

# Ressortforschungsberichte zum Strahlenschutz

Überarbeitung der Strahlenschutzverordnung bzgl. der  
Freigrenzen von radioaktiven Stoffen zur Umsetzung der neuen  
Euratom-Grundnormen in deutsches Recht  
- Vorhaben 3614S70051

## Band 1: Schlussbericht

Auftragnehmer:  
Brenk Systemplanung GmbH (BS)

Dr. S. Thierfeldt  
Dr. R. Kunz  
Dr. O. Nitzsche  
Dr. Y. Shapiro  
M. Sc. E. Lichte

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



Bundesamt für Strahlenschutz

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-133/18**

Bitte beziehen Sie sich beim Zitieren dieses Dokumentes immer auf folgende URN:  
**urn:nbn:de:0221-2018050314804**

Salzgitter, Mai 2018

**Überarbeitung der Strahlenschutzverordnung bzgl. der Freigrenzen von radioaktiven Stoffen zur Umsetzung der neuen EURATOM-Grundnormen in deutsches Recht**  
**Schlussbericht**

BS-Projekt-Nr. 1405-05  
Forschungsvorhaben 3614S70051

erstellt im Auftrag des  
Bundesamtes für Strahlenschutz  
Neuherberg

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

31.05.2016

**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. Ralf Kunz*
- *Dr. Olaf Nitzsche*
- *Dr. Yevgenij Shapiro*
- *M. Sc. Elena Lichte*

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

<b>1.</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>AP 1 und AP 2: Berechnung neuer Freigrenzen und Untersuchung von fachlichen Randbedingungen .....</b>	<b>2</b>
2.1	Einführung .....	2
2.2	Szenarien gem. Safety Report 44 .....	2
2.2.1	Entwicklung des Safety Report 44 .....	2
2.2.2	Übersicht der Szenarien in Safety Report 44 .....	3
2.2.3	In Safety Report 44 einbezogene Radionuklide .....	5
2.2.4	„Low probability“-Szenarien .....	6
2.3	Details zur Berechnung von Freigrenzen und Freigabewerten in Safety Report 44 .....	6
2.3.1	Einbeziehung von Tochternukliden .....	6
2.3.2	Rundungsverfahren .....	7
2.3.3	Behandlung sehr kurzlebiger Radionuklide .....	7
2.3.4	Zusammenhang zwischen Freigrenzen und anderen Sätzen von Freigabewerten .....	8
2.4	Ergebnisse der Berechnungen für Freigrenzen und Freigabewerte .....	8
2.5	Anwendung der Freigrenzen und Freigabewerte .....	26
2.5.1	Geringe Materialmengen .....	26
2.5.2	Flächenbezogene Freigabewerte .....	26
2.5.3	Natürlich vorkommende Radionuklide .....	26
2.5.4	Edelgase .....	27
2.5.5	Flüssigkeiten .....	27
<b>3.</b>	<b>AP 3: Konsequenzen der Anwendung neuer Freigrenzen im Hinblick auf die Vollzugspraxis im Strahlenschutz .....</b>	<b>28</b>
3.1	Einführung .....	28
3.2	Bedeutung der Freigrenzen in der StrlSchV .....	28
3.2.1	§ 2 AtG: Begriff des radioaktiven Stoffs .....	29
3.2.2	§ 8 StrlSchV: Genehmigungsfreier Umgang .....	30
3.2.3	§ 17 StrlSchV: Genehmigungsfreie Beförderung .....	30
3.2.4	§ 21 StrlSchV: Ausnahmen; andere Vorschriften über die grenzüberschreitende Verbringung .....	31
3.2.5	§ 25 StrlSchV: Verfahren der Bauartzulassung .....	31
3.2.6	§ 29 StrlSchV: Rolle als obere Schranke bei Einzelfallbetrachtungen bzgl. der Freigabe .....	31
3.2.7	§ 43 StrlSchV: Schutzvorkehrungen .....	32
3.2.8	§ 45: Beschäftigungsverbote und Beschäftigungsbeschränkungen .....	32
3.2.9	§ 65 StrlSchV: Lagerung und Sicherung radioaktiver Stoffe .....	32
3.2.10	§ 68: Kennzeichnungspflicht .....	32
3.2.11	§ 71 StrlSchV: Abhandenkommen, Fund, Erlangung der tatsächlichen Gewalt .....	32
3.2.12	§ 79: Umgehungsverbot .....	33
3.2.13	Zusatz radioaktiver Stoffe .....	33
3.2.14	Sonstige in Tabelle 3.1 aufgeführte Bezüge auf Freigrenzen .....	34
3.3	Ausgestaltung von Genehmigungen nach StrlSchV .....	34
3.3.1	Ausgestaltung von Genehmigungen nach § 7 Abs. 1 StrlSchV .....	34
3.3.2	Gebührenordnungen der zuständigen Behörden der Bundesländer .....	35
3.3.3	Ausnahme von der Genehmigung für Messungen an Proben zur Freigabe .....	35
3.3.4	Freistellung von Versandstücken beim Transport nach § 17 StrlSchV .....	36
3.4	Abhandenkommen und Funde radioaktiv kontaminierter Stoffe .....	36
3.4.1	Beispiele für Funde radioaktiv kontaminierter Stoffe .....	36
3.4.2	Umgang mit Radioaktivität im Schrott .....	38
3.4.3	Einfluss der Änderungen massenbezogener Freigrenzen .....	40

3.5	Diskussion um die mögliche Verwendung bzw. Verwertung von Schrott oder Produkten mit erhöhtem Aktivitätsgehalt.....	41
3.6	Stoffe, deren Aktivitätsgehalte Freigrenzen überschreiten .....	43
3.7	Empfehlung für die Ausgestaltung von Regelungen in Bezug auf Freigrenzen in einer Novellierung der Strahlenschutzgesetzgebung .....	47
3.7.1	Technisch-operativer und finanzieller Mehraufwand .....	47
3.7.2	Auswirkungen auf die Vollzugspraxis .....	48
3.8	Empfehlungen auf Basis der Ergebnisse aus AP 3 dieses Forschungsvorhabens .....	49
<b>4.</b>	<b>AP 4: Prüfung der den bisherigen Werten für die uneingeschränkte Freigabe und den Freigrenzen (RP 65) zugrundeliegenden Szenarien auf Konsistenz und Vollständigkeit .....</b>	<b>50</b>
4.1	Einführung .....	50
4.2	Entwicklung der Szenarien für Freigrenzen und Freigabewerte .....	50
4.2.1	Entwicklung der Freigrenzen .....	50
4.2.2	Entwicklung der Regelungen für die uneingeschränkte Freigabe.....	51
4.3	Entwicklung zur gegenwärtigen rechtlichen Situation bei Freigrenzen und der uneingeschränkten Freigabe in Deutschland.....	52
4.3.1	Wechselwirkung zwischen Freigrenzen und Freigabewerten für die uneingeschränkte Freigabe.....	52
4.3.2	Anwendung von Freigrenzen und Freigabewerten für die uneingeschränkte Freigabe in verschiedenen Bereichen .....	53
4.3.3	Schlussfolgerungen .....	53
4.4	Prüfung von Expositionsszenarien, die den bisherigen Freigrenzen zugrunde liegen, auf Konsistenz und Vollständigkeit .....	53
4.4.1	Rolle der massenbezogenen Freigrenzen im Strahlenschutz .....	53
4.4.2	Szenarien in RP 65 [CEC 93] .....	54
4.4.3	Ergebnis der Bewertung.....	54
4.5	Prüfung von Expositionsszenarien, die den Freigabewerten für die uneingeschränkte Freigabe zugrunde liegen, auf Konsistenz und Vollständigkeit.....	55
4.5.1	Bewertungsmaßstäbe für die Szenarien in der Empfehlung [SSK 98] .....	55
4.5.2	Szenarien der SSK-Empfehlung [SSK 98] .....	55
4.5.3	Ergebnis der Bewertung.....	55
4.6	Anhänge .....	56
<b>5.</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>57</b>

**Abbildungsverzeichnis:**

Seite:

Abbildung 3.1:	Illustration für die Funktion der bisherigen Freigrenzen als „Auffangwerte“ bei der Entscheidung über die Eingruppierung eines Stoffes als „radioaktiv“.....	47
----------------	--	----

**Tabellenverzeichnis:**

Seite:

Tabelle 2.1:	Szenarien und relevante Expositionspfade in Safety Report 44 [IAE 05] .....	4
Tabelle 2.2:	Generelle Parameter für die Expositionsszenarien in Safety Report 44 [IAE 05] .....	5
Tabelle 2.3:	Freigrenzen für große Massen und Freigabewerte für die uneingeschränkte Freigabe auf Basis der Szenarien gem. Safety Report 44 [IAE 05] und RS-G-1.7 [IAE 04].....	8
Tabelle 2.4:	Aktivitätskonzentrationen für Radionuklide natürlichen Ursprungs gemäß RS-G-1.7 [IAE 05] .....	27
Tabelle 3.1:	Liste der Bezüge auf Freigrenzen in AtG (2012) und StrlSchV (2011).....	29
Tabelle 3.2:	Freigrenzen für relevante Radionuklide nach Anh. VII Tab. A Teil 1 von [EUR 14] (sowie die mit demselben Modell hergeleiteten fehlenden Werte) und nach Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV bzw. Anl. VII Tab. B von [EUR 14] .....	44
Tabelle 4.1:	Vergleich der relevanten Parameter der Szenarien für die Expositionspfade externe Bestrahlung, Inhalation und Ingestion in der SSK-Empfehlung von 1998 [SSK 98], RP 122/I [EUR 00] und SR 44 [IAE 05].....	52

## **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 Freigrenzen von radioaktiven Stoffen zur Umsetzung der neuen EURATOM-Grundnormen in deutsches Recht“ (Förderkennzeichen 3614S70051) beauftragt. Dieses Vorhaben dient dazu, einen vollständigen Satz von Freigrenzen bzw. Freigabewerten zu berechnen, die analog zu den Werten in Anh. VII Tab. A Teil 1 der Strahlenschutz-Grundnormen der EU von 2013 [EUR 14], welche wiederum aus dem Safety Guide RS-G-1.7 der IAEA [IAE 04] stammen, hergeleitet wurden. 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; zugehörige flächenbezogene Werte oder Werte der Gesamtaktivität existieren nicht. In Anh. VII Tab. B der EU-Grundnormen existieren allerdings weiterhin die Werte der bisherigen Freigrenzen gem. Anl. III Tab. 1 Sp. 2 und 3 StrlSchV, die den Werten in Anh. VII Tab. A Teil 1 der EU-Grundnormen nachgeordnet sind und nur für Materialmengen von einigen Mg gelten.

Dieses Vorhaben gliedert sich in folgende übergeordnete Arbeitspakete:

**AP 1:** Berechnung neuer Freigrenzen und Vergleich mit bereits existierenden Freigrenzen aus den bisherigen Strahlenschutz-Grundnormen der EU von 1996 [EUR 96] sowie Berechnung von Oberflächenwerten;

**AP 2:** Untersuchung von fachlichen Randbedingungen zu diesen Freigrenzen, insbesondere zur Rolle der natürlich vorkommenden Radionuklide, zum doppelten Satz von Szenarien („Realistic“ und „Low probability“) und zu der sonstigen fachlichen Ausgestaltung der Freigrenzen,

**AP 3:** Konsequenzen der Anwendung neuer Freigrenzen im Hinblick auf die Vollzugspraxis im Strahlenschutz, vor allem bzgl. Funden von radioaktiv kontaminiertem Stahl,

**AP 4:** Prüfung der den bisherigen Werten für die uneingeschränkte Freigabe und den Freigrenzen (RP 65) zugrundeliegenden Szenarien auf Konsistenz und Vollständigkeit, einschl. der Prüfung derjenigen Expositionsszenarien, die den bisherigen Freigrenzen zugrunde liegen, auf Konsistenz und Vollständigkeit.

Zu diesen Arbeitspaketen sind einzelne Berichte erstellt worden, die die genannten Themen jeweils vollständig behandeln, wobei aufgrund der thematischen Verwandtschaft AP 1 und AP 2 in einem gemeinsamen Bericht dargestellt wurden. 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. AP 1 UND AP 2: BERECHNUNG NEUER FREIGRENZEN UND UNTERSUCHUNG VON FACHLICHEN RANDBEDINGUNGEN**

### **2.1 Einführung**

Im Rahmen der Arbeitspakete (AP) 1 und 2 erfolgte die Berechnung neuer Freigrenzen bzw. Freigabewerte, der Vergleich mit bereits existierenden Freigrenzen aus den bisherigen Strahlenschutz-Grundnormen der EU von 1996 [EUR 96] sowie die Untersuchung von fachlichen Randbedingungen zu diesen Freigrenzen/Freigabewerten, insbesondere zur Rolle der natürlich vorkommenden Radionuklide, zum doppelten Satz von Szenarien („Realistic“ und „Low probability“) und zu der sonstigen fachlichen Ausgestaltung der Freigrenzen.

Das wesentliche Ergebnis von AP 1 besteht in der Berechnung der Freigrenzen/Freigabewerte für ca. 800 Radionuklide, für die Freigrenzen auch in Anl. III Tab. 1 Sp. 2 und 3 StrlSchV existieren. Demgegenüber existieren in Anh. VII Tab. A Teil 1 der Strahlenschutz-Grundnormen der EU [EUR 14] Werte nur für ca. 250 Radionuklide, so dass für alle fehlenden Radionuklide der komplette Satz aller Dosiskoeffizienten für externe Bestrahlung, Inhalation, Ingestion und Hautkontamination, aller relevanten Transferfaktoren und sonstigen Kenngrößen zu ergänzen und die Rechnungen für alle Szenarien, die im Safety Report 44 [IAE 05] der IAEA beschrieben sind, durchzuführen waren.

### **2.2 Szenarien gem. Safety Report 44**

#### **2.2.1 Entwicklung des Safety Report 44**

Die historische Entwicklung des Safety Guide RS-G-1.7 [IAE 04] kann im Wesentlichen in die folgenden 4 Phasen eingeteilt werden:

1. Phase 1: Entwicklung eines Konzepts für die Herleitung von Freigabewerten für die uneingeschränkte Freigabe: 1998-99. Dies erfolgte unter Beteiligung einer größeren Zahl von Experten aus IAEA-Mitgliedsstaaten unter Sichtung von bereits vorliegenden nationalen und internationalen Empfehlungen zur Freigabe.
2. Phase 2: Entwicklung von Freigabewerten und eines Dokuments (DS 161), das diese Werte und ihre Herleitung darstellt: 1999-2000. In dieser Zeit wurde ein Satz von Szenarien für die radiologische Modellierung der Freigabe erarbeitet, getrennt für Metallschrott, Beton und sonstiges Material. Diese Szenarien zielten zunächst nur auf die Herleitung von Freigabewerten ab, nicht auf Freigrenzen. Als Grundlage für die resultierende Dosis wurde der Richtwert  $10 \mu\text{Sv/a}$  gewählt. Das Modell wurde als Bericht DS 161 bis zum Oktober 2000 weiterentwickelt, und die Mitgliedsstaaten erteilten das Votum, den Bericht als Empfehlung für Freigabewerte zu veröffentlichen. Allerdings ist dies nie erfolgt, da sich die IAEA zu einem Strategiewechsel entschloss.
3. Phase 3: Erhebliche Veränderung des Geltungsbereichs und Erarbeitung eines neuen Satzes von Werten, welcher die Anwendbarkeit der Strahlenschutz-Grundnormen der IAEA definieren soll; Abschluss der Arbeiten an RS-G-1.7: 2001-2003. In dieser Phase wurde die Zielsetzung der radiologischen Modellierung grundlegend geändert. Die IAEA verfolgte nun nicht mehr das Ziel, Freigabewerte zu empfehlen, sondern änderte die Zielsetzung auf die Herleitung von allgemeinen Freigrenzen, die die untere Grenze zur Anwendung des Regelwerks im Strahlenschutz darstellen sollten. Da sie auf diese Weise den „Scope“ des Regelwerks definieren sollten, wurden sie auch „Scope Defining Levels“ genannt. Zu diesem Zweck wurde das radiologische Modell aus DS 161 erheblich erweitert und um einen Satz von Szenarien

ergänzt, die am Dosisgrenzwert von 1 mSv/a ausgerichtet waren und daher besonders konservativ modelliert wurden. Die auf diese Weise hergeleiteten Werte wurden als Freigrenzen und Freigabewerte gleichermaßen angesehen. Ihr Geltungsbereich reicht bis zu sehr großen Massen von einigen 100.000 Mg im Jahr. - Eine ursprünglich geplante Ausweitung der Modellierung zwecks Einbeziehung weiterer Sachgebiete (Nahrungsmittel, Konsumgüter, Bodenflächen, Ableitungen usw.) erwies sich als nicht zielführend und wurde daher verworfen.

4. Phase 4: Vorstellung des neuen Wertesatzes als ein international abgestimmter Satz von Freigabewerten für die uneingeschränkte Freigabe durch die IAEA: seit 2004. Das Dokument DS 161 wurde 2004 als RS-G-1.7 [IAE 04] veröffentlicht, so dass es rechtzeitig für die internationale Stilllegungskonferenz "Safe, Efficient and Cost-Effective Decommissioning" in Rom im September 2004 [NEA 04] verfügbar war. Das zu Grunde liegende technische Dokument [IAE 05] wurde allerdings erst mehrere Monate danach veröffentlicht. Seither wurde diese Empfehlung durch die IAEA intensiv als international abgestimmte Empfehlung für die uneingeschränkte Freigabe und für die Werte von Freigrenzen für große Massen beworben und fand ihren Weg in die Entwürfe der Strahlenschutz-Grundnormen der IAEA. Auf diesem Wege wurden die Werte auch für die parallel entwickelten Strahlenschutz-Grundnormen der EU übernommen und finden sich heute in Anh. VII Tab. A Teil 1 der EU-Grundnormen [EUR 14].

### 2.2.2 Übersicht der Szenarien in Safety Report 44

Die Szenarien in Safety Report 44 sind generischer Natur, d.h. sie definieren keine konkreten, sondern eher abstrakte Expositionssituationen. Allerdings sind sie der besseren Nachvollziehbarkeit wegen so gestaltet, dass sie typische Expositionssituationen in angemessener Weise beschreiben. Sie wurden daher mit kurzen Bezeichnungen versehen, aus denen die beschriebene Expositionssituation ersichtlich ist.

