StrlSchV genannte Wert auftritt.“ Die Werte sind also gegenwärtig nicht als Freigabewerte, sondern nur als deren obere Grenzen angegeben. Daher liegt es nahe, zu prüfen, ob diese Werte auch als Freigabewerte für die im oben beschriebenen Sinne „uneingeschränkte“ Freigabe wässriger Flüssigkeiten (d. h. zur Verregnung oder Einleitung in einen Vorfluter und bei Begrenzung der Menge auf 100 m^3 im Kalenderjahr je Anwendungsfall) Anwendung finden können.

Die radiologischen Berechnungen liefern die folgenden Ergebnisse:

- Bei Einhaltung der volumenbezogenen Aktivitäten im freizugebenden Wasser gem. Anl. VII Tab. 4 Sp. 3 StrlSchV ist im Falle der Verregnung von bis zu 100 m^3 im Kalenderjahr für alle Radionuklide die Einhaltung des Dosisrichtwerts von $10 \mu\text{Sv}$ im Kalenderjahr nachgewiesen.
- Diese Aussage gilt auch für die Möglichkeit, dass das Wasser nicht verregnet, sondern direkt in die Kanalisation eingeleitet oder an eine Kläranlage abgegeben wird.
- Die hier beschriebene Vorgehensweise stellt sicher, dass für das freigegebene Wasser keine Möglichkeit der Aufkonzentration besteht, woraus sich eine nachträgliche Erhöhung der Konzentration der Radionuklide im Wasser ergeben könnte.

Werden die massenbezogenen Aktivitätswerte der Anl. VII Tab. 4 Sp. 3 StrlSchV mit den (ergänzten) Werten nach Anh. VII Tab. A Teil 1 der EU-Grundnormen verglichen, so sind die Werte aus Anl. VII Tab. 4 Sp. 3 für alle Radionuklide außer Mn-54 und Tb-149 kleiner oder gleich den neuen Freigabewerten der EU-Grundnormen. Für Mn-54 ergibt sich Kompatibilität bei Vernachlässigung der Rundung in Anh. VII Tab. A Teil 1 der EU-Grundnormen, für Tb-149 aufgrund der extrem kurzen Halbwertszeit von nur 4,1 h.

4.7 Fazit

Es werden abschließend die folgenden Schlussfolgerungen für die künftige Ausgestaltung der Regelungen zur Freigabe von Flüssigkeiten gezogen:

- Für Öle und organische Flüssigkeiten, die zur Verwertung freigegeben werden sollen, eignen sich die Freigabewerte für die uneingeschränkte Freigabe. Dies sind gegenwärtig die Werte gemäß Anl. III Tab. 1 Sp. 5 StrlSchV. Zukünftig können die Werte gemäß Anh. VII Tab. A Teil 1 der EU-Grundnormen angewendet werden. Selbstverständlich kann bei dieser Art der Freigabe auch eine Beseitigung der Öle und organischen Flüssigkeiten durch Verbrennung erfolgen.
- Für Öle und organische Flüssigkeiten, die speziell zur Beseitigung durch Verbrennung freigegeben werden sollen, eignen sich wie bisher die Freigabewerte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 9b bzw. 9d StrlSchV.
- Für wässrige Flüssigkeiten einschließlich Wasser wurde gezeigt, dass die Anwendung der Werte gemäß Anl. VII Tab. 4 Sp. 3 StrlSchV für den Fall, dass das Wasser zur Verregnung auf Grünflächen oder vergleichbaren Zwecken freigegeben wird und dass die Gesamtmenge nicht mehr als 100 m^3 pro Jahr beträgt, Kompatibilität mit dem Dosisrichtwert von $10 \mu\text{Sv/a}$

nachgewiesen werden kann. Die Werte gemäß Anl. VII Tab. 4 Sp. 3 StrlSchV eignen sich daher als Freigabewerte für die „uneingeschränkte“ Freigabe von Wasser und wässrigen Flüssigkeiten unter den genannten Voraussetzungen. Hierbei kann auch alternativ eine Ableitung dieser Flüssigkeiten in die Kanalisation oder die Abgabe an eine Kläranlage erfolgen.