Tabelle 2.1 gibt einen Überblick der Szenarien in Safety Report 44 [IAE 05]. Es gibt keine Begrenzung für die Materialarten, für die die Werte aus RS-G-1.7 gültig sind. Diese Materialarten umfassen zum Beispiel Metalle, Bauschutt, Schlacke, nicht metallische feste Stoffe usw. Grundsätzlich sind alle Szenarien mit einem doppelten Satz von Parameterwerten ausgestaltet. Die realistischer gewählten Werte werden für Szenarien verwendet, die sich auf den Dosisrichtwert 10  $\mu$ Sv/a beziehen, konservativ gewählte Werte werden für Szenarien verwendet, die sich auf den Dosisgrenzwert von 1 mSv/a beziehen und die daher nur mit einer sehr viel geringeren Wahrscheinlichkeit auftreten. Der Bericht Safety Report 44 verwendet hierfür die Begriffe „realistic scenarios“ und „low-probability scenarios“ (im Folgenden werden die Begriffe „realistische Szenarien“ und „unwahrscheinliche Szenarien“ verwendet).

Tabelle 2.2 zeigt Werte für die Expositionszeiten und verschiedene Zerfallszeiten vor und während des Ablaufs der Szenarien, die in SR 44 betrachtet wurden. Hieran wird der Unterschied zwischen „realistischen“ und „unwahrscheinlichen“ Szenarien erkenntlich: Im realistischen Fall entsprechen die Expositionszeiten mittleren Werten durchschnittlicher Arbeitsplätze bzw. durchschnittlicher Situationen für den Aufenthalt unter den im Szenario betrachteten Umständen, im unwahrscheinlichen Fall werden jeweils die maximal möglichen Werte verwendet (ganzes Arbeitsjahr, ganzes Jahr, gesamte Aufenthaltszeit im Freien usw.).

Tabelle 2.1: Szenarien und relevante Expositionspfade in Safety Report 44 [IAE 05]

Szenario	Beschreibung	exponierte Personen	Relevante Expositionspfade
WL	Arbeiter auf einer Deponie oder in einem anderen Betrieb (kein Schmelzbetrieb)	Arbeiter	Externe Bestrahlung auf der Deponie Inhalation auf der Deponie Direktingestion kontaminierter Materials
WF	Arbeiter im Schmelzbetrieb	Arbeiter	Externe Bestrahlung im Schmelzbetrieb durch Ausrüstung oder Schrotthaufen Inhalation im Schmelzbetrieb Direktingestion kontaminierter Materials
WO	Anderer Arbeiter (z.B. Lkw-Fahrer)	Arbeiter	Externe Bestrahlung durch Gegenstände oder Lkw-Ladung
SKIN	Staubiger Arbeitsplatz	Arbeiter	Hautkontamination <sup>1</sup>
RL-C	Anwohner nahe Deponie oder anderem Betrieb	Kind (1–2 a)	Inhalation nahe Deponie oder anderem Betrieb Ingestion kontaminierter Lebensmittel, die auf kontaminiertem Land angebaut werden
RL-A		Erwachsener (>17 a)	Inhalation nahe Deponie oder anderem Betrieb Ingestion kontaminierter Lebensmittel, die auf kontaminiertem Land angebaut werden
RF	Anwohner nahe Schmelzbetrieb	Kind (1–2 a)	Inhalation nahe Schmelzbetrieb
RH	Bewohner eines Hauses das unter Verwendung kontaminierter Materials erbaut wurde	Erwachsener (>17 a)	Externe Bestrahlung im Haus
RP	Anwohner nahe eines öffentlichen Platzes, der mit kontaminiertem Material belegt wurde	Kind (1–2 a)	Externe Bestrahlung Inhalation kontaminierter Stäube Direktingestion kontaminierter Materials
RW-C	Anwohner, der Wasser aus einem Privatbrunnen oder Fisch aus einem kontaminierten Fluss verzehrt	Kind (1–2 a)	Ingestion von kontaminiertem Trinkwasser, Fisch und anderen Lebensmitteln <sup>2</sup>
RW-A		Erwachsener (>17 a)	

- 
- <sup>1</sup>) Beim Szenario für die Hautkontamination (SKIN) handelt es sich um ein eigenständiges Szenario, dessen Dosisbeiträge nicht zu denjenigen der anderen Arbeitsplatzszenarien addiert werden. Grund ist, dass die Bewertung der Hautdosis nicht als Teil der Effektivdosis, sondern gegen den Grenzwert für Hautdosis von 50 mSv/a erfolgt.
- <sup>2</sup>) Es wird angenommen, dass sich Radionuklide über Grund- und Oberflächenwasser ausbreiten. Aus einem Privatbrunnen, der vom Grundwasser gespeist wird, wird Wasser als Trinkwasser und zur Bewässerung einer kleinen Eigenerzeugung von Lebensmitteln verschiedener Art verwendet. Der Verzehr von Fisch aus Oberflächengewässern wird ebenfalls betrachtet.

Tabelle 2.2: Generelle Parameter für die Expositionsszenarien in Safety Report 44 [IAE 05]

	Einheit	Fall	WL Arbeiter Deponie	WF Arbeiter Schmelzb.	WO Sonstig. Arbeiter	RL Anwohner Deponie	RF Anwohner Schmelzb.	RH Bewohner Haus	RP Anwohner Platz
Expositionszeit ( $t_e$ )	h/a	realistisch	450	450	900	1000	1000	4500	400
		unwahrsch.	1800	1800	1800	8760	8760	8760	1000
Zerfallszeit vor Beginn Szenario ( $t_1$ )	d	realistisch	30	30	30	30	30	100	100
		unwahrsch.	1	1	1	1	1		
Zerfallszeit während Szenario ( $t_2$ )	d	realistisch	365	365	365	365	365	365	365
		unwahrsch.	0	0	0	0	0		
Zerfallszeit vor Nahrungsszen. <sup>3</sup> ( $t_{f1}$ )	d	realistisch/ unwahrsch.	n.a.	n.a.	n.a.	365	n.a.	n.a.	n.a.
Zerfallszeit während Nah- rungsszen. ( $t_{f2}$ )	d	realistisch/ unwahrsch.	n.a.	n.a.	n.a.	365	n.a.	n.a.	n.a.

Obwohl ihnen jeweils eine spezielle Bezeichnung zugewiesen ist, wie zum Beispiel „Anwohner nahe Deponie oder anderen Betrieb“ (*“resident near landfill or other facility”*), umfassen die meisten dieser Szenarien doch gleichzeitig eine Vielzahl von Expositionssituationen und Expositionspfaden, die jeweils in der letzten Spalte der Tabelle angegeben sind. Die einzelnen Dosisbeiträge aller Pfade des jeweiligen Szenarios werden aufaddiert.

Die komplette Übersicht aller Szenarien, Parameterwerte und Berechnungsmethoden findet sich im Anhang des Berichtes zu AP 1 und AP 2 dieses Forschungsvorhabens.

Die Szenarien sind nicht für die Ableitung von Freigrenzen bzw. Freigabewerten für Flüssigkeiten und für Edelgase (Ar, Kr, Xe, Rn) geeignet und werden in Safety Report 44 auch nicht dafür angewendet (vgl. Abschnitte 2.5.4 und 2.5.5).

### 2.2.3 In Safety Report 44 einbezogene Radionuklide

Safety Report 44 [IAE 05] unterscheidet zwischen „künstlichen“ und „natürlichen“ Radionukliden.

Unter „künstlichen“ oder anthropogenen Radionukliden werden alle Radionuklide, die nicht als natürlich vorkommend (s. u.) gelten, verstanden. Für sie ist im Hinblick auf Freigabe oder Freistellung eine Herkunft nur aus Tätigkeiten denkbar. Hierfür werden in Safety Report 44 geeignete Szenarien entwickelt und den Berechnungen zugrunde gelegt. Auf dieser Basis werden in Safety Report 44 Freigrenzen und Freigabewerte für 257 „künstliche“ Radionuklide hergeleitet.

Unter „natürlich vorkommenden Radionuklide“ werden die Nuklide der U-238- und der Th-232-Zerfallsreihen sowie K-40 verstanden. Für diese Radionuklide existieren in den Strahlenschutz-Grundnormen 2013 [EUR 14] zwei verschiedene Ansätze:

- Für natürlich vorkommende Radionuklide, die nicht aus „Tätigkeiten“ im Sinne von Teil 2 StrlSchV stammen, wurde bei der Erstellung von SR 44 [IAE 05] lediglich eine allgemeine Betrachtung der Verteilung natürlicher Aktivitäten in Materialien der Erdoberfläche und in

<sup>3)</sup> „Nahrungsszenario“ bezieht sich auf den Anbau von Nahrungsmitteln (Pflanzen) im Rahmen von Szenarien RL-A und RL-C und damit auf die Sekundäringestion, nicht auf die Direktingestion von kontaminiertem Staub.

einigen NORM-Stoffen durchgeführt. Der Grenzwert von 1 Bq/g (K-40: 10 Bq/g) wurde letztlich auf Basis von Praktikabilitätsüberlegungen festgelegt. Diesen Werten liegen keine radiologischen Szenarien zugrunde.

- SR 44 enthält keine Festlegung von Freigabewerten für natürlich vorkommende Radionuklide aus „Tätigkeiten“ im Sinne von Teil 2 StrlSchV. Die betreffenden Positionen sind in den entsprechenden Tabellen von SR 44 und RS-G-1.7 [IAE 04] leer, somit auch in Anhang VII Tab. A der Strahlenschutz-Grundnormen 2013 [EUR 14]. Es wird allerdings in Art. 30 (3) der Strahlenschutz-Grundnormen 2013 gefordert: *„Die Mitgliedstaaten sorgen dafür, dass für die Freigabe von Materialien, die natürlich vorkommende Radionuklide enthalten und aus zugelassenen Tätigkeiten stammen, bei denen natürliche Radionuklide aufgrund ihrer Radioaktivität, Spaltbarkeit oder Bruteigenschaft verarbeitet werden, die Freigabewerte die Dosiskriterien für die Freigabe von Materialien, die künstliche Radionuklide enthalten, erfüllen.“* Durch diese Formulierung ist die Lücke bei Freigabewerten für „natürliche“ Radionukliden, die aus Tätigkeiten stammen, im Rahmen der Beratungen der Entwürfe der EU-Grundnormen geschlossen worden.

Der Satz von Freigrenzen, der in Anh. VII Tab. B der EU-Grundnormen 2013 [EUR 14] vorhanden ist, ist weitestgehend identisch zu Anh. I Tab. B der EU-Grundnormen 1996 [EUR 96] mit Ausnahme der beiden Zerfallsreihen im ungestörten Gleichgewicht, U-238sec und Th-232sec, die als „natürlichen Ursprungs“ bezeichnet werden und die daher nur in Anh. VII Tab. A Teil 2 der EU-Grundnormen 2013 aufgeführt sind.

#### **2.2.4 „Low probability“-Szenarien**

Die sogenannten „Low probability“-Szenarien im Safety Report 44 bzw. im Safety Guide RS-G-1.7 stellen insofern eine Besonderheit im Vergleich zu bisherigen, in Deutschland gebräuchlichen radiologischen Modellen zur Herleitung von Freigrenzen und Freigabewerten dar, als sie auf Basis eines Dosisgrenzwerts von 1 mSv/a angewendet werden. Allerdings gelten sie nur in Kombination mit den „realistischen“ Szenarien, die auf dem Dosisrichtwert 10 µSv/a basieren. Beide Sätze von Szenarien decken gleiche Expositionsumstände ab und unterscheiden sich durch die jeweils angewendeten Parameterwerte. Insbesondere wird bei den „Low probability“-Szenarien keine Zerfallszeit vor und nur eine geringe Zerfallszeit während der Dauer von Szenarien unterstellt, so dass sie vor allem für kurzlebige Radionuklide (Halbwertszeit im Bereich von Tagen und weniger) begrenzend wirken. Eine direkte Umrechnung der „Low probability“-Szenarien in die „realistischen“ Szenarien, etwa durch einen Skalierungsfaktor, ist unter anderem aufgrund der unterschiedlichen Handhabung der Zerfallszeiten und der unterschiedlichen Parameterwerte nicht möglich. Das 10 µSv-Konzept ist durch die Anwendung dieser Szenarien zu keiner Zeit verletzt, da in den Fällen, in denen das „realistische“ Szenario führend ist, dieses bereits eine Ableitung der Freigrenze bzw. des Freigabewerts auf Basis 10 µSv/a sicherstellt, und in den Fällen, in denen das „Low probability“-Szenario führend ist, sich dieses noch konservativer als die Ableitung auf Basis des Dosisrichtwerts von 10 µSv/a erweist.

### **2.3 Details zur Berechnung von Freigrenzen und Freigabewerten in Safety Report 44**

#### **2.3.1 Einbeziehung von Tochternukliden**

Die Behandlung der Tochternuklide ist in bisherigen Anwendungen in RS-G-1.7 [IAE 04] bzw. Safety Report 44 [IAE 05] der IAEA, den hieraus abgeleiteten Regelungen der neuen EU-Grundnormen [EUR 14] sowie auch in den gegenwärtigen Regelungen der StrlSchV, insbesondere in Anl. III Tab. 2 StrlSchV, vom Prinzip her gleichartig:

- Für Tochternuklide mit kurzen Halbwertszeiten wird radioaktives Gleichgewicht in einer kurzen Zeit erreicht (z. B. die Paare Cs-137/Ba-137m und Sr-90/Y-90), so dass die Beiträge der Tochternuklide zu den Dosiskoeffizienten unmittelbar mit dem Mutternuklid berücksichtigt werden.
- Für wichtige Tochternuklide mit längeren Halbwertszeiten, die einen hohen Beitrag zur Dosis leisten (zum Beispiel Pu-241/Am-241), wird der Dosiskoeffizient des Tochternuklids zu dem des Mutternuklids addiert, wobei ein geeigneter Gewichtungsfaktor verwendet wird (das maximale Aktivitätsverhältnis, das das Tochternuklid während eines Zeitraums von 100 a bezogen auf das Mutternuklid zum Zeitpunkt  $t = 0$  erreicht).

Dieser Vorgehensweise wird auch bei der Herleitung des vollständigen Satzes von Freigrenzen bzw. Freigabewerten in diesem Forschungsvorhaben gefolgt.

Allerdings unterscheiden sich die Modalitäten für die Einbeziehung derjenigen Tochternuklide, die als vollständig abgedeckt vom Wert der Freigrenze bzw. des Freigabewerts des Mutternuklids gelten, im Detail zwischen den verschiedenen Modellen, die zur Herleitungen dieser Werte verwendet wurden. In Safety Report 44 wurde für diesen Fall folgende Festlegung getroffen:

*(1) Die Halbwertszeit des Tochternuklids muss kürzer sein als die des Mutternuklids;*

**UND**

*(2) Die Halbwertszeit des Tochternuklids ist kürzer als 1 Tag;*

**ODER**

*(3) Die Halbwertszeit des Tochternuklids ist kürzer als 10 % der Halbwertszeit des Mutternuklids **UND** die Halbwertszeit des Tochternuklids ist kürzer als 10 a.*

Dies bedeutet, dass ein Tochternuklid bei der Anwendung von Freigabewerten bzw. Freigrenzen nicht separat vom Mutternuklid behandelt werden muss, falls Kriterium 1 zusammen mit mindestens einem der Kriterien 2 oder 3 erfüllt ist.

Ein detaillierter Vergleich dieser Vorgehensweise mit den in Anl. III Tab. 2 StrlSchV aufgeführten Tochternukliden ergibt, dass nur für eine sehr geringe Zahl von Tochternukliden Abweichungen bestehen und dass diese wiederum nur in wenigen Fällen zu radiologisch relevanten Beiträgen zum Dosiskoeffizienten der Mutter-Tochter-Nuklidketten führen. Dies kann durch eine geringfügige Anpassung der in Anl. III Tab. 2 StrlSchV aufgeführten Tochternuklide berücksichtigt werden.

### **2.3.2 Rundungsverfahren**

Die Freigrenzen/Freigabewerte sind in den EU-Grundnormen auf Zehnerpotenzen gerundet angegeben. Das Rundungsverfahren setzt dabei den gerundeten Wert auf  $10^{x+1}$ , wenn der berechnete Wert zwischen  $3 \cdot 10^x$  und  $3 \cdot 10^{x+1}$  liegt. Diese Rundung erfolgt nur aus Konsistenzgründen mit internationalen Empfehlungen zu Freigabewerten und Freigrenzen. Die Rundung auf Zehnerpotenzen entspricht auch dem Ansatz, der für die Herleitung der Freigrenzen in den vorherigen Strahlenschutz-Grundnormen der IAEA [IAE 96] sowie im zu Grunde liegenden Bericht RP 65 [CEC 93] verwendet wurde.

### **2.3.3 Behandlung sehr kurzlebiger Radionuklide**

Für sehr kurzlebige Radionuklide mit Halbwertszeiten im Bereich von wenigen Tagen ist das radiologische Modell, auf dessen Basis die Freigrenzen/Freigabewerte der EU-Grundnormen berechnet wurden, ungeeignet, da es vorwiegend für Nuklide mit Halbwertszeiten von mindestens mehreren Tagen, in der Regel mindestens mehreren Jahren erstellt wurde.

Die Anwendung der Szenarien aus Safety Report 44 für solche Radionuklide zur Herleitung von Freigrenzen bzw. Freigabewerten im Regelwerk würde daher einen ernstlichen Fehler darstellen. Für die Übernahme in das Regelwerk ist daher für die betreffenden Nuklide mit sehr kurzen Halbwertszeiten die Anwendung der jeweiligen Freigrenzenwerte gem. Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV anzuraten.

### 2.3.4 Zusammenhang zwischen Freigrenzen und anderen Sätzen von Freigabewerten

Die berechneten Freigrenzen/Freigabewerte sind nicht dazu geeignet, als obere Schranken für sonstige Sätze von Freigabewerten zu dienen. Es ist allerdings sinnvoll, die berechneten Werte ihrerseits durch die Freigrenzen für moderate Materialmengen, entspr. Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV, zu begrenzen.

## 2.4 Ergebnisse der Berechnungen für Freigrenzen und Freigabewerte

Auf der Basis der in Abschnitt 2.2 beschriebenen Szenarien sowie der in Abschnitt 2.3 dargestellten Details zur Berechnung von Freigrenzen und Freigabewerten in Safety Report 44 [IAE 05] erfolgte im Rahmen des hier beschriebenen Forschungsvorhabens die Herleitung des vollständigen Satzes von Freigrenzen und Freigabewerten für alle diejenigen Radionuklide, für die Werte der Freigrenzen in Anl. III Tab. 1 Sp. 2 und 3 StrlSchV angegeben sind. Es handelt sich hierbei um ca. 780 Einzelwerte, bei deren Herleitung exakt dieselben Randbedingungen angewendet wurden, die auch zur Herleitung des Wertesatzes in Safety Report 44 [IAE 05] bzw. RS-G-1.7 [IAE 04] Anwendung gefunden haben.

Die im Rahmen dieses Forschungsvorhabens berechneten Werte der Freigrenzen und Freigabewerte sind in Tabelle 2.3 dargestellt. Angegeben sind die Bezeichnungen des Nuklids, die Halbwertszeit, die begrenzenden Szenarien jeweils aus dem Satz „realistischer Szenarien“ und „Szenarien mit geringer Wahrscheinlichkeit“ (vgl. Abschnitt 2.2.4) sowie die zugehörigen berechneten Freigrenzen bzw. Freigabewerte, das Minimum aus diesen beiden Werten und die hieraus gem. Abschnitt 2.3.2 gerundeten Werte. Die letzte Spalte zeigt zum Vergleich die Bezeichnung und die zugehörigen Werte gem. Anhang VII Tab. A der Strahlenschutz-Grundnormen 2013 [EUR 14].

Tabelle 2.3: Freigrenzen für große Massen und Freigabewerte für die uneingeschränkte Freigabe auf Basis der Szenarien gem. Safety Report 44 [IAE 05] und RS-G-1.7 [IAE 04]

Nuklid	T <sub>1/2</sub> [a]	realist. Szenarien		low-prob. Szenarien		Min. [Bq/g]	Gerundet [Bq/g]	[EUR 14] Tab. A Teil 1		[EUR 14] Tab. B	
		[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	Pfad			Nuklid	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]
H-3	1,23E1	3,0E1	Wat-A	4,5E1	Wat-A	3E1	100	H-3	100	H-3	1E6
Be-7	1,46E-1	1,9E1	WL	6,9E1	WL	2E1	10	Be-7	10	Be-7	1E3
Be-10	1,60E6	2,4E2	WL	3,5E2	SKIN	2E2	100				
C-11	3,87E-5	1,0E10		3,4E2	SKIN	3E2	1000				
C-14	5,70E3	1,7E0	Wat-A	2,6E0	Wat-A	2E0	1	C-14	1	C-14	1E4
N-13	1,90E-5	1,0E10		4,1E44	WL	1E10	1E+10				
O-15	3,88E-6	1,0E10		2,0E214	WL	1E10	1E+10			O-15	1E2
F-18	2,09E-4	1,8E121	WL	3,5E2	SKIN	4E2	1000	F-18	10	F-18	1E1
Na-22	2,60E0	3,9E-2	RH	4,0E-1	RH	4E-2	0,1	Na-22	0,1	Na-22	1E1
Na-24	1,71E-3	3,6E15	WL	2,1E0	WL	2E0	1	Na-24	1	Na-24	1E1
Mg-28+	2,38E-3	2,6E11	WL	2,1E0	WL	2E0	1				
Al-26	7,17E5	2,6E-2	RH	2,7E-1	RH	3E-2	0,01				
Si-31	2,99E-4	1,8E88	WL	3,7E2	SKIN	4E2	1000	Si-31	1000	Si-31	1E3

Nuklid	T <sub>1/2</sub>	realist. Szenarien		low-prob. Szenarien		Min.	Gerundet	[EUR 14] Tab. A Teil 1		[EUR 14] Tab. B	
	[a]	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]
Si-32+	1,32E2	8,6E1	RP	4,1E2	RP	9E1	100				
P-30	4,75E-6	1,0E10		2,1E175	WL	1E10	1E+10				
P-32	3,91E-2	1,5E4	WL	3,4E2	SKIN	3E2	1000	P-32	1000	P-32	1E3
P-33	6,95E-2	3,6E4	WL	5,8E2	SKIN	6E2	1000	P-33	1000	P-33	1E5
S-35	2,39E-1	2,5E2	RL-C	8,4E2	RL-C	3E2	100	S-35	100	S-35	1E5
Cl-36	3,01E5	4,7E-1	RL-C	1,6E0	RL-C	5E-1	1	Cl-36	1	Cl-36	1E4
Cl-38	7,07E-5	1,0E10		1,4E12	WL	1E10	1E+10	Cl-38	10	Cl-38	1E1
Cl-39	1,06E-4	6,1E236	WL	1,8E8	WL	2E8	1E+08				
K-38	1,45E-5	1,0E10		4,5E57	WL	1E10	1E+10				
K-40	1,26E9	4,6E-1	RH	2,1E0	RL-C	5E-1	1			K-40 (1)	1E2
K-42	1,41E-3	7,4E19	WL	4,2E1	WL	4E1	100	K-42	100	K-42	1E2
K-43	2,53E-3	2,3E11	WL	7,5E0	WL	8E0	10	K-43	10	K-43	1E1
K-44	4,21E-5	1,0E10		9,9E19	WL	1E10	1E+10				
K-45	3,29E-5	1,0E10		4,6E25	WL	1E10	1E+10				
Ca-41	1,03E5	8,1E1	RL-C	2,7E2	RL-C	8E1	100				
Ca-45+	4,46E-1	8,0E1	RL-C	2,7E2	RL-C	8E1	100	Ca-45	100	Ca-45	1E4
Ca-47	1,24E-2	6,0E2	WL	3,2E0	WL	3E0	10	Ca-47	10	Ca-47	1E1
Sc-43	4,44E-4	1,2E58	WL	2,7E2	WL	3E2	100				
Sc-44	4,53E-4	3,9E56	WL	1,1E2	WL	1E2	100				
Sc-44m+	6,69E-3	3,3E4	WL	2,1E0	WL	2E0	1				
Sc-46	2,29E-1	2,5E-1	WL	1,5E0	WL	2E-1	0,1	Sc-46	0,1	Sc-46	1E1
Sc-47	9,17E-3	6,4E4	WL	5,3E1	WL	5E1	100	Sc-47	100	Sc-47	1E2
Sc-48	4,98E-3	4,7E5	WL	1,3E0	WL	1E0	1	Sc-48	1	Sc-48	1E1
Sc-49	1,09E-4	2,2E233	WL	1,4E11	WL	1E11	1E+11				
Ti-44+	6,00E1	3,2E-2	RH	3,3E-1	RH	3E-2	0,1				
Ti-45	3,51E-4	7,9E72	WL	3,4E2	SKIN	3E2	1000				
V-47	6,20E-5	1,0E10		1,1E14	WL	1E10	1E+10				
V-48	4,37E-2	2,5E0	WL	1,1E0	WL	1E0	1	V-48	1	V-48	1E1
V-49	9,04E-1	2,5E4	RP	1,3E5	RP	3E4	10000				
Cr-48	2,46E-3	8,5E11	WL	1,4E1	WL	1E1	10				
Cr-49	7,97E-5	1,0E10		1,1E11	WL	1E10	1E+10				
Cr-51	7,58E-2	9,1E1	WL	1,2E2	WL	9E1	100	Cr-51	100	Cr-51	1E3
Mn-51	8,78E-5	5,0E284	WL	1,2E10	WL	1E10	1E+10	Mn-51	10	Mn-51	1E1
Mn-52	1,53E-2	6,6E1	WL	1,0E0	WL	1E0	1	Mn-52	1	Mn-52	1E1
Mn-52m	4,03E-5	1,0E10		7,8E20	WL	1E10	1E+10	Mn-52m	10	Mn-52m	1E1
Mn-53	3,68E6	2,2E2	RL-C	7,4E2	RL-C	2E2	100	Mn-53	100	Mn-53	1E4
Mn-54	8,55E-1	1,5E-1	RH	1,5E0	RH	1E-1	0,1	Mn-54	0,1	Mn-54	1E1
Mn-56	2,95E-4	1,6E86	WL	3,9E2	SKIN	4E2	1000	Mn-56	10	Mn-56	1E1
Fe-52+	9,44E-4	5,5E27	WL	9,0E0	WL	9E0	10	Fe-52 (a)	10	Fe-52	1E1
Fe-55	2,74E0	1,0E3	RP	5,0E3	RP	1E3	1000	Fe-55	1000	Fe-55	1E4
Fe-59	1,22E-1	9,2E-1	WL	2,6E0	WL	9E-1	1	Fe-59	1	Fe-59	1E1
Fe-60+	1,50E6	3,8E0	WL	3,0E1	Wat-A	4E0	10				
Co-55	2,00E-3	5,2E13	WL	4,2E0	WL	4E0	10	Co-55	10	Co-55	1E1
Co-56	2,12E-1	1,5E-1	WL	8,3E-1	WL	1E-1	0,1	Co-56	0,1	Co-56	1E1
Co-57	7,44E-1	1,7E0	RH	1,8E1	RH	2E0	1	Co-57	1	Co-57	1E2
Co-58	1,94E-1	6,4E-1	WL	3,3E0	WL	6E-1	1	Co-58	1	Co-58	1E1
Co-58m	1,02E-3	4,0E28	WL	4,2E3	WL	4E3	10000	Co-58m	10000	Co-58m	1E4



Nuklid	T <sub>1/2</sub>	realist. Szenarien		low-prob. Szenarien		Min.	Gerundet	[EUR 14] Tab. A Teil 1		[EUR 14] Tab. B	
	[a]	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]
Co-60	5,27E0	3,1E-2	RH	3,2E-1	RH	3E-2	0,1	Co-60	0,1	Co-60	1E1
Co-60m	1,99E-5	1,0E10		1,0E3	SKIN	1E3	1000	Co-60m	1000	Co-60m	1E3
Co-61	1,88E-4	2,2E135	WL	3,7E2	SKIN	4E2	1000	Co-61	100	Co-61	1E2
Co-62m+	2,64E-5	1,0E10		1,0E34	WL	1E10	1E+10	Co-62m	10	Co-62m	1E1
Ni-56	1,66E-2	6,7E2	WL	1,5E1	WL	1E1	10				
Ni-57	4,10E-3	1,2E7	WL	2,5E0	WL	3E0	1				
Ni-59	7,60E4	1,4E2	RL-C	4,8E2	RL-C	1E2	100	Ni-59	100	Ni-59	1E4
Ni-63	1,01E2	5,9E1	RL-C	2,0E2	RL-C	6E1	100	Ni-63	100	Ni-63	1E5
Ni-65	2,87E-4	6,1E88	WL	3,5E2	SKIN	4E2	1000	Ni-65	10	Ni-65	1E1
Ni-66+	6,21E-3	1,7E6	WL	5,3E1	WL	5E1	100				
Cu-60	4,51E-5	1,0E10		3,0E18	WL	1E10	1E+10				
Cu-61	3,80E-4	3,5E67	WL	3,4E2	SKIN	3E2	1000				
Cu-64	1,45E-3	4,0E19	WL	6,7E1	WL	7E1	100	Cu-64	100	Cu-64	1E2
Cu-67	7,06E-3	5,0E5	WL	5,3E1	WL	5E1	100				
Zn-62+	1,06E-3	1,7E25	WL	1,5E1	WL	2E1	10				
Zn-63	7,30E-5	1,0E10		9,2E11	WL	1E10	1E+10				
Zn-65	6,68E-1	2,6E-1	RH	9,8E-1	Wat-C	3E-1	0,1	Zn-65	0,1	Zn-65	1E1
Zn-69	1,07E-4	3,2E238	WL	1,3E13	WL	1E13	1E+13	Zn-69	1000	Zn-69	1E4
Zn-69m+	1,57E-3	8,0E17	WL	2,8E1	WL	3E1	10	Zn-69m (a)	10	Zn-69m	1E2
Zn-71m	4,52E-4	7,7E56	WL	1,5E2	WL	2E2	100				
Zn-72+	5,30E-3	4,2E5	WL	2,5E0	WL	3E0	1				
Ga-65	2,89E-5	1,0E10		2,7E29	WL	1E10	1E+10				
Ga-66	1,08E-3	2,2E24	WL	7,2E0	WL	7E0	10				
Ga-67	8,93E-3	5,2E4	WL	3,5E1	WL	4E1	100				
Ga-68	1,29E-4	1,7E195	WL	3,9E2	SKIN	4E2	1000				
Ga-70	4,02E-5	1,0E10		3,0E23	WL	1E10	1E+10				
Ga-72	1,61E-3	4,6E16	WL	3,7E0	WL	4E0	10	Ga-72	10	Ga-72	1E1
Ga-73+	5,54E-4	2,2E47	WL	3,5E2	WL	3E2	1000				
Ge-66	2,58E-4	3,2E98	WL	5,8E2	SKIN	6E2	1000				
Ge-67	3,59E-5	1,0E10		1,4E27	WL	1E10	1E+10				
Ge-68+	7,42E-1	1,5E-1	RH	1,5E0	RH	1E-1	0,1				
Ge-69	4,45E-3	7,4E6	WL	5,1E0	WL	5E0	10				
Ge-71	3,13E-2	5,4E6	WL	8,2E5	WL	8E5	1E+06	Ge-71	10000	Ge-71	1E4
Ge-75	1,57E-4	3,1E161	WL	3,9E2	SKIN	4E2	1000				
Ge-77	1,29E-3	1,0E21	WL	1,4E1	WL	1E1	10				
Ge-78	1,67E-4	5,5E150	WL	3,9E2	SKIN	4E2	1000				
As-69	2,90E-5	1,0E10		2,3E29	WL	1E10	1E+10				
As-70	1,00E-4	5,4E249	WL	1,9E8	WL	2E8	1E+08				
As-71	7,45E-3	4,8E4	WL	8,0E0	WL	8E0	10				
As-72	2,97E-3	3,7E9	WL	3,5E0	WL	3E0	10				
As-73+	2,20E-1	3,9E2	RH	1,5E3	SKIN	4E2	1000	As-73	1000	As-73	1E3
As-74	4,87E-2	8,0E0	WL	4,6E0	WL	5E0	10	As-74	10	As-74	1E1
As-76	2,99E-3	1,3E10	WL	1,5E1	WL	1E1	10	As-76	10	As-76	1E2
As-77	4,43E-3	1,1E9	WL	3,8E2	SKIN	4E2	1000	As-77	1000	As-77	1E3
As-78	1,72E-4	1,1E146	WL	2,7E2	SKIN	3E2	100				
Se-70	7,81E-5	1,0E10		7,7E10	WL	1E10	1E+10				
Se-73	8,16E-4	2,4E32	WL	3,5E1	WL	3E1	100				

Nuklid	T <sub>1/2</sub>	realist. Szenarien		low-prob. Szenarien		Min.	Gerundet	[EUR 14] Tab. A Teil 1		[EUR 14] Tab. B	
	[a]	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]
Se-73m	7,57E-5	1,0E10		3,7E2	SKIN	4E2	1000				
Se-75	3,28E-1	9,3E-1	RH	9,5E0	RH	9E-1	1	Se-75	1	Se-75	1E2
Se-79	3,77E5	1,4E-1	Wat-C	2,1E-1	Wat-C	1E-1	0,1				
Se-81	3,50E-5	1,0E10		4,3E26	WL	1E10	1E+10				
Se-81m+	1,09E-4	1,1E232	WL	1,5E10	WL	1E10	1E+10				
Se-83	4,24E-5	1,0E10		2,5E23	WL	1E10	1E+10				
Br-74	4,83E-5	1,0E10		1,5E17	WL	1E10	1E+10				
Br-74m	8,75E-5	2,0E285	WL	3,1E9	WL	3E9	1E+10				
Br-75	1,84E-4	1,6E137	WL	3,5E2	SKIN	4E2	1000				
Br-76	1,85E-3	4,1E14	WL	3,2E0	WL	3E0	10				
Br-77	6,51E-3	3,0E5	WL	1,5E1	WL	1E1	10				
Br-80	3,35E-5	1,0E10		4,6E26	WL	1E10	1E+10				
Br-80m+	5,03E-4	4,4E52	WL	9,9E2	SKIN	1E3	1000				
Br-82	4,03E-3	1,1E7	WL	1,9E0	WL	2E0	1	Br-82	1	Br-82	1E1
Br-83+	2,74E-4	1,1E95	WL	3,4E2	SKIN	3E2	1000				
Br-84	6,05E-5	1,0E10		2,9E2	SKIN	3E2	100				
Rb-79	4,35E-5	1,0E10		4,3E19	WL	1E10	1E+10				
Rb-81+	5,22E-4	4,6E50	WL	3,5E2	SKIN	3E2	1000				
Rb-81m	5,75E-5	1,0E10		4,5E16	WL	1E10	1E+10				
Rb-82m	7,38E-4	1,3E35	WL	1,5E1	WL	1E1	10				
Rb-83+	2,36E-1	9,9E-1	RH	6,9E0	WL	1E0	1				
Rb-84	9,17E-2	2,0E0	WL	3,7E0	WL	2E0	1				
Rb-86	5,10E-2	5,3E1	WL	3,3E1	WL	3E1	100	Rb-86	100	Rb-86	1E2
Rb-87	4,81E10	7,4E0	RL-C	2,5E1	RL-C	7E0	10				
Rb-88	3,38E-5	1,0E10		3,1E2	SKIN	3E2	1000				
Rb-89	2,93E-5	1,0E10		5,1E28	WL	1E10	1E+10				
Sr-80+	2,02E-4	7,4E124	WL	9,0E2	SKIN	9E2	1000				
Sr-81	4,24E-5	1,0E10		3,1E22	WL	1E10	1E+10				
Sr-82+	7,00E-2	2,7E0	WL	3,1E0	WL	3E0	1				
Sr-83	3,70E-3	1,5E8	WL	7,1E0	WL	7E0	10				
Sr-85	1,78E-1	1,4E0	WL	6,6E0	WL	1E0	1	Sr-85	1	Sr-85	1E2
Sr-85m	1,29E-4	1,2E196	WL	6,4E7	WL	6E7	1E+08	Sr-85m	100	Sr-85m	1E2
Sr-87m	3,21E-4	1,0E80	WL	4,6E3	WL	5E3	10000	Sr-87m	100	Sr-87m	1E2
Sr-89+	1,38E-1	1,1E3	WL	3,5E2	SKIN	4E2	1000	Sr-89	1000	Sr-89	1E3
Sr-90+	2,88E1	5,5E-1	RL-C	1,8E0	RL-C	5E-1	1	Sr-90 (a)	1	Sr-90 (b)	1E2
Sr-91+	1,10E-3	2,8E24	WL	1,9E1	WL	2E1	10	Sr-91 (a)	10	Sr-91	1E1
Sr-92	3,09E-4	2,0E82	WL	4,3E2	SKIN	4E2	1000	Sr-92	10	Sr-92	1E1
Y-86	1,68E-3	7,3E15	WL	2,7E0	WL	3E0	1				
Y-86m	9,13E-5	3,6E274	WL	1,4E10	WL	1E10	1E+10				
Y-87+	9,10E-3	7,5E3	WL	5,8E0	WL	6E0	10				
Y-88	2,92E-1	1,3E-1	RH	1,1E0	WL	1E-1	0,1				
Y-90	7,31E-3	4,1E7	WL	3,4E2	SKIN	3E2	1000	Y-90	1000	Y-90	1E3
Y-90m	3,64E-4	4,2E70	WL	1,0E3	SKIN	1E3	1000				
Y-91	1,60E-1	2,0E2	WL	3,5E2	SKIN	2E2	100	Y-91	100	Y-91	1E3
Y-91m	9,45E-5	1,1E265	WL	4,7E9	WL	5E9	1E+10	Y-91m	100	Y-91m	1E2
Y-92	4,04E-4	1,6E64	WL	1,8E2	SKIN	2E2	100	Y-92	100	Y-92	1E2
Y-93	1,16E-3	1,6E24	WL	1,7E2	WL	2E2	100	Y-93	100	Y-93	1E2