5. LITERATURVERZEICHNIS

- [DEC 93] DECKERT, A.; HOPPE, G.; JOHN, T.; THIERFELDT, S.
Strahlenexposition durch konventionelle Beseitigung von Abfällen mit Restaktivität
Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz des BMU, ISSN 0724-3316,
BMU-1994-393, angefertigt von Brenk Systemplanung, Aachen, 1993
- [DEC 97] DECKERT, A.; THIERFELDT, S. (BRENK SYSTEMPLANUNG)
Konservativitätsanalysen bei Freigabegrenzwerten
Endbericht zum Forschungsvorhaben 02S 7635 5 des BMBF, Aachen, 1997
- [DEC 98] DECKERT, A.; THIERFELDT, S. (BRENK SYSTEMPLANUNG)
Berechnung massenspezifischer Freigabewerte für schwach radioaktive Reststoffe
BMU-1998-520, Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz des BMU,
ISSN 0724-3316, Brenk Systemplanung, Aachen, 1998
- [DEC 99] DECKERT, A.; THIERFELDT, S.
Radiologische Bewertung einer Kontamination: Entscheidungshilfe zur Festlegung von flächenbezogenen Freigabewerten
Endbericht zu Vorhaben St.Sch. 4149 des BMU, Brenk Systemplanung, 1999
Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz, BMU-2000-559
- [DEC 99B] DECKERT, A.
Basis for the definition of surface contamination clearance levels for recycling or reuse of metals arising from the dismantling of nuclear installations
Brenk Systemplanung GmbH; Bericht in der Reihe Radiation Protection 101
European Commission; Luxemburg, 1999
- [DEC 00] DECKERT, A.; THIERFELDT, S.; KUGELER, E
Radiologische Bewertung einer Kontamination: Entscheidungshilfe zur Festlegung von flächenbezogenen Freigabewerten, Brenk Systemplanung, Aachen, 1999
Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz des BMU, ISSN 0724-3316, 2000
- [DIN 13] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG
Aktivitätsmessverfahren für die Freigabe von radioaktiven Stoffen und kerntechnischen Anlagenteilen — Teil 4: Kontaminierter und aktivierter Metallschrott
DIN 25457-4, April 2013
- [DIN 14] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG
Aktivitätsmessverfahren für die Freigabe von radioaktiven Stoffen und kerntechnischen Anlagenteilen - Teil 1: Grundlagen
DIN 25457-1, Überarbeitung 2014
- [DIN 15] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG
Aktivitätsmessverfahren für die Freigabe von radioaktiven Stoffen und kerntechnischen Anlagenteilen - Teil 6: Bauschutt und Gebäude
DIN 25457-6, 2015

- [CEC 93] KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN
Principles and Methods for Establishing Concentrations and Quantities (Exemption values)
Below which Reporting is not Required in the European Directive
Report Radiation Protection 65, Doc. XI-028/93, Brüssel, 1993
- [EUR 98] EUROPÄISCHE KOMMISSION
Recommended radiological protection criteria for the recycling of metals from the dismantling of nuclear installations
Radiation Protection No. 89, Luxemburg, 1998, ISBN 92-828-3284-8
- [EUR 00] EUROPÄISCHE KOMMISSION
Recommended radiological protection criteria for the clearance of buildings and building rubble from the dismantling of nuclear installations
Radiation Protection No. 113, Luxemburg, 2000, ISBN 92-828-9172-0
- [EUR 00B] EUROPÄISCHE KOMMISSION
Definition of clearance levels for the release of radioactively contaminated buildings and building rubble, Final report, RP 114, Luxemburg, 2000, ISBN 92-828-9170-4
- [EUR 00C] EUROPÄISCHE KOMMISSION
Methodology and models used to calculate individual and collective doses from the recycling of metals from the dismantling of nuclear installations, Radiation Protection No. 117, Luxemburg, 2000, ISBN 92-828-9171-2
- [EUR 03] EUROPÄISCHE KOMMISSION
Evaluation of the application of the concepts of exemption and clearance for practices according to title III of Council Directive 96/29/Euratom of 13 May 1996 in EU Member States - Volume 1: Main Report
Report Radiation Protection 134, Luxemburg, 2003
- [EUR 07] EUROPEAN COMMISSION
A Review of Consumer Products Containing Radioactive Substances in the European Union;
Radiation Protection 146; Luxembourg, April 2007
- [EUR 13] RAT DER EUROPÄISCHEN UNION
Richtlinie 2013/59/EURATOM des Rates vom 5. Dezember 2013 zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung und zur Aufhebung der Richtlinien 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom und 2003/122/Euratom
- [IAE 98] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (ED.)
Clearance of materials resulting from the use of radionuclides in medicine, industry and research
TECDOC 1000, Wien, 1998
- [IAE 04] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY
Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance, Safety Standards Series No. RS-G-1.7, Safety Guide, Vienna 2004