Nuklid	T <sub>1/2</sub>	realist. Szenarien		low-prob. Szenarien		Min.	Gerundet	[EUR 14] Tab. A Teil 1		[EUR 14] Tab. B	
	[a]	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]
Y-94	3,56E-5	1,0E10		1,4E24	WL	1E10	1E+10				
Y-95	1,96E-5	1,0E10		1,2E43	WL	1E10	1E+10				
Zr-86+	1,88E-3	4,5E14	WL	6,1E0	WL	6E0	10				
Zr-88	2,27E-1	4,1E-1	WL	2,5E0	WL	4E-1	1				
Zr-89+	8,94E-3	5,0E3	WL	3,4E0	WL	3E0	10				
Zr-93	1,53E6	4,6E0	Wat-C	6,8E0	Wat-C	5E0	10	Zr-93	10	Zr-93 (b)	1E3
Zr-95+	1,75E-1	6,4E-1	WL	2,9E0	WL	6E-1	1	Zr-95 (a)	1	Zr-95	1E1
Zr-97+	1,91E-3	3,0E14	WL	6,3E0	WL	6E0	10	Zr-97 (a)	10	Zr-97 (b)	1E1
Nb-88	2,76E-5	1,0E10		1,2E2	SKIN	1E2	100				
Nb-89	2,32E-4	1,9E109	WL	3,3E2	SKIN	3E2	1000				
Nb-89m	1,25E-4	6,7E201	WL	2,9E2	SKIN	3E2	100				
Nb-90+	1,67E-3	1,5E16	WL	4,0E0	WL	4E0	10				
Nb-91	6,80E2	3,4E1	RH	3,5E2	RH	3E1	100				
Nb-91m	1,67E-1	2,4E1	WL	1,0E2	WL	2E1	10				
Nb-92m	2,78E-2	2,5E1	WL	3,4E0	WL	3E0	10				
Nb-93m	1,61E1	4,6E0	Wat-C	6,8E0	Wat-C	5E0	10	Nb-93m	10	Nb-93m	1E4
Nb-94	2,00E4	4,4E-2	RH	4,5E-1	RH	4E-2	0,1	Nb-94	0,1	Nb-94	1E1
Nb-95	9,58E-2	2,2E0	WL	4,2E0	WL	2E0	1	Nb-95	1	Nb-95	1E1
Nb-95m	9,88E-3	2,6E4	WL	3,6E1	WL	4E1	100				
Nb-96	2,66E-3	2,6E10	WL	2,7E0	WL	3E0	1				
Nb-97	1,37E-4	3,0E183	WL	3,5E2	SKIN	4E2	1000	Nb-97 (a)	10	Nb-97	1E1
Nb-97m	1,67E-6	1,0E10		1,8E4	SKIN	2E4	10000				
Nb-98m	9,75E-5	1,5E256	WL	4,4E8	WL	4E8	1E+09				
Mo-90+	6,34E-4	8,6E44	WL	3,4E2	SKIN	3E2	1000	Mo-90	10	Mo-90	1E1
Mo-93	4,00E3	4,4E0	Wat-C	6,3E0	Wat-C	4E0	10	Mo-93	10	Mo-93	1E3
Mo-93m	7,81E-4	2,2E33	WL	1,6E1	WL	2E1	10				
Mo-99+	7,52E-3	1,2E5	WL	2,1E1	WL	2E1	10	Mo-99 (a)	10	Mo-99	1E2
Mo-101+	2,78E-5	1,0E10		2,7E30	WL	1E10	1E+10	Mo-101 (a)	10	Mo-101	1E1
Tc-93	3,14E-4	1,2E81	WL	9,1E2	WL	9E2	1000				
Tc-93m	8,27E-5	1,4E302	WL	5,8E2	SKIN	6E2	1000				
Tc-94	5,57E-4	1,5E46	WL	3,8E1	WL	4E1	100				
Tc-94m	9,89E-5	8,2E252	WL	5,0E8	WL	5E8	1E+09				
Tc-95	2,28E-3	3,4E12	WL	9,4E0	WL	9E0	10				
Tc-95m+	1,67E-1	1,1E0	WL	4,8E0	WL	1E0	1				
Tc-96	1,17E-2	3,9E2	WL	1,5E0	WL	1E0	1	Tc-96	1	Tc-96	1E1
Tc-96m	9,79E-5	2,2E257	WL	5,9E10	WL	6E10	1E+11	Tc-96m	1000	Tc-96m	1E3
Tc-97	2,60E6	6,0E0	RL-C	1,0E1	Wat-C	6E0	10	Tc-97	10	Tc-97	1E3
Tc-97m	2,47E-1	3,5E1	RL-C	1,2E2	RL-C	4E1	100	Tc-97m	100	Tc-97m	1E3
Tc-98	4,20E6	4,9E-2	RH	4,2E-1	Wat-C	5E-2	0,1				
Tc-99	2,14E5	6,1E-1	RL-C	1,1E0	Wat-C	6E-1	1	Tc-99	1	Tc-99	1E4
Tc-99m	6,86E-4	1,9E39	WL	6,6E2	WL	7E2	1000	Tc-99m	100	Tc-99m	1E2
Tc-101	2,70E-5	1,0E10		1,1E32	WL	1E10	1E+10				
Tc-104	3,48E-5	1,0E10		1,9E24	WL	1E10	1E+10				
Ru-94	9,85E-5	1,2E254	WL	8,8E8	WL	9E8	1E+09				
Ru-97	7,94E-3	8,1E4	WL	2,3E1	WL	2E1	10	Ru-97	10	Ru-97	1E2
Ru-103+	1,07E-1	3,0E0	WL	6,9E0	WL	3E0	1	Ru-103 (a)	1	Ru-103	1E2
Ru-105+	5,07E-4	1,7E51	WL	2,0E2	WL	2E2	100	Ru-105 (a)	10	Ru-105	1E1

Nuklid	T <sub>1/2</sub>	realist. Szenarien		low-prob. Szenarien		Min.	Gerundet	[EUR 14] Tab. A Teil 1		[EUR 14] Tab. B	
	[a]	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]
Ru-106+	1,02E0	2,7E-1	Wat-C	2,4E-1	Wat-C	2E-1	0,1	Ru-106 (a)	0,1	Ru-106 (b)	1E2
Rh-99	4,41E-2	4,1E5	WL	3,4E2	SKIN	3E2	1000				
Rh-99m	5,36E-4	1,6E52	WL	3,4E2	SKIN	3E2	1000				
Rh-100	2,37E-3	3,4E11	WL	2,5E0	WL	2E0	1				
Rh-101	3,20E0	3,5E-1	RH	3,6E0	RH	4E-1	1				
Rh-101m	1,19E-2	3,6E3	WL	1,5E1	WL	1E1	10				
Rh-102	2,90E0	4,0E-2	RH	4,1E-1	RH	4E-2	0,1				
Rh-102m	5,69E-1	3,4E-1	RH	3,5E0	RH	3E-1	1				
Rh-103m	1,07E-4	1,9E240	WL	6,2E13	WL	6E13	1E+14	Rh-103m	10000	Rh-103m	1E4
Rh-105	4,03E-3	4,5E8	WL	7,8E1	WL	8E1	100	Rh-105	100	Rh-105	1E2
Rh-106	9,51E-7	1,0E10		3,2E2	SKIN	3E2	1000				
Rh-106m	2,51E-4	4,9E100	WL	3,4E2	SKIN	3E2	1000				
Rh-107	4,13E-5	1,0E10		2,4E21	WL	1E10	1E+10				
Pd-100+	9,94E-3	1,4E3	WL	2,0E0	WL	2E0	1				
Pd-101	9,66E-4	1,1E28	WL	7,2E1	WL	7E1	100				
Pd-103+	4,65E-2	4,0E4	WL	1,9E4	WL	2E4	10000	Pd-103 (a)	1000	Pd-103	1E3
Pd-107	6,50E6	5,3E2	RL-C	1,7E3	RL-C	5E2	1000				
Pd-109+	1,56E-3	1,7E20	WL	3,4E2	SKIN	3E2	1000	Pd-109 (a)	100	Pd-109	1E3
Ag-102	2,45E-5	1,0E10		3,4E2	SKIN	3E2	1000				
Ag-103	1,25E-4	1,1E201	WL	4,3E2	SKIN	4E2	1000				
Ag-104	1,32E-4	4,6E195	WL	1,9E2	SKIN	2E2	100				
Ag-104m	6,37E-5	1,0E10		2,5E18	WL	1E10	1E+10				
Ag-105	1,13E-1	2,8E0	WL	7,0E0	WL	3E0	1	Ag-105	1	Ag-105	1E2
Ag-106	4,56E-5	1,0E10		3,5E2	SKIN	4E2	1000				
Ag-106m	2,32E-2	1,6E1	WL	1,3E0	WL	1E0	1				
Ag-108	4,56E-6	1,0E10		3,5E2	SKIN	4E2	1000				
Ag-108m+	4,18E2	4,3E-2	RH	4,4E-1	RH	4E-2	0,1			Ag-108m	1E1
Ag-109m	1,26E-6	1,0E10		1,0E10	WL	1E10	1E+10				
Ag-110	7,78E-7	1,0E10		3,4E2	SKIN	3E2	1000				
Ag-110m+	6,84E-1	5,3E-2	RH	5,4E-1	RH	5E-2	0,1	Ag-110m (a)	0,1	Ag-110m	1E1
Ag-111	2,04E-2	3,0E3	WL	1,5E2	WL	2E2	100	Ag-111	100	Ag-111	1E3
Ag-112	3,57E-4	4,3E75	WL	2,3E2	SKIN	2E2	100				
Ag-115	3,80E-5	1,0E10		7,3E22	WL	1E10	1E+10				
Cd-104+	1,10E-4	1,2E233	WL	4,6E12	WF	5E12	1E+13				
Cd-107+	7,44E-4	3,3E37	WL	6,5E3	WL	7E3	10000				
Cd-109+	1,27E0	1,1E0	Wat-C	1,1E0	Wat-C	1E0	1	Cd-109 (a)	1	Cd-109	1E4
Cd-113	7,70E15	4,6E-2	Wat-A	7,2E-2	Wat-A	5E-2	0,1				
Cd-113m+	1,41E1	5,5E-2	Wat-A	8,3E-2	Wat-A	5E-2	0,1				
Cd-115+	6,10E-3	5,7E5	WL	1,5E1	WL	2E1	10	Cd-115 (a)	10	Cd-115	1E2
Cd-115m+	1,22E-1	3,3E1	WL	9,1E1	WL	3E1	100	Cd-115m (a)	100	Cd-115m	1E3
Cd-117+	2,84E-4	3,1E89	WL	3,7E2	SKIN	4E2	1000				
Cd-117m+	3,83E-4	3,1E66	WL	1,9E2	WL	2E2	100				
In-109	4,79E-4	1,4E54	WL	3,1E2	WL	3E2	1000				
In-110	5,59E-4	4,5E50	WL	2,3E2	SKIN	2E2	100				
In-110m	1,31E-4	9,1E190	WL	3,5E2	SKIN	4E2	1000				
In-111+	7,68E-3	6,5E4	WL	1,4E1	WL	1E1	10	In-111	10	In-111	1E2
In-112	2,79E-5	1,0E10		1,0E31	WL	1E10	1E+10				

Nuklid	$T_{1/2}$	realist. Szenarien		low-prob. Szenarien		Min.	Gerundet	[EUR 14] Tab. A Teil 1		[EUR 14] Tab. B	
	[a]	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]
In-113m	1,89E-4	1,3E134	WL	3,8E5	WL	4E5	1E+06	In-113m	100	In-113m	1E2
In-114	2,28E-6	1,0E10		1,0E10	WL	1E10	1E+10				
In-114m+	1,37E-1	1,3E1	WL	4,4E1	WL	1E1	10	In-114m (a)	10	In-114m	1E2
In-115	4,41E14	9,0E0	WL	1,2E2	SKIN	9E0	10				
In-115m	5,12E-4	2,9E51	WL	1,4E2	SKIN	1E2	100	In-115m	100	In-115m	1E2
In-116m	1,04E-4	7,0E240	WL	1,5E8	WL	1E8	1E+08				
In-117	8,21E-5	2,9E304	WL	8,3E10	WL	8E10	1E+11				
In-117m+	2,21E-4	1,7E115	WL	3,7E2	SKIN	4E2	1000				
In-119m+	3,42E-5	1,0E10		5,7E29	WF	1E10	1E+10				
Sn-110+	4,68E-4	1,3E55	WL	1,7E2	WL	2E2	100				
Sn-111	6,71E-5	1,0E10		4,0E15	WL	1E10	1E+10				
Sn-113+	3,15E-1	1,3E0	RH	1,3E1	RH	1E0	1	Sn-113 (a)	1	Sn-113	1E3
Sn-117m	3,72E-2	1,1E2	WL	3,5E1	WL	3E1	100				
Sn-119m	8,02E-1	7,2E0	Wat-C	5,5E0	Wat-C	6E0	10				
Sn-121	3,08E-3	4,8E13	WL	4,5E2	SKIN	5E2	1000				
Sn-121m+	5,50E1	9,7E-1	Wat-C	1,5E0	Wat-C	1E0	1				
Sn-123	3,54E-1	3,9E1	RH	1,6E2	RL-C	4E1	100				
Sn-123m	7,62E-5	1,0E10		3,4E12	WL	1E10	1E+10				
Sn-125	2,64E-2	8,2E1	WL	9,7E0	WL	1E1	10	Sn-125	10	Sn-125	1E2
Sn-126+	2,30E5	1,3E-1	Wat-C	1,9E-1	Wat-C	1E-1	0,1				
Sn-127	2,40E-4	5,0E107	WL	3,3E2	SKIN	3E2	1000				
Sn-128	1,12E-4	2,0E223	WL	1,2E8	WL	1E8	1E+08				
Sb-115	6,10E-5	1,0E10		2,1E14	WL	1E10	1E+10				
Sb-116	3,00E-5	1,0E10		9,8E27	WL	1E10	1E+10				
Sb-116m	1,15E-4	1,5E218	WL	4,1E2	SKIN	4E2	1000				
Sb-117	3,19E-4	6,6E80	WL	1,1E4	WL	1E4	10000				
Sb-118m	5,70E-4	1,4E45	WL	3,6E1	WL	4E1	100				
Sb-119	4,37E-3	7,6E10	WL	3,9E4	WL	4E4	1E+05				
Sb-120	3,02E-5	1,0E10		3,6E28	WL	1E10	1E+10				
Sb-120m	1,58E-2	8,4E1	WL	1,5E0	WL	1E0	1				
Sb-122	7,39E-3	6,2E4	WL	9,7E0	WL	1E1	10	Sb-122	10	Sb-122	1E2
Sb-124	1,65E-1	4,0E-1	WL	1,7E0	WL	4E-1	1	Sb-124	1	Sb-124	1E1
Sb-124m	2,95E-6	1,0E10		1,3E282	WL	1E10	1E+10				
Sb-125+	2,76E0	2,0E-1	RH	1,0E0	Wat-C	2E-1	0,1	Sb-125 (a)	0,1	Sb-125	1E2
Sb-126	3,40E-2	5,1E0	WL	1,2E0	WL	1E0	1				
Sb-126m	3,63E-5	1,0E10		3,9E2	SKIN	4E2	1000				
Sb-127+	1,05E-2	2,8E3	WL	5,7E0	WL	6E0	10				
Sb-128	1,03E-3	3,4E25	WL	7,0E0	WL	7E0	10				
Sb-128m	1,98E-5	1,0E10		3,2E42	WL	1E10	1E+10				
Sb-129+	4,97E-4	6,9E51	WL	1,1E2	WL	1E2	100				
Sb-130	7,51E-5	1,0E10		1,5E11	WL	1E10	1E+10				
Sb-131	4,38E-5	1,0E10		2,2E19	WL	1E10	1E+10				
Te-116+	2,84E-4	2,1E89	WL	9,5E2	SKIN	1E3	1000				
Te-119m	1,29E-2	3,8E2	WL	2,5E0	WL	2E0	1				
Te-121	5,25E-2	9,3E0	WL	6,2E0	WL	6E0	10				
Te-121m	4,22E-1	4,1E-1	RH	4,2E0	RH	4E-1	1				
Te-123	9,20E16	2,6E-1	Wat-A	4,1E-1	Wat-A	3E-1	0,1				

Nuklid	$T_{1/2}$	realist. Szenarien		low-prob. Szenarien		Min.	Gerundet	[EUR 14] Tab. A Teil 1		[EUR 14] Tab. B	
	[a]	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]
Te-123m	3,27E-1	3,0E0	RH	3,1E1	RH	3E0	1	Te-123m	1	Te-123m	1E2
Te-125m	1,57E-1	5,4E2	RH	2,8E3	RL-C	5E2	1000	Te-125m	1000	Te-125m	1E3
Te-127	1,07E-3	3,0E27	WL	3,9E2	SKIN	4E2	1000	Te-127	1000	Te-127	1E3
Te-127m+	2,98E-1	2,0E1	RL-C	6,7E1	RL-C	2E1	10	Te-127m (a)	10	Te-127m	1E3
Te-129	1,32E-4	1,1E191	WL	3,5E5	SKIN	4E5	1E+06	Te-129	100	Te-129	1E2
Te-129m+	9,20E-2	2,8E1	WL	5,0E1	WL	3E1	10	Te-129m (a)	10	Te-129m	1E3
Te-131	4,75E-5	1,0E10		2,9E2	SKIN	3E2	100	Te-131	100	Te-131	1E2
Te-131m+	3,42E-3	2,8E8	WL	3,5E0	WL	4E0	10	Te-131m (a)	10	Te-131m	1E1
Te-132+	8,77E-3	3,0E3	WL	1,8E0	WL	2E0	1	Te-132 (a)	1	Te-132	1E2
Te-133	2,37E-5	1,0E10		5,7E35	WL	1E10	1E+10	Te-133	10	Te-133	1E1
Te-133m+	1,05E-4	3,3E237	WL	1,5E8	WL	1E8	1E+08	Te-133m	10	Te-133m	1E1
Te-134	7,95E-5	1,0E10		6,9E10	WL	1E10	1E+10	Te-134	10	Te-134	1E1
I-120	1,55E-4	8,0E161	WL	3,2E2	SKIN	3E2	1000				
I-120m	1,01E-4	5,4E252	WL	1,2E2	SKIN	1E2	100				
I-121	2,42E-4	2,2E105	WL	9,5E2	SKIN	1E3	1000				
I-123	1,51E-3	1,4E19	WL	1,1E2	WL	1E2	100	I-123	100	I-123	1E2
I-124	1,14E-2	1,0E3	WL	3,4E0	WL	3E0	10				
I-125	1,63E-1	1,8E2	WL	6,0E2	WL	2E2	100	I-125	100	I-125	1E3
I-126	3,55E-2	3,0E1	WL	8,1E0	WL	8E0	10	I-126	10	I-126	1E2
I-128	4,75E-5	1,0E10		1,7E19	WL	1E10	1E+10				
I-129	1,61E7	2,2E-2	Wat-A	3,5E-2	Wat-A	2E-2	0,01	I-129	0,01	I-129	1E2
I-130	1,41E-3	1,1E19	WL	6,0E0	WL	6E0	10	I-130	10	I-130	1E1
I-131	2,20E-2	1,6E2	WL	1,0E1	WL	1E1	10	I-131	10	I-131	1E2
I-132	2,62E-4	4,7E96	WL	3,5E2	SKIN	4E2	1000	I-132	10	I-132	1E1
I-132m	1,58E-4	3,9E159	WL	1,2E2	SKIN	1E2	100				
I-133	2,37E-3	1,7E12	WL	1,2E1	WL	1E1	10	I-133	10	I-133	1E1
I-134	9,98E-5	2,5E250	WL	3,4E2	SKIN	3E2	1000	I-134	10	I-134	1E1
I-135+	7,50E-4	6,7E34	WL	2,3E1	WL	2E1	10	I-135	10	I-135	1E1
Cs-125	8,88E-5	6,9E281	WL	1,4E10	WL	1E10	1E+10				
Cs-127	7,13E-4	1,7E37	WL	1,3E2	WL	1E2	100				
Cs-129	3,67E-3	5,8E8	WL	2,4E1	WL	2E1	10	Cs-129	10	Cs-129	1E2
Cs-130	5,55E-5	1,0E10		8,4E15	WL	1E10	1E+10				
Cs-131	2,65E-2	1,0E5	WL	1,2E4	WL	1E4	10000	Cs-131	1000	Cs-131	1E3
Cs-132	1,79E-2	1,8E2	WL	5,2E0	WL	5E0	10	Cs-132	10	Cs-132	1E1
Cs-134	2,07E0	5,7E-2	RH	5,9E-1	RH	6E-2	0,1	Cs-134	0,1	Cs-134	1E1
Cs-134m	3,32E-4	9,8E78	WL	5,8E2	SKIN	6E2	1000	Cs-134m	1000	Cs-134m	1E3
Cs-135	2,30E6	1,4E2	RL-A	4,7E2	RL-A	1E2	100	Cs-135	100	Cs-135	1E4
Cs-135m	1,01E-4	1,8E248	WL	4,2E8	WL	4E8	1E+09				
Cs-136	3,57E-2	5,6E0	WL	1,6E0	WL	2E0	1	Cs-136	1	Cs-136	1E1
Cs-137+	3,00E1	1,2E-1	RH	1,3E0	RH	1E-1	0,1	Cs-137 (a)	0,1	Cs-137 (b)	1E1
Cs-138	6,35E-5	1,0E10		2,0E13	WL	1E10	1E+10	Cs-138	10	Cs-138	1E1
Ba-126+	1,90E-4	4,1E132	WL	5,4E4	WL	5E4	1E+05				
Ba-128+	6,65E-3	8,0E4	WL	4,9E0	WL	5E0	10				
Ba-131	3,16E-2	4,4E1	WL	8,9E0	WL	9E0	10	Ba-131	10	Ba-131	1E2
Ba-131m	2,78E-5	1,0E10		1,3E32	WL	1E10	1E+10				
Ba-133	1,05E1	2,2E-1	RH	2,3E0	RH	2E-1	0,1				
Ba-133m	4,36E-3	2,4E8	WL	1,2E2	WL	1E2	100				

Nuklid	T <sub>1/2</sub>	realist. Szenarien		low-prob. Szenarien		Min.	Gerundet	[EUR 14] Tab. A Teil 1		[EUR 14] Tab. B	
	[a]	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]
Ba-135m	3,27E-3	2,7E10	WL	1,6E2	WL	2E2	100				
Ba-137m	4,85E-6	1,0E10		7,3E171	WL	1E10	1E+10				
Ba-139	1,58E-4	8,0E160	WL	3,5E2	SKIN	4E2	1000				
Ba-140	3,49E-2	6,6E0	WL	1,7E0	WL	2E0	1	Ba-140	1	Ba-140 (b)	1E1
Ba-141	3,47E-5	1,0E10		4,9E24	WL	1E10	1E+10				
Ba-142	2,02E-5	1,0E10		7,5E41	WL	1E10	1E+10				
La-131	1,12E-4	4,9E223	WL	1,7E8	WL	2E8	1E+08				
La-132	5,48E-4	1,3E47	WL	5,5E1	WL	6E1	100				
La-135	2,22E-3	5,1E14	WL	7,4E2	WL	7E2	1000				
La-137	6,00E4	3,7E1	RH	3,8E2	RH	4E1	100				
La-138	1,02E11	5,8E-2	RH	6,0E-1	RH	6E-2	0,1				
La-140	4,60E-3	1,9E6	WL	2,0E0	WL	2E0	1	La-140	1	La-140	1E1
La-141	4,47E-4	1,4E59	WL	3,4E2	SKIN	3E2	1000				
La-142	1,73E-4	1,4E145	WL	3,4E2	SKIN	3E2	1000				
La-143	2,69E-5	1,0E10		1,6E32	WL	1E10	1E+10				
Ce-134+	8,65E-3	1,1E4	WL	5,9E0	WL	6E0	10				
Ce-135	2,02E-3	1,0E14	WL	1,1E1	WL	1E1	10				
Ce-137	1,03E-3	9,7E27	WL	1,9E3	WL	2E3	1000				
Ce-137m+	3,92E-3	1,2E9	WL	1,4E2	WL	1E2	100				
Ce-139	3,77E-1	2,4E0	RH	2,5E1	RH	2E0	1	Ce-139	1	Ce-139	1E2
Ce-141	8,90E-2	4,0E1	WL	6,9E1	WL	4E1	100	Ce-141	100	Ce-141	1E2
Ce-143	3,77E-3	3,8E8	WL	2,3E1	WL	2E1	10	Ce-143	10	Ce-143	1E2
Ce-144+	7,80E-1	3,4E0	RH	3,5E1	RH	3E0	10	Ce-144	10	Ce-144 (b)	1E2
Pr-136	2,49E-5	1,0E10		6,0E33	WL	1E10	1E+10				
Pr-137	1,46E-4	5,0E172	WL	4,3E2	SKIN	4E2	1000				
Pr-138m	2,42E-4	3,0E104	WL	4,1E2	SKIN	4E2	1000				
Pr-139	5,03E-4	2,6E52	WL	1,1E3	SKIN	1E3	1000				
Pr-142	2,18E-3	1,4E14	WL	1,2E2	WL	1E2	100	Pr-142	100	Pr-142	1E2
Pr-142m	2,78E-5	1,0E10		5,8E33	WL	1E10	1E+10				
Pr-143	3,71E-2	3,3E4	WL	3,7E2	SKIN	4E2	1000	Pr-143	1000	Pr-143	1E4
Pr-144	3,29E-5	1,0E10		3,4E2	SKIN	3E2	1000				
Pr-144m	1,31E-5	1,0E10		4,3E3	SKIN	4E3	10000				
Pr-145	6,83E-4	1,2E40	WL	3,5E2	SKIN	4E2	1000				
Pr-147	2,55E-5	1,0E10		2,4E37	WL	1E10	1E+10				
Nd-136+	9,63E-5	5,1E259	WL	1,1E9	WL	1E9	1E+09				
Nd-138+	5,75E-4	2,2E45	WL	1,2E2	WL	1E2	100				
Nd-139	5,65E-5	1,0E10		5,6E15	WL	1E10	1E+10				
Nd-139m+	6,27E-4	6,1E42	WL	3,5E2	SKIN	4E2	1000				
Nd-140+	9,23E-3	9,2E3	WL	7,8E0	WL	8E0	10				
Nd-141	2,84E-4	8,2E90	WL	6,0E4	WL	6E4	1E+05				
Nd-147	3,01E-2	1,9E2	WL	3,4E1	WL	3E1	100	Nd-147	100	Nd-147	1E2
Nd-149	1,97E-4	4,8E128	WL	3,5E2	SKIN	4E2	1000	Nd-149	100	Nd-149	1E2
Nd-151	2,37E-5	1,0E10		8,9E35	WL	1E10	1E+10				
Pm-141	3,97E-5	1,0E10		5,3E21	WL	1E10	1E+10				
Pm-143	7,28E-1	4,8E-1	RH	4,9E0	RH	5E-1	1				
Pm-144	9,94E-1	7,6E-2	RH	7,9E-1	RH	8E-2	0,1				
Pm-145	1,77E1	1,9E1	RH	1,9E2	RH	2E1	10				

Nuklid	$T_{1/2}$	realist. Szenarien		low-prob. Szenarien		Min.	Gerundet	[EUR 14] Tab. A Teil 1		[EUR 14] Tab. B	
	[a]	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]
Pm-146	5,53E0	1,0E-1	RH	1,1E0	RH	1E-1	0,1				
Pm-147	2,62E0	1,3E3	RP	7,1E2	SKIN	7E2	1000	Pm-147	1000	Pm-147	1E4
Pm-148	1,47E-2	4,8E2	WL	6,1E0	WL	6E0	10				
Pm-148m	1,12E-1	6,8E-1	WL	1,7E0	WL	7E-1	1				
Pm-149	6,06E-3	1,7E7	WL	3,5E2	SKIN	4E2	1000	Pm-149	1000	Pm-149	1E3
Pm-150	3,06E-4	1,6E83	WL	3,7E2	SKIN	4E2	1000				
Pm-151	3,24E-3	4,3E9	WL	2,1E1	WL	2E1	10				
Sm-141	1,94E-5	1,0E10		3,4E2	SKIN	3E2	1000				
Sm-141m+	4,30E-5	1,0E10		3,6E20	WL	1E10	1E+10				
Sm-142+	1,38E-4	2,5E182	WL	1,6E3	SKIN	2E3	1000				
Sm-145	9,31E-1	1,3E1	RH	1,4E2	RH	1E1	10				
Sm-146	1,00E8	1,2E0	WL	1,6E1	WL	1E0	1				
Sm-147	1,06E11	1,3E0	WL	1,7E1	WL	1E0	1				
Sm-151	9,00E1	2,1E3	WL	1,5E4	RP	2E3	1000	Sm-151	1000	Sm-151	1E4
Sm-153	5,28E-3	3,8E7	WL	2,2E2	WL	2E2	100	Sm-153	100	Sm-153	1E2
Sm-155	4,24E-5	1,0E10		3,3E21	WL	1E10	1E+10				
Sm-156	1,07E-3	9,3E25	WL	1,8E2	WL	2E2	100				
Eu-145	1,62E-2	1,4E2	WL	2,7E0	WL	3E0	1				
Eu-146	1,26E-2	2,7E2	WL	1,6E0	WL	2E0	1				
Eu-147	6,57E-2	7,8E0	WL	8,0E0	WL	8E0	10				
Eu-148	1,49E-1	4,0E-1	WL	1,5E0	WL	4E-1	1				
Eu-149	2,55E-1	1,3E1	RH	1,1E2	WL	1E1	10				
Eu-150	3,64E1	4,8E-2	RH	5,0E-1	RH	5E-2	0,1				
Eu-152	1,35E1	6,5E-2	RH	6,7E-1	RH	7E-2	0,1	Eu-152	0,1	Eu-152	1E1
Eu-152m	1,06E-3	6,7E25	WL	6,5E1	WL	7E1	100	Eu-152m	100	Eu-152m	1E2
Eu-154	8,59E0	6,1E-2	RH	6,2E-1	RH	6E-2	0,1	Eu-154	0,1	Eu-154	1E1
Eu-155	4,75E0	2,8E0	RH	2,9E1	RH	3E0	1	Eu-155	1	Eu-155	1E2
Eu-156	4,16E-2	6,4E0	WL	2,5E0	WL	3E0	1				
Eu-157	1,73E-3	4,2E16	WL	4,2E1	WL	4E1	100				
Eu-158	8,73E-5	2,5E286	WL	9,9E9	WL	1E10	1E+10				
Gd-145	4,37E-5	1,0E10		3,4E2	SKIN	3E2	1000				
Gd-146+	1,32E-1	5,2E-1	WL	1,6E0	WL	5E-1	1				
Gd-147	4,34E-3	4,5E8	WL	2,2E2	WL	2E2	100				
Gd-148	7,46E1	1,1E0	WL	1,5E1	WL	1E0	1				
Gd-149	2,54E-2	7,5E1	WL	7,9E0	WL	8E0	10				
Gd-151	3,40E-1	9,0E0	RH	9,2E1	RH	9E0	10				
Gd-152	1,08E14	1,6E0	WL	2,8E1	RP	2E0	1				
Gd-153	6,58E-1	4,2E0	RH	4,3E1	RH	4E0	10	Gd-153	10	Gd-153	1E2
Gd-159	2,11E-3	5,5E14	WL	1,9E2	WL	2E2	100	Gd-159	100	Gd-159	1E3
Tb-147	1,94E-4	9,0E129	WL	3,7E2	SKIN	4E2	1000				
Tb-149	4,70E-4	6,4E54	WL	8,1E-2	SKIN	8E-2	0,1				
Tb-150	3,97E-4	7,1E68	WL	1,5E2	SKIN	1E2	100				
Tb-151	2,01E-3	1,0E14	WL	9,5E0	WL	9E0	10				
Tb-153	6,41E-3	4,2E5	WL	1,8E1	WL	2E1	10				
Tb-154	2,45E-3	2,5E15	WL	2,9E2	SKIN	3E2	100				
Tb-155	1,46E-2	3,5E3	WL	4,2E1	WL	4E1	100				
Tb-156	1,42E-2	1,8E2	WL	1,9E0	WL	2E0	1				



Nuklid	T <sub>1/2</sub>	realist. Szenarien		low-prob. Szenarien		Min.	Gerundet	[EUR 14] Tab. A Teil 1		[EUR 14] Tab. B	
	[a]	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]
Tb-156n	5,82E-4	2,0E45	WL	3,5E2	WL	3E2	1000				
Tb-157	9,90E1	4,9E1	RH	5,1E2	RH	5E1	100				
Tb-158	1,80E2	9,0E-2	RH	9,2E-1	RH	9E-2	0,1				
Tb-160	1,98E-1	5,4E-1	WL	2,8E0	WL	5E-1	1	Tb-160	1	Tb-160	1E1
Tb-161	1,89E-2	1,6E4	WL	4,3E2	SKIN	4E2	1000				
Dy-155	1,13E-3	1,2E24	WL	3,2E1	WL	3E1	100				
Dy-157	9,29E-4	1,5E29	WL	9,4E1	WL	9E1	100				
Dy-159	3,95E-1	3,2E1	RH	3,3E2	RH	3E1	100				
Dy-165	2,66E-4	1,4E97	WL	3,5E2	SKIN	4E2	1000	Dy-165	1000	Dy-165	1E3
Dy-166	9,31E-3	1,6E5	WL	1,2E2	SKIN	1E2	100	Dy-166	100	Dy-166	1E3
Ho-155	9,13E-5	3,0E274	WL	1,2E10	WL	1E10	1E+10				
Ho-157	2,40E-5	1,0E10		3,9E37	WL	1E10	1E+10				
Ho-159	6,28E-5	1,0E10		2,7E14	WL	1E10	1E+10				
Ho-161	2,83E-4	9,2E91	WL	1,6E3	SKIN	2E3	1000				
Ho-162	2,85E-5	1,0E10		8,2E30	WL	1E10	1E+10				
Ho-162m+	1,27E-4	3,4E198	WL	3,4E2	SKIN	3E2	1000				
Ho-164	5,44E-5	1,0E10		1,3E18	WL	1E10	1E+10				
Ho-164m+	7,15E-5	1,0E10		1,9E14	WL	1E10	1E+10				
Ho-166	3,06E-3	1,5E11	WL	2,5E2	WL	3E2	100	Ho-166	100	Ho-166	1E3
Ho-166m	1,20E3	4,4E-2	RH	4,5E-1	RH	4E-2	0,1				
Ho-167+	3,54E-4	7,3E72	WL	4,1E2	SKIN	4E2	1000				
Er-161+	3,66E-4	7,3E71	WL	3,5E2	SKIN	4E2	1000				
Er-165	1,18E-3	1,3E25	WL	3,2E3	WL	3E3	10000				
Er-169	2,57E-2	2,9E5	WL	5,8E2	SKIN	6E2	1000	Er-169	1000	Er-169	1E4
Er-171	8,57E-4	2,5E31	WL	1,0E2	WL	1E2	100	Er-171	100	Er-171	1E2
Er-172	5,62E-3	6,2E5	WL	7,1E0	WL	7E0	10				
Tm-162	4,13E-5	1,0E10		6,4E25	WL	1E10	1E+10				
Tm-166	8,78E-4	7,3E29	WL	1,4E1	WL	1E1	10				
Tm-167+	2,53E-2	4,1E2	WL	4,2E1	WL	4E1	100				
Tm-170	3,52E-1	1,9E2	RH	4,0E2	SKIN	2E2	100	Tm-170	100	Tm-170	1E3
Tm-171	1,92E0	5,2E2	RH	3,6E3	SKIN	5E2	1000	Tm-171	1000	Tm-171	1E4
Tm-172	7,26E-3	6,2E4	WL	8,3E0	WL	8E0	10				
Tm-173	9,40E-4	5,7E28	WL	7,2E1	WL	7E1	100				
Tm-175+	2,89E-5	1,0E10		3,1E34	WL	1E10	1E+10				
Yb-162	3,59E-5	1,0E10		4,5E24	WL	1E10	1E+10				
Yb-166+	6,47E-3	1,4E8	WL	5,9E3	WL	6E3	10000				
Yb-167	3,33E-5	1,0E10		4,2E29	WL	1E10	1E+10				
Yb-169	8,77E-2	1,2E1	WL	2,1E1	WL	1E1	10				
Yb-175	1,15E-2	1,7E4	WL	5,7E1	WL	6E1	100	Yb-175	100	Yb-175	1E3
Yb-177	2,18E-4	6,6E116	WL	3,7E2	SKIN	4E2	1000				
Yb-178+	1,41E-4	6,5E179	WL	4,1E2	SKIN	4E2	1000				
Lu-169	3,89E-3	8,6E9	WL	3,9E2	SKIN	4E2	1000				
Lu-170	5,51E-3	1,9E9	WL	3,2E2	SKIN	3E2	1000				
Lu-171	2,26E-2	8,5E1	WL	6,1E0	WL	6E0	10				
Lu-172	1,83E-2	5,5E1	WL	1,8E0	WL	2E0	1				
Lu-173	1,34E0	1,1E0	RH	1,2E1	RH	1E0	1				
Lu-174	3,56E0	1,0E0	RH	1,1E1	RH	1E0	1				