- [IAE 05] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY
Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance
Safety Report Series No. 44, Vienna, 2005
- [ICR 77] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION
Recommendations of the International Commission on Radiological Protection ICRP Publication 26, Oxford, 1977
- [JOH 93] JOHN, T.; DECKERT, A.; THIERFELDT, S.
Untersuchung zur schadlosen Verwertung von Bauschutt und Gebäudeteilen
Teilbericht aus BMU-1994-394, Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz des
BMU, ISSN 0724-3316, angefertigt von Brenk Systemplanung, Aachen, 1993
- [KIS 93] KISTINGER, S.; DECKERT, A.; GRAF, R.; GÖRTZ, R.; GOLDAMMER, W.; THIERFELDT, S.
Teil: Ermittlung der radiologischen Konsequenzen der schadlosen Verwertung von α -haltigem
Metallschrott
Brenk Systemplanung, Aachen, 1993
BMU 1994-394, Schriftenreihe Reaktorsicherheit und Strahlenschutz des BMU,
ISSN 0724-3316
- [THI 99] THIERFELDT, S.; NÜSSER, A.; DECKERT, A.; SCHRAMKE, M.; NEUHAUS, I.
Stilllegung von Kernanlagen - Freigabe von Bodenflächen kerntechnischer Standorte
Endbericht zu Vorhaben SR 2271 des BMU, Brenk Systemplanung, Aachen, 1999
- [THI 00] THIERFELDT, S.; KUGELER, E.
Freigabe von Gebäuden und Bauschutt aus kerntechnischem Umgang
Endbericht erstellt im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reak-
torsicherheit; Brenk Systemplanung, Aachen, Juni 2000
- [THI 03] THIERFELDT, S.; WÖRLEN, S.; SCHARTMANN, F.
Abschätzung der Kollektivdosis durch Freigaben in Deutschland
Endbericht zum Vorhaben StSch 4279 des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit
Aachen, Dezember 2003
- [THI 04] THIERFELDT, S.; WÖRLEN, S.
Spezifische Fragestellungen für die Fortentwicklung von Datensätzen für die Freigrenzen,
Freigabe von Oberflächenkontaminationen - Fortentwicklung des radiologischen Modells
für die Berechnung von Freigabewerten für die Freigabe zur Beseitigung;
Endbericht zu AP2/AP3 des Vorhabens StSch 4279 - BS-Nr. 0107-01, Brenk Systempla-
nung, Aachen, 2004
- [THI 08] THIERFELDT, S.; BARTHEL, R., WÖRLEN, S.
Comparative Study of EC and IAEA Guidance on Exemption and Clearance Levels
Abschlussbericht für die Europäische Kommission, DG TREN
Endbericht zu Contract TREN/07/NUCL/S07.76852, Brenk Systemplanung GmbH, Aachen,
2008, veröffentlicht als Report Radiation Protection 157, Luxemburg, 2010

- [THI 12] THIERFELDT, S.; TACHLINSKI, S.; WÖRLEN, S.; HOPPE, G.; KUNZ, R.; TÖPPERWIEN, K.
Berechnung von Freigrenzen und Freigabewerten für Nuklide, für die keine Werte in den IAEA-BSS vorliegen
erstellt im Auftrag des Eidgenössischen Departements des Inneren Bundesamt für Gesundheit Direktionsbereich Verbraucherschutz, Vertrag Nr. 11.007303, Aachen, 2012
- [THI 13] THIERFELDT, S.
Freigrenzen und Freigabewerte in den neuen Strahlenschutz-Grundnormen der EU
Vortrag auf der Jahrestagung des Fachverbands für Strahlenschutz, Essen, 2013

| Verantwortung für Mensch und Umwelt |

Kontakt:

Bundesamt für Strahlenschutz

Postfach 10 01 49

38201 Salzgitter

Telefon: + 49 30 18333 - 0

Telefax: + 49 30 18333 - 1885

Internet: www.bfs.de

E-Mail: ePost@bfs.de

Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier.



Bundesamt für Strahlenschutz