Nuklid	T <sub>1/2</sub>	realist. Szenarien		low-prob. Szenarien		Min.	Gerundet	[EUR 14] Tab. A Teil 1		[EUR 14] Tab. B	
	[a]	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]
Lu-174m	3,89E-1	8,9E0	RH	9,1E1	RH	9E0	10				
Lu-176	4,00E10	1,7E-1	RH	1,8E0	RH	2E-1	0,1				
Lu-176m	4,15E-4	2,0E64	WL	3,7E2	SKIN	4E2	1000				
Lu-177	1,82E-2	5,0E3	WL	1,2E2	SKIN	1E2	100	Lu-177	100	Lu-177	1E3
Lu-177m+	4,39E-1	2,6E-1	RH	2,7E0	RH	3E-1	0,1				
Lu-178	5,40E-5	1,0E10		8,5E16	WL	1E10	1E+10				
Lu-178m+	4,39E-5	1,0E10		4,7E19	WL	1E10	1E+10				
Lu-179	5,24E-4	1,3E51	WL	3,5E2	SKIN	4E2	1000				
Hf-170	1,83E-3	9,5E18	WL	1,0E3	SKIN	1E3	1000				
Hf-172+	1,87E0	2,1E0	RH	2,1E1	RH	2E0	1				
Hf-173	2,73E-3	1,4E11	WL	2,4E1	WL	2E1	10				
Hf-175	1,92E-1	2,3E0	WL	1,1E1	WL	2E0	1				
Hf-177n	9,77E-5	1,4E256	WL	1,2E9	WL	1E9	1E+09				
Hf-178n	3,10E1	6,0E-2	RH	6,2E-1	RH	6E-2	0,1				
Hf-179n	6,87E-2	4,0E0	WL	4,4E0	WL	4E0	10				
Hf-180m	6,27E-4	4,6E41	WL	8,3E1	WL	8E1	100				
Hf-181	1,16E-1	2,7E0	WL	7,0E0	WL	3E0	1	Hf-181	1	Hf-181	1E1
Hf-182+	9,00E6	4,9E-2	RH	5,0E-1	RH	5E-2	0,1				
Hf-182m+	1,17E-4	5,4E215	WL	4,3E2	SKIN	4E2	1000				
Hf-183	1,22E-4	8,1E208	WL	3,4E2	SKIN	3E2	1000				
Hf-184	4,70E-4	4,5E58	WL	3,7E2	SKIN	4E2	1000				
Ta-172	7,00E-5	1,0E10		1,8E12	WL	1E10	1E+10				
Ta-173	3,58E-4	8,0E71	WL	4,1E2	SKIN	4E2	1000				
Ta-174	1,30E-4	1,6E193	WL	3,4E2	SKIN	3E2	1000				
Ta-175	1,20E-3	1,9E25	WL	3,4E2	SKIN	3E2	1000				
Ta-176	9,23E-4	2,8E28	WL	1,2E1	WL	1E1	10				
Ta-177	6,43E-3	4,1E6	WL	1,8E2	WL	2E2	100				
Ta-178m	2,69E-4	1,2E99	WL	1,5E8	WL	1E8	1E+08				
Ta-179	1,61E0	1,2E1	RH	1,2E2	RH	1E1	10				
Ta-180	9,22E-4	6,1E30	WL	9,5E2	SKIN	1E3	1000				
Ta-180m	1,80E15	1,7E-1	RH	1,8E0	RH	2E-1	0,1				
Ta-182	3,14E-1	2,6E-1	RH	2,5E0	WL	3E-1	0,1	Ta-182	0,1	Ta-182	1E1
Ta-182n	3,01E-5	1,0E10		1,3E29	WL	1E10	1E+10				
Ta-183	1,39E-2	2,0E3	WL	1,9E1	WL	2E1	10				
Ta-184	9,92E-4	4,2E30	WL	3,4E2	SKIN	3E2	1000				
Ta-185	9,32E-5	3,9E269	WL	3,6E10	WL	4E10	1E+11				
Ta-186	2,00E-5	1,0E10		2,1E47	WL	1E10	1E+10				
W-176	2,85E-4	3,8E89	WL	1,0E3	SKIN	1E3	1000				
W-177	2,51E-4	1,9E101	WL	8,1E2	SKIN	8E2	1000				
W-178+	5,91E-2	4,7E1	WL	3,9E1	WL	4E1	100				
W-179	7,04E-5	1,0E10		2,3E14	WL	1E10	1E+10				
W-181	3,31E-1	2,4E1	RH	2,5E2	RH	2E1	10	W-181	10	W-181	1E3
W-185	2,06E-1	3,9E3	WL	7,1E2	SKIN	7E2	1000	W-185	1000	W-185	1E4
W-187	2,72E-3	9,9E10	WL	1,6E1	WL	2E1	10	W-187	10	W-187	1E2
W-188+	1,91E-1	1,3E1	WL	6,6E1	WL	1E1	10				
Re-177	2,66E-5	1,0E10		3,2E2	SKIN	3E2	1000				
Re-178	2,51E-5	1,0E10		1,6E38	WL	1E10	1E+10				

Nuklid	T <sub>1/2</sub>	realist. Szenarien		low-prob. Szenarien		Min.	Gerundet	[EUR 14] Tab. A Teil 1		[EUR 14] Tab. B	
	[a]	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]
Re-181	2,27E-3	4,4E12	WL	1,1E1	WL	1E1	10				
Re-182	7,30E-3	1,8E4	WL	2,5E0	WL	2E0	1				
Re-182m	1,45E-3	6,2E18	WL	1,0E1	WL	1E1	10				
Re-183	1,92E-1	8,3E0	RH	4,4E1	WL	8E0	10				
Re-184	1,04E-1	1,7E0	WL	3,7E0	WL	2E0	1				
Re-184m	4,60E-1	2,7E-1	RH	2,8E0	RH	3E-1	0,1				
Re-186	1,03E-2	2,0E5	WL	3,4E2	SKIN	3E2	1000	Re-186	1000	Re-186	1E3
Re-186m+	1,90E5	1,6E0	RL-C	5,2E0	RL-C	2E0	1				
Re-187	4,35E10	1,1E3	RL-C	3,5E2	SKIN	4E2	1000				
Re-188	1,94E-3	5,6E15	WL	1,8E2	WL	2E2	100	Re-188	100	Re-188	1E2
Re-188m	3,53E-5	1,0E10		1,9E27	WL	1E10	1E+10				
Re-189+	2,77E-3	6,3E11	WL	1,5E2	WL	2E2	100				
Os-180+	4,09E-5	1,0E10		1,1E21	WL	1E10	1E+10				
Os-181	2,00E-4	7,9E127	WL	3,4E2	SKIN	3E2	1000				
Os-182	2,52E-3	3,4E11	WL	1,0E1	WL	1E1	10				
Os-185	2,57E-1	6,1E-1	RH	4,8E0	WL	6E-1	1	Os-185	1	Os-185	1E1
Os-189m	6,63E-4	6,1E44	WL	9,6E6	WF	1E7	1E+07				
Os-190m	1,88E-5	1,0E10		5,4E44	WL	1E10	1E+10				
Os-191+	4,19E-2	2,5E2	WL	1,0E2	WL	1E2	100	Os-191	100	Os-191	1E2
Os-191m	1,49E-3	1,3E21	WL	8,1E2	SKIN	8E2	1000	Os-191m	1000	Os-191m	1E3
Os-193	3,43E-3	7,9E9	WL	1,1E2	WL	1E2	100	Os-193	100	Os-193	1E2
Os-194+	6,00E0	8,8E-1	RH	9,0E0	RH	9E-1	1				
Ir-182	2,85E-5	1,0E10		1,7E32	WL	1E10	1E+10				
Ir-184	3,53E-4	8,4E76	WL	1,6E2	SKIN	2E2	100				
Ir-185	1,64E-3	1,5E19	WL	3,9E2	SKIN	4E2	1000				
Ir-186	1,90E-3	3,8E18	WL	2,5E2	SKIN	2E2	100				
Ir-186m	2,19E-4	2,2E120	WL	3,4E2	SKIN	3E2	1000				
Ir-187	1,20E-3	1,3E23	WL	6,4E1	WL	6E1	100				
Ir-188	4,73E-3	1,9E10	WL	3,4E2	SKIN	3E2	1000				
Ir-189+	3,61E-2	3,7E2	WL	1,0E2	WL	1E2	100				
Ir-190+	3,29E-2	5,5E0	WL	1,2E0	WL	1E0	1	Ir-190	1	Ir-190	1E1
Ir-190m	1,28E-4	6,0E198	WL	2,3E9	WL	2E9	1E+09				
Ir-192	2,02E-1	8,2E-1	RH	4,4E0	WL	8E-1	1	Ir-192	1	Ir-192	1E1
Ir-192m	2,74E-6	1,0E10		1,0E3	SKIN	1E3	1000				
Ir-193m	2,89E-2	1,2E5	WL	1,6E4	WL	2E4	10000				
Ir-194	2,20E-3	8,1E13	WL	9,0E1	WL	9E1	100	Ir-194	100	Ir-194	1E2
Ir-194n	4,68E-1	8,8E-2	RH	9,0E-1	RH	9E-2	0,1				
Ir-195	2,85E-4	8,0E90	WL	3,7E2	SKIN	4E2	1000				
Ir-195m	4,34E-4	5,9E62	WL	3,5E2	SKIN	4E2	1000				
Pt-186+	2,37E-4	2,2E111	WL	3,7E2	SKIN	4E2	1000				
Pt-188	2,79E-2	1,9E2	WL	2,7E1	WL	3E1	10				
Pt-189	1,24E-3	1,6E22	WL	3,9E1	WL	4E1	100				
Pt-190	6,50E11	2,8E0	RL-A	9,2E0	RL-A	3E0	1				
Pt-191+	7,67E-3	9,4E4	WL	2,0E1	WL	2E1	10	Pt-191	10	Pt-191	1E2
Pt-193	5,00E1	6,1E0	RH	6,3E1	RH	6E0	10				
Pt-193m	1,19E-2	2,8E5	WL	1,6E2	SKIN	2E2	100	Pt-193m	1000	Pt-193m	1E3
Pt-195m	1,12E-2	4,9E4	WL	1,5E2	WL	1E2	100				

Nuklid	$T_{1/2}$	realist. Szenarien		low-prob. Szenarien		Min.	Gerundet	[EUR 14] Tab. A Teil 1		[EUR 14] Tab. B	
	[a]	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]
Pt-197	2,27E-3	2,8E14	WL	3,7E2	SKIN	4E2	1000	Pt-197	1000	Pt-197	1E3
Pt-197m	1,81E-4	3,9E140	WL	3,4E2	SKIN	3E2	1000	Pt-197m	100	Pt-197m	1E2
Pt-199	5,86E-5	1,0E10		3,6E15	WL	1E10	1E+10				
Pt-200+	1,43E-3	5,3E19	WL	4,7E1	WL	5E1	100				
Au-193	2,01E-3	9,5E14	WL	9,3E1	WL	9E1	100				
Au-194	4,34E-3	1,0E7	WL	4,9E0	WL	5E0	10				
Au-195	5,10E-1	5,6E0	RH	5,8E1	RH	6E0	10				
Au-196	1,69E-2	3,9E2	WL	9,3E0	WL	9E0	10				
Au-198	7,38E-3	7,4E4	WL	1,1E1	WL	1E1	10	Au-198	10	Au-198	1E2
Au-198m	6,30E-3	2,5E5	WL	9,0E0	WL	9E0	10				
Au-199	8,59E-3	1,3E5	WL	6,4E1	WL	6E1	100	Au-199	100	Au-199	1E2
Au-200	9,20E-5	2,5E272	WL	1,5E10	WL	1E10	1E+10				
Au-200m+	2,13E-3	3,8E14	WL	1,8E2	WL	2E2	100				
Au-201	4,94E-5	1,0E10		9,1E18	WL	1E10	1E+10				
Hg-193	4,34E-4	1,9E61	WL	3,9E2	SKIN	4E2	1000				
Hg-193m+	1,35E-3	1,0E24	WL	3,4E2	SKIN	3E2	1000				
Hg-194+	4,44E2	7,2E-2	RH	7,4E-1	RH	7E-2	0,1				
Hg-195	1,13E-3	4,1E24	WL	1,1E2	WL	1E2	100				
Hg-195m+	4,75E-3	3,9E7	WL	6,2E1	WL	6E1	100				
Hg-197	7,37E-3	1,1E6	WL	1,7E2	WL	2E2	100	Hg-197	100	Hg-197	1E2
Hg-197m	2,73E-3	8,3E11	WL	1,4E2	WL	1E2	100	Hg-197m	100	Hg-197m	1E2
Hg-199m	8,00E-5	1,0E10		8,0E11	WL	1E10	1E+10				
Hg-203	1,28E-1	5,6E0	WL	1,7E1	WL	6E0	10	Hg-203	10	Hg-203	1E2
Tl-194	6,27E-5	1,0E10		2,6E19	WL	1E10	1E+10				
Tl-194m	6,24E-5	1,0E10		6,4E18	WL	1E10	1E+10				
Tl-195	1,32E-4	4,5E191	WL	3,4E2	SKIN	3E2	1000				
Tl-197	3,24E-4	1,6E79	WL	1,6E3	SKIN	2E3	1000				
Tl-198	6,05E-4	6,0E42	WL	3,8E1	WL	4E1	100				
Tl-198m	2,13E-4	3,2E118	WL	4,3E2	SKIN	4E2	1000				
Tl-199	8,46E-4	9,7E31	WL	1,7E2	WL	2E2	100				
Tl-200	2,98E-3	4,7E9	WL	4,8E0	WL	5E0	10	Tl-200	10	Tl-200	1E1
Tl-201	8,33E-3	2,6E5	WL	1,0E2	WL	1E2	100	Tl-201	100	Tl-201	1E2
Tl-202	3,35E-2	3,7E1	WL	8,6E0	WL	9E0	10	Tl-202	10	Tl-202	1E2
Tl-204	3,79E0	6,0E-1	Wat-C	7,9E-1	Wat-C	6E-1	1	Tl-204	1	Tl-204	1E4
Tl-207	9,07E-6	1,0E10		9,4E94	WL	1E10	1E+10				
Tl-208	5,80E-6	1,0E10		1,2E143	WL	1E10	1E+10				
Tl-209	4,18E-6	1,0E10		3,6E198	WL	1E10	1E+10				
Pb-195m	2,85E-5	1,0E10		8,9E32	WL	1E10	1E+10				
Pb-198	2,74E-4	9,2E92	WL	8,1E2	SKIN	8E2	1000				
Pb-199	1,71E-4	2,1E147	WL	1,2E3	SKIN	1E3	1000				
Pb-200	2,45E-3	8,0E11	WL	1,3E1	WL	1E1	10				
Pb-201	1,07E-3	1,4E25	WL	2,8E1	WL	3E1	10				
Pb-202+	5,30E4	1,6E-1	RH	1,6E0	RH	2E-1	0,1				
Pb-202m	4,07E-4	6,3E62	WL	1,2E2	SKIN	1E2	100				
Pb-203	5,92E-3	9,8E5	WL	1,9E1	WL	2E1	10	Pb-203	10	Pb-203	1E2
Pb-205	1,53E7	3,0E0	RH	3,1E1	RH	3E0	10				
Pb-209	3,71E-4	7,5E73	WL	4,3E2	SKIN	4E2	1000				

Nuklid	$T_{1/2}$	realist. Szenarien		low-prob. Szenarien		Min.	Gerundet	[EUR 14] Tab. A Teil 1		[EUR 14] Tab. B	
	[a]	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]
Pb-210+	2,22E1	6,5E-2	RL-C	2,2E-1	RL-C	7E-2	0,1			Pb-210 (b)	1E1
Pb-211+	6,86E-5	1,0E10		5,2E13	WL	1E10	1E+10				
Pb-212+	1,21E-3	1,4E22	WL	1,3E1	WL	1E1	10			Pb-212 (b)	1E1
Pb-214+	5,10E-5	1,0E10		1,0E17	WL	1E10	1E+10				
Bi-200	6,92E-5	1,0E10		8,0E14	WL	1E10	1E+10				
Bi-201	2,05E-4	1,2E124	WL	2,9E2	SKIN	3E2	100				
Bi-202	1,96E-4	2,3E128	WL	1,2E2	SKIN	1E2	100				
Bi-203	1,34E-3	3,4E21	WL	2,5E2	WL	3E2	100				
Bi-205	4,19E-2	3,4E4	WL	3,7E2	SKIN	4E2	1000				
Bi-206	1,71E-2	4,4E1	WL	1,1E0	WL	1E0	1	Bi-206	1	Bi-206	1E1
Bi-207	3,18E1	4,7E-2	RH	4,8E-1	RH	5E-2	0,1	Bi-207	0,1	Bi-207	1E1
Bi-208	3,68E5	2,8E-2	RH	2,9E-1	RH	3E-2	0,01				
Bi-210	1,37E-2	1,0E5	WL	5,7E2	WL	6E2	1000			Bi-210	1E3
Bi-210m+	3,00E6	4,2E-2	Wat-C	6,5E-2	Wat-C	4E-2	0,1				
Bi-211	4,13E-6	1,0E10		9,2E3	SKIN	9E3	10000				
Bi-212+	1,15E-4	5,5E217	WL	5,4E2	SKIN	5E2	1000			Bi-212 (b)	1E1
Bi-213+	8,67E-5	2,4E289	WL	3,5E2	SKIN	4E2	1000				
Bi-214+	3,78E-5	1,0E10		3,5E2	SKIN	4E2	1000				
Po-203	6,98E-5	1,0E10		2,4E12	WL	1E10	1E+10	Po-203	10	Po-203	1E1
Po-205	1,89E-4	1,4E133	WL	1,0E3	SKIN	1E3	1000	Po-205	10	Po-205	1E1
Po-206	2,41E-2	2,9E1	WL	2,6E0	WL	3E0	1				
Po-207	6,62E-4	2,6E39	WL	4,7E1	WL	5E1	100	Po-207	10	Po-207	1E1
Po-208	2,93E0	6,4E-1	WL	1,0E1	WL	6E-1	1				
Po-209	1,02E2	5,5E-1	WL	1,0E1	WL	6E-1	1				
Po-210	3,79E-1	8,2E-1	RP	4,1E0	RP	8E-1	1			Po-210	1E1
Po-211	1,64E-8	1,0E10		1,0E10	WL	1E10	1E+10				
Po-212	9,44E-15	1,0E10		1,0E10	WL	1E10	1E+10				
Po-213	1,33E-13	1,0E10		1,0E10	WL	1E10	1E+10				
Po-214	5,19E-12	1,0E10		1,0E10	WL	1E10	1E+10				
Po-215	5,64E-11	1,0E10		1,0E10	WL	1E10	1E+10				
Po-216	4,75E-9	1,0E10		1,0E10	WL	1E10	1E+10				
Po-218	5,89E-6	1,0E10		7,5E142	WL	1E10	1E+10				
At-207	2,05E-4	6,3E123	WL	2,9E2	SKIN	3E2	100				
At-211+	8,23E-4	5,0E33	WL	1,2E3	WL	1E3	1000	At-211	1000	At-211	1E3
At-217	1,02E-9	1,0E10		1,0E10	WL	1E10	1E+10				
Fr-221+	9,32E-6	1,0E10		5,4E3	SKIN	5E3	10000				
Fr-222+	2,70E-5	1,0E10		3,5E2	SKIN	4E2	1000				
Fr-223	4,14E-5	1,0E10		3,1E2	SKIN	3E2	1000				
Ra-214	7,80E-8	1,0E10		1,0E10	WL	1E10	1E+10				
Ra-222+	1,20E-6	1,0E10		1,0E10	WL	1E10	1E+10				
Ra-223+	3,13E-2	5,0E1	WL	7,8E0	WL	8E0	10			Ra-223 (b)	1E2
Ra-224+	9,97E-3	2,2E3	WL	3,1E0	WL	3E0	10			Ra-224 (b)	1E1
Ra-225	4,05E-2	4,0E1	WL	1,0E1	WL	1E1	10	Ra-225	10	Ra-225	1E2
Ra-226+	1,60E3	3,0E-2	RL-C	9,8E-2	RL-C	3E-2	0,01			Ra-226 (b)	1E1
Ra-227	8,02E-5	1,0E10		3,7E2	SKIN	4E2	1000	Ra-227	100	Ra-227	1E2
Ra-228+	5,75E0	4,3E-2	RH	2,3E-1	RL-C	4E-2	0,1			Ra-228 (b)	1E1
Ac-224	3,17E-4	1,7E81	WL	1,6E3	SKIN	2E3	1000				

Nuklid	$T_{1/2}$	realist. Szenarien		low-prob. Szenarien		Min.	Gerundet	[EUR 14] Tab. A Teil 1		[EUR 14] Tab. B	
	[a]	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]
Ac-225+	2,74E-2	1,2E2	WL	1,1E1	WL	1E1	10				
Ac-226+	3,35E-3	2,3E10	WL	1,3E2	WL	1E2	100				
Ac-227+	2,18E1	1,4E-2	WL	1,7E-1	WL	1E-2	0,01				
Ac-228	7,02E-4	2,4E37	WL	5,1E1	WL	5E1	100			Ac-228	1E1
Th-226	5,81E-5	1,0E10		5,3E16	WL	1E10	1E+10	Th-226	1000	Th-226 (b)	1E3
Th-227	5,12E-2	1,5E1	WL	6,6E0	WL	7E0	10			Th-227	1E1
Th-228+	1,91E0	6,8E-2	RH	6,9E-1	RH	7E-2	0,1			Th-228 (b)	1E0
Th-229+	7,34E3	1,1E-1	WL	1,5E0	WL	1E-1	0,1	Th-229	0,1	Th-229 (b)	1E0
Th-230	7,54E4	2,1E-1	Wat-C	2,7E-1	Wat-C	2E-1	0,1			Th-230	1E0
Th-231	2,91E-3	1,9E12	WL	4,3E2	SKIN	4E2	1000			Th-231	1E3
Th-232+	1,41E10	3,0E-2	RH	3,0E-1	RH	3E-2	0,01				
Th-234+	6,60E-2	1,4E2	WL	1,4E2	WL	1E2	100			Th-234 (b)	1E3
Pa-227+	7,28E-5	1,0E10		3,4E13	WL	1E10	1E+10				
Pa-228	2,51E-3	2,0E11	WL	5,3E0	WL	5E0	10				
Pa-230	4,76E-2	4,3E2	WL	1,2E2	WL	1E2	100	Pa-230	10	Pa-230	1E1
Pa-231	3,28E4	1,2E-2	WL	1,6E-1	WL	1E-2	0,01			Pa-231	1E0
Pa-232	3,59E-3	2,1E8	WL	5,9E0	WL	6E0	10				
Pa-233	7,39E-2	1,5E1	WL	1,9E1	WL	2E1	10	Pa-233	10	Pa-233	1E2
Pa-234	7,73E-4	7,9E33	WL	2,8E1	WL	3E1	10				
Pa-234m	2,22E-6	1,0E10		3,4E2	SKIN	3E2	1000				
U-230+	5,69E-2	2,2E1	WL	9,0E0	WL	9E0	10	U-230	10	U-230	1E1
U-231	1,15E-2	1,4E7	WL	3,8E4	WL	4E4	1E+05	U-231 (a)	100	U-231	1E2
U-232+	6,98E1	5,5E-2	WL	5,6E-1	Wat-C	6E-2	0,1	U-232 (a)	0,1	U-232 (b)	1E0
U-233	1,59E5	1,1E0	WL	4,9E0	Wat-A	1E0	1	U-233	1	U-233	1E1
U-234	2,46E5	1,2E0	WL	5,8E0	Wat-A	1E0	1			U-234	1E1
U-235+	7,04E8	5,4E-1	RH	5,5E0	RH	5E-1	1			U-235 (b)	1E1
U-236	2,37E7	1,2E0	WL	6,4E0	Wat-A	1E0	1	U-236	10	U-236	1E1
U-237	1,85E-2	1,3E3	WL	4,5E1	WL	5E1	100	U-237	100	U-237	1E2
U-238+	4,47E9	1,1E0	WL	6,4E0	Wat-A	1E0	1			U-238 (b)	1E1
U-239	4,46E-5	1,0E10		3,9E2	SKIN	4E2	1000	U-239	100	U-239	1E2
U-240+	1,61E-3	4,2E17	WL	3,4E1	WL	3E1	100	U-240 (a)	100	U-240	1E3
Np-232	2,79E-5	1,0E10		8,1E2	SKIN	8E2	1000				
Np-233	6,88E-5	1,0E10		1,1E14	WL	1E10	1E+10				
Np-234	1,20E-2	7,3E2	WL	3,3E0	WL	3E0	10				
Np-235	1,08E0	8,7E1	RH	8,9E2	RH	9E1	100				
Np-236	1,52E5	8,0E-1	RH	8,2E0	RH	8E-1	1				
Np-236m	2,57E-3	2,5E12	WL	7,5E1	WL	7E1	100				
Np-237+	2,14E6	3,1E-1	WL	9,4E-1	Wat-A	3E-1	1	Np-237 (a)	1	Np-237 (b)	1E0
Np-238	5,80E-3	4,3E5	WL	6,7E0	WL	7E0	10				
Np-239	6,45E-3	8,0E5	WL	3,6E1	WL	4E1	100	Np-239	100	Np-239	1E2
Np-240	1,24E-4	9,5E202	WL	1,5E2	SKIN	2E2	100	Np-240	10	Np-240	1E1
Np-240m	1,41E-5	1,0E10		3,5E2	SKIN	4E2	1000				
Pu-234	1,00E-3	5,4E27	WL	3,0E2	WL	3E2	1000	Pu-234	100	Pu-234	1E2
Pu-235	4,81E-5	1,0E10		3,7E2	SKIN	4E2	1000	Pu-235	100	Pu-235	1E2
Pu-236	2,86E0	5,4E-1	WL	6,6E0	WL	5E-1	1	Pu-236	1	Pu-236	1E1
Pu-237	1,24E-1	4,5E1	WL	1,3E2	WL	5E1	100	Pu-237	100	Pu-237	1E3
Pu-238	8,77E1	2,7E-1	WL	3,5E0	WL	3E-1	0,1	Pu-238	0,1	Pu-238	1E0

Nuklid	$T_{1/2}$	realist. Szenarien		low-prob. Szenarien		Min.	Gerundet	[EUR 14] Tab. A Teil 1		[EUR 14] Tab. B	
	[a]	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]
Pu-239+	2,41E4	2,5E-1	WL	3,3E0	WL	3E-1	0,1	Pu-239	0,1	Pu-239	1E0
Pu-240	6,56E3	2,5E-1	WL	3,3E0	WL	3E-1	0,1	Pu-240	0,1	Pu-240	1E0
Pu-241	1,43E1	6,0E0	WL	5,9E1	Wat-A	6E0	10	Pu-241	10	Pu-241	1E2
Pu-242	3,74E5	2,6E-1	WL	3,4E0	WL	3E-1	0,1	Pu-242	0,1	Pu-242	1E0
Pu-243	5,65E-4	8,1E47	WL	4,1E2	SKIN	4E2	1000	Pu-243	1000	Pu-243	1E3
Pu-244+	8,00E7	1,6E-1	WL	2,2E0	RH	2E-1	0,1	Pu-244 (a)	0,1	Pu-244	1E0
Pu-245+	1,20E-3	8,8E22	WL	4,2E1	WL	4E1	100				
Pu-246+	2,97E-2	1,8E1	WL	3,1E0	WL	3E0	10				
Am-237	1,39E-4	3,3E185	WL	3,7E2	SKIN	4E2	1000				
Am-238	1,86E-4	3,4E135	WL	1,2E5	WL	1E5	1E+05				
Am-239	1,36E-3	1,7E24	WL	1,6E3	SKIN	2E3	1000				
Am-240	5,80E-3	2,8E5	WL	4,4E0	WL	4E0	10				
Am-241	4,33E2	3,0E-1	WL	2,1E0	Wat-A	3E-1	0,1	Am-241	0,1	Am-241	1E0
Am-242	1,83E-3	2,3E17	WL	4,8E2	SKIN	5E2	1000	Am-242	1000	Am-242	1E3
Am-242m+	1,41E2	2,1E-1	WL	1,5E0	Wat-A	2E-1	0,1	Am-242m (a)	0,1	Am-242m (b)	1E0
Am-243+	7,36E3	2,3E-1	WL	2,1E0	Wat-A	2E-1	0,1	Am-243 (a)	0,1	Am-243 (b)	1E0
Am-244	1,15E-3	2,8E23	WL	2,1E1	WL	2E1	10				
Am-244m	4,94E-5	1,0E10		2,7E19	WL	1E10	1E+10				
Am-245	2,34E-4	1,2E110	WL	3,4E2	SKIN	3E2	1000				
Am-246	7,42E-5	1,0E10		9,2E11	WL	1E10	1E+10				
Am-246m	4,75E-5	1,0E10		1,3E18	WL	1E10	1E+10				
Cm-238+	2,74E-4	2,2E93	WL	1,6E3	SKIN	2E3	1000				
Cm-240	7,39E-2	6,8E1	WL	4,4E1	WL	4E1	100				
Cm-241	8,98E-2	4,5E0	WL	7,8E0	WL	4E0	10				
Cm-242	4,46E-1	5,1E0	WL	2,9E1	WL	5E0	10	Cm-242	10	Cm-242	1E2
Cm-243	3,00E1	3,2E-1	WL	4,6E0	WL	3E-1	1	Cm-243	1	Cm-243	1E0
Cm-244	1,80E1	4,9E-1	WL	6,3E0	WL	5E-1	1	Cm-244	1	Cm-244	1E1
Cm-245	8,50E3	2,4E-1	WL	3,3E0	WL	2E-1	0,1	Cm-245	0,1	Cm-245	1E0
Cm-246	4,73E3	3,0E-1	WL	3,9E0	WL	3E-1	0,1	Cm-246	0,1	Cm-246	1E0
Cm-247+	1,60E7	1,9E-1	WL	2,4E0	RH	2E-1	0,1	Cm-247 (a)	0,1	Cm-247	1E0
Cm-248	3,40E5	8,4E-2	WL	1,1E0	WL	8E-2	0,1	Cm-248	0,1	Cm-248	1E0
Cm-249	1,22E-4	2,8E207	WL	3,5E2	SKIN	4E2	1000				
Cm-250+	8,00E3	1,4E-2	WL	1,9E-1	WL	1E-2	0,01				
Bk-245	1,35E-2	3,0E3	WL	2,5E1	WL	2E1	10				
Bk-246	4,93E-3	1,5E10	WL	3,7E2	SKIN	4E2	1000				
Bk-247	1,38E3	1,5E-1	WL	2,0E0	WL	1E-1	0,1				
Bk-249	8,76E-1	4,8E1	WL	4,5E2	WL	5E1	100	Bk-249	100	Bk-249	1E3
Bk-250	3,67E-4	6,7E69	WL	3,4E2	SKIN	3E2	1000				
Cf-244	3,69E-5	1,0E10		2,9E26	WL	1E10	1E+10				
Cf-246	4,07E-3	4,2E9	WL	4,4E2	WL	4E2	1000	Cf-246	1000	Cf-246	1E3
Cf-248	9,13E-1	1,9E0	WL	1,6E1	WL	2E0	1	Cf-248	1	Cf-248	1E1
Cf-249	3,51E2	1,3E-1	WL	1,9E0	WL	1E-1	0,1	Cf-249	0,1	Cf-249	1E0
Cf-250	1,31E1	3,8E-1	WL	4,8E0	WL	4E-1	1	Cf-250	1	Cf-250	1E1
Cf-251	8,98E2	1,6E-1	WL	2,2E0	WL	2E-1	0,1	Cf-251	0,1	Cf-251	1E0
Cf-252	2,65E0	7,3E-1	WL	8,2E0	WL	7E-1	1	Cf-252	1	Cf-252	1E1
Cf-253+	4,88E-2	2,3E2	WL	6,8E1	WL	7E1	100	Cf-253	100	Cf-253	1E2

Nuklid	$T_{1/2}$	realist. Szenarien		low-prob. Szenarien		Min.	Gerundet	[EUR 14] Tab. A Teil 1		[EUR 14] Tab. B	
	[a]	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	Pfad	[Bq/g]	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]	Nuklid	[Bq/g]
Cf-254	1,66E-1	1,9E0	WL	4,4E0	WL	2E0	1	Cf-254	1	Cf-254	1E0
Es-250	9,81E-4	3,3E31	WL	3,4E2	SKIN	3E2	1000				
Es-251	3,76E-3	1,3E12	WL	5,3E4	WL	5E4	1E+05				
Es-253	5,60E-2	1,4E2	WL	5,5E1	WL	5E1	100	Es-253	100	Es-253	1E2
Es-254+	7,55E-1	1,5E-1	RH	1,5E0	RH	1E-1	0,1	Es-254 (a)	0,1	Es-254	1E1
Es-254m+	4,48E-3	6,9E8	WL	3,1E2	WL	3E2	1000	Es-254m (a)	10	Es-254m	1E2
Fm-252	2,90E-3	2,3E12	WL	7,2E2	WL	7E2	1000				
Fm-253	8,21E-3	1,5E6	WL	2,9E2	WL	3E2	100				
Fm-254	3,70E-4	1,8E72	WL	2,6E5	WL	3E5	1E+05	Fm-254	10000	Fm-254	1E4
Fm-255	2,29E-3	5,1E14	WL	8,6E2	WL	9E2	1000	Fm-255	100	Fm-255	1E3
Fm-257	2,75E-1	2,5E0	WL	1,2E1	WL	3E0	1				
Md-257	6,30E-4	4,5E44	WL	6,4E4	WL	6E4	1E+05				
Md-258	1,41E-1	4,8E0	WL	1,2E1	WL	5E0	10				

Im Rahmen des Forschungsvorhabens erfolgte auch eine detaillierte Analyse dieser sehr umfangreichen Ergebnisse nach verschiedenen Kriterien (grenzwertbestimmende Szenarien, Verteilung der berechneten Werte, Einfluss der Halbwertszeiten, Einfluss der radiologischen Eigenschaften der Radionuklide, Einfluss spezieller Szenarien usw.). An dieser Stelle werden hiervon nur die grenzwertbestimmenden Szenarien wiedergegeben:

Im Satz der „realistischen“ Szenarien sind diese in der folgenden Reihenfolge grenzwertbestimmend:

- WL: Arbeiter auf einer Deponie oder in einem anderen Betrieb (kein Schmelzbetrieb)
- RH: Bewohner eines Hauses, das unter Verwendung kontaminierten Materials erbaut wurde
- RL-C: Anwohner nahe Deponie oder anderem Betrieb
- Wat-C: Wasserpfad (Kind)
- Wat-A: Wasserpfad (Erwachsener)

Im Satz der „Low probability“-Szenarien sind diese in der folgenden Reihenfolge grenzwertbestimmend:

- WL: Arbeiter auf einer Deponie oder in einem anderen Betrieb (kein Schmelzbetrieb)
- SKIN: Hautkontamination
- RH: Bewohner eines Hauses das unter Verwendung kontaminierten Materials erbaut wurde
- Water-C: Wasserpfad (Kind)
- RL-C: Anwohner nahe Deponie oder anderem Betrieb (Kind)

Diese Verteilung der führenden Szenarien zusammen mit der Tatsache, dass bei den „realistischen“ Szenarien das Szenario „WL“ deutlich führend ist, verdeutlicht, dass die im Gesamtmodell des Safety Report 44 unterstellte Verwendung des freigegebenen Materials im beruflichen Bereich restriktiv modelliert ist. Die unterstellte Verwendung des freigegebenen Materials im Hausbau gem. Szenario „RH“ ist insbesondere für gammastrahlende Radionuklide ein gleichfalls relevantes Szenario. Wasserpfade sowie die Szenarien „RL-A“ und „RL-C“ sind vor allem für mobile Nuklide mit hohen Ingestionsdosisfaktoren relevant.



## **2.5 Anwendung der Freigrenzen und Freigabewerte**

### **2.5.1 Geringe Materialmengen**

Die bisherigen Freigrenzen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV gelten für sogenannte „geringe Materialmengen“ („*moderate amounts*“), wobei die genaue Bedeutung von „*moderate*“ allerdings im Regelwerk nicht definiert wird. Eine Analyse der zugrunde liegenden Szenarien aus der Empfehlung Radiation Protection 65 [CEC 93] der Europäischen Kommission zeigt, dass sich diese Angabe mit 1 bis 3 Mg gleichsetzen lässt. Die Szenarien sind explizit auf diesen Massenbereich hin ausgelegt. Dieser Ansatz ist ferner konsistent mit der Verwendung dieses Begriffes in allen späteren diesbezüglichen Untersuchungen und Empfehlungen.

Vor diesem Hintergrund sollte auch zukünftig die Definition von „*moderate amounts*“ im Zusammenhang mit Freigrenzen gem. der Strahlenschutz-Grundnormen von 1996 [EUR 96] an den Massenbereich einiger weniger Mg, konkret z. B. bis 3 Mg, gekoppelt sein. Dieser Massenbereich entspricht den Festlegungen, die für die Herleitung der Szenarien in RP 65 getroffen wurden. Darüber hinausgehende Szenarien für „*moderate amounts*“ sind nicht erforderlich. Hier schließt der Geltungsbereich von RS-G-1.7 an, wodurch es keine Lücken im System der Freigrenzen gibt.

### **2.5.2 Flächenbezogene Freigabewerte**

Ein Zusammenhang zwischen den Szenarien, die zur Herleitung der flächenbezogenen Freigabewerte in Anl. III Tab. 1 Sp. 4 StrlSchV dienen und die mit denjenigen in der Veröffentlichung Radiation Protection 101 der Europäischen Kommission von 1999 identisch sind, und den massenbezogenen Freigrenzen/Freigabewerte der EU-Grundnormen besteht nicht. Es lässt sich auch kein wie immer gearteter Zusammenhang zwischen beiden Wertesätzen ableiten, geschweige denn ein Faktor, der die Umrechnung des einen Satzes in den anderen gestatten würde. Eine Durchsicht der Szenarien zur Herleitung der flächenbezogenen Freigabewerte kommt vielmehr zu dem Schluss, dass keine Anpassungen der Parameterwerte oder Ergänzung bestimmter Expositionsumstände erforderlich sind, da alle Expositionspfade abgedeckt werden. Auch die Auswirkung der Anwendung neuerer Umrechnungsfaktoren für die Gammadosisleistung ist angesichts der großen Veränderungen der unmittelbar abgeleiteten Werte allein durch die Rundung auf Zehnerpotenzen vernachlässigbar gering. Daher spricht nichts gegen die fortgesetzte Anwendung der Werte für die Oberflächenkontamination gem. Anl. III Tab. 1 Sp. 4 StrlSchV.

### **2.5.3 Natürlich vorkommende Radionuklide**

Die Rolle der natürlich vorkommenden Radionuklide ist im Safety Guide RS-G-1.7 [IAE 04] und daher auch in den Strahlenschutz-Grundnormen der EU [IAE 14] bzw. [EUR 14] nicht auf der Basis von radiologischen Szenarien, sondern auf Basis der Angabe eines Freigrenzenwertes geregelt, der so gewählt ist, dass Aktivitätskonzentrationen, die weltweit in natürlichen Materialien vorkommen, von Regelungen des Strahlenschutzes ausgeschlossen sein sollen. Für K-40 liegt dieser Wert bei 10 Bq/g, für alle anderen Radionuklide natürlichen Ursprungs (alle Nuklide der U-238- und Th-232-Zerfallsreihen) bei 1 Bq/g (vgl. Tabelle 2.4).

Tabelle 2.4: Aktivitätskonzentrationen für Radionuklide natürlichen Ursprungs gemäß RS-G-1.7 [IAE 05]

Radionuklid	Aktivitätskonzentration (Bq/g)
K-40	10
Alle anderen Radionuklide natürlichen Ursprungs	1

Begründet wird die Wahl dieser Daten mit einer weltweiten Übersicht natürlicher Stoffe (Erden, Gesteine, NORM-Produkte und NORM-Reststoffe) der UNSCEAR von 2000 [UNS 00]. Die Strahlenschutz-Grundnormen der EU [EUR 14] enthalten aber in Art. 30 (3) die über den RS-G-1.7 hinausgehende Anforderung, dass die Mitgliedstaaten dafür sorgen müssen, dass für die Freigabe von Materialien, die natürlich vorkommende Radionuklide enthalten und aus zugelassenen Tätigkeiten stammen, bei denen natürliche Radionuklide aufgrund ihrer Radioaktivität, Spaltbarkeit oder Bruteigenschaft verarbeitet werden, die Freigabewerte die Dosiskriterien [10 µSv/a] für die Freigabe von Materialien, die künstliche Radionuklide enthalten, erfüllen. Daher können dieselben Szenarien aus Safety Report 44 auch für Radionuklide, die in RS-G-1.7 nur als „natürlich“ gekennzeichnet sind, angewendet werden. Die sich hierdurch ergebenden Freigabewerte liegen je nach radiologischer Relevanz der Nuklide über oder unter den oben genannten Werten 1 Bq/g und 10 Bq/g und sind im Bericht im Detail angegeben.

#### 2.5.4 Edelgase

Die Behandlung von Edelgasen ist mit dem hier verwendeten Formalismus zur Herleitung von Freigrenzen/Freigabewerten nicht möglich. Die Szenarien in Safety Report 44 bzw. im Safety Guide RS-G-1.7 [IAE 04] gelten explizit nicht für Gase und somit auch nicht für radioaktive Edelgase; sie sind auch von der Konzeption her (Bezug auf feste Stoffe, externe Bestrahlung durch definierte Geometrien, Freisetzung von Radionukliden als Staub und Inhalation, Ingestion nach Auslaugung und Transport über Wasserpfade usw.) nicht für Gase geeignet.

Für radioaktive Edelgase sind dagegen die Szenarien der Empfehlung Radiation Protection 65 [CEC 93] der Europäischen Kommission einschlägig, welche hierfür konzipiert wurden und auf denen die bisher verwendeten Freigrenzen beruhen. Für die Isotope der Edelgase sollten daher die Freigrenzen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV Anwendung finden.

#### 2.5.5 Flüssigkeiten

Die Behandlung von Flüssigkeiten mit den Szenarien in Safety Report 44 [IAE 05] bzw. im Safety Guide RS-G-1.7 [IAE 04] ist unter der Voraussetzung, dass in den Flüssigkeiten keine wesentliche Aufkonzentration (z. B. durch Verdampfen oder Destillieren) nach der Freigabe stattfindet, möglich. Die Gründe hierfür, wie Gleichartigkeit der Szenarien für externe Bestrahlung (Flüssigkeiten in einem Tank oder Gefäß) sowie Inhalation und Ingestion, werden im Bericht detailliert diskutiert. Die Voraussetzung, dass keine wesentliche Aufkonzentration nach der Freigabe stattfinden darf, ist in aller Regel bei organischen Flüssigkeiten wie Altölen und Lösemittel gegeben, die direkt wiederverwendet, durch Mitverbrennung thermisch verwertet oder durch Verbrennung in einer Abfallverbrennungsanlage beseitigt werden können. Bei wässrigen Flüssigkeiten wie verdünnten Säuren oder Laugen könnte eine Aufkonzentration stattfinden, um starke Säuren oder Laugen zu gewinnen oder die Salze rein darzustellen. In diesem Fall könnten die Radionuklide ebenfalls aufkonzentriert werden und es könnte sich somit eine erheblich von der ursprünglichen Situation abweichende Aktivitätskonzentration einstellen. Zur Anwendung der Freigrenzen/Freigabewerte aus Safety Guide RS-G-1.7

auch für wässrige Flüssigkeiten muss daher sichergestellt sein, dass eine wesentliche Aufkonzentration nicht stattfindet, bis die freigegebene Flüssigkeit hinreichend mit anderen Flüssigkeiten vermischt wurde.

### **3. AP 3: KONSEQUENZEN DER ANWENDUNG NEUER FREIGRENZEN IM HINBLICK AUF DIE VOLLZUGSPRAXIS IM STRAHLENSCHUTZ**

#### **3.1 Einführung**

Im Rahmen von AP 3 des Forschungsvorhabens wurden die Konsequenzen der Anwendung neuer Freigrenzen im Hinblick auf die Vollzugspraxis im Strahlenschutz untersucht, wobei ein besonderes Augenmerk auf Funden von radioaktiv kontaminiertem Metallschrott (bzw. in Metallschrott verborgener Aktivität) liegt. Zur Untersuchung dieses Themenkomplexes wird in folgenden Schritten vorgegangen:

Einleitend wird hierzu in Abschnitt 3.2 zunächst die Bedeutung der Freigrenzen in der (aktuellen) StrlSchV dargestellt. Hierzu werden zunächst alle Bezüge auf diese Freigrenzen aufgeführt und sodann diejenigen näher besprochen, die für die hier darzustellenden Aspekte von Belang sind. In Abschnitt 3.3 wird zunächst auf die Ausgestaltung von Genehmigungen nach § 7 StrlSchV bzgl. der darin herangezogenen Freigrenzen eingegangen. Hierbei wird dargestellt, dass nahezu alle Genehmigungen über die Freigrenzen der Gesamtaktivität ausgestaltet sind, während nur sehr wenige Genehmigungen auf die massenbezogenen Freigrenzen Bezug nehmen. Wegen der besonderen Bedeutung von Funden radioaktiver Stoffe nach § 71 StrlSchV geht Abschnitt 3.4 auf die Arten und die Aktivitätsbereiche derartiger Funde ein, wobei anhand von Beispielen realer Detektionen eine Übersicht speziell über den Aktivitätsbereich gegeben wird, der zwischen den Freigrenzen nach Anh. VII Tab. A Teil 1 der neuen EU-Grundnormen und den Freigrenzen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV liegt. Ein ganz eigener und strikt reglementierter Umgang mit Funden radioaktiver Stoffe hat sich im Bereich der metallverarbeitenden Industrie herausgebildet. Die Vorgehensweisen und Erfahrungen hierzu stellt Abschnitt 3.4 dar. Abschnitt 3.5 diskutiert die Frage, durch welche Regelungen in der StrlSchV am ehesten der Schutz von radioaktiver Kontamination im Stahl verhindert werden kann. Abschnitt 3.6 geht auf die Aktivitätsgehalte von Stoffen ein, die erhöhte Aktivitäten von Radionukliden natürlicher oder anthropogener Herkunft aufweisen und die die Freigrenzen nach Anh. VII Tab. A Teil 1 der neuen EU-Grundnormen überschreiten. Abschließend wird in Abschnitt 3.7 eine Empfehlung für die Ausgestaltung von Regelungen in Bezug auf Freigrenzen in einer Novellierung der Strahlenschutzgesetzgebung gegeben.

#### **3.2 Bedeutung der Freigrenzen in der StrlSchV**

Regelungen mit Bezug auf die Freigrenzen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 2 und 3 StrlSchV finden sich in der StrlSchV an diversen Stellen. Die Liste in Tabelle 3.1 stellt eine vollständige Übersicht aller Bezüge dar.

Tabelle 3.1: Liste der Bezüge auf Freigrenzen in AtG (2012) und StrlSchV (2011)

Paragraph	Inhalt	Bezug Werte Anl. III Tab. 1
§ 2 AtG	Begriffsbestimmungen, radioaktiver Stoff	Sp. 2,3
§ 8 i.V.m. Anl. I Teil B Nr. 1, 2 StrlSchV	genehmigungsfreier Umgang	Sp. 2,3
§ 10 StrlSchV	Befreiung von der Pflicht zur Deckungsvorsorge	Sp. 2
§ 17 i.V.m. Anl. I Teil B Nr. 1, 2 StrlSchV	Genehmigungsfreie Beförderung	Sp. 2,3
§ 18 StrlSchV	Genehmigungsvoraussetzungen für die Beförderung	Sp. 2
§ 19 StrlSchV	Genehmigungsbedürftige grenzüberschreitende Verbringung	Sp. 2
§ 21 i.V.m. Anl. I Teil B Nr. 1, 2 StrlSchV	Ausnahmen; andere Vorschriften über die grenzüberschreitende Verbringung	Sp. 2,3
§ 25 i.V.m. Anl. V StrlSchV	Verfahren der Bauartzulassung	Sp. 2,3
§ 29 Abs. 2 StrlSchV	Freigabe, Einzelfallnachweis	Sp. 3
§ 43 StrlSchV	Schutzvorkehrungen	Sp. 2,3
§ 45 StrlSchV	Beschäftigungsverbote und Beschäftigungsbeschränkungen	Sp. 2,3
§ 50 StrlSchV	Begrenzung der Strahlenexposition als Folge von Störfällen bei sonstigen Anlagen und Einrichtungen und bei Stilllegungen	Sp. 2
§ 53 StrlSchV	Schadensbekämpfung, sicherheitstechnische Ereignisse	Sp. 2
§ 65 StrlSchV	Lagerung und Sicherung radioaktiver Stoffe	Sp. 2,3
§ 66 StrlSchV	Wartung, Überprüfung und Dichtheitsprüfung	Sp. 2
§ 68 StrlSchV	Kennzeichnungspflicht	Sp. 2,3
§ 71 StrlSchV	Abhandenkommen, Fund und Erlangung der tatsächlichen Gewalt	Sp. 2,3
§ 79 StrlSchV	Umgehungsverbot	Sp. 2,3
§§ 105-107 StrlSchV	Genehmigungsvoraussetzungen für den Zusatz von radioaktiven Stoffen und die Aktivierung	Sp. 2

Im Folgenden sind nur diejenigen Bezüge auf Freigrenzen aus Tabelle 3.1 relevant, die einen Bezug auf die massenbezogenen Freigrenzen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV aufweisen, da diese Freigrenzen in den Strahlenschutzgrundnormen durch die wesentlich niedrigeren Werte aus RS-G-1.7 [IAE 05], die in Anh. VII Tab. A Teil 1 der EU-Grundnormen [EUR 14] aufgeführt sind, im erstrangigen Bezug ersetzt wurden. Es werden in AP 3 dieses Forschungsvorhabens daher die Auswirkungen untersucht, die sich im deutschen Regelwerk einstellen würden, wenn die Werte Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV unmittelbar und ohne weitere Änderungen ersetzt werden würden durch die Werte in Anh. VII Tab. A Teil 1 der EU-Grundnormen.

Der Bericht zu AP 3 dieses Forschungsvorhabens enthält die vollständige Diskussion der Auswirkungen, die sich durch die genannte Änderung des Bezugs auf die Freigrenzenwerte ergeben würden. An dieser Stelle wird nur auf die wesentlichen Punkte eingegangen.

### 3.2.1 § 2 AtG: Begriff des radioaktiven Stoffs

Die grundlegendste Regelung für den Vollzug der StrlSchV im Hinblick auf die Anwendung von Freigrenzen besteht in der Definition des Begriffs „radioaktiver Stoff“ gem. § 2 AtG. Diese werden in Abs. 1 definiert als „alle Stoffe, die ein Radionuklid oder mehrere Radionuklide enthalten und

deren Aktivität oder spezifische Aktivität im Zusammenhang mit der Kernenergie oder dem Strahlenschutz nach den Regelungen dieses Gesetzes oder einer auf Grund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnung nicht außer Acht gelassen werden kann.“ Dies ist nach Abs. 2 der Fall, wenn die Gesamtaktivität oder massenbezogene<sup>4</sup> Aktivität eines Stoffes „nach einer auf Grund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnung [die StrlSchV] 1. festgelegte Freigrenzen unterschreitet, ...“.

In jedem Fall, in dem in einer Regelung im AtG oder der StrlSchV auf einen „radioaktiven Stoff“ bzw. „sonstigen radioaktiven Stoff“ Bezug genommen wird, gilt dies immer unter der Maßgabe, dass dieser beide Arten von Freigrenzen überschreitet.

Die Veränderung dieser Freigrenzen, etwa die alleinige Anwendung der massenbezogenen Werte aus RS-G-1.7 anstelle der aktuellen Werte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV, hätte zur Folge, dass eine erheblich größere Zahl von Stoffarten als „sonstiger radioaktiver Stoff“ gelten würde.

### **3.2.2 § 8 StrlSchV: Genehmigungsfreier Umgang**

Die Ausnahme vom Erfordernis einer Genehmigung für den Umgang nach § 7 StrlSchV ist in § 8 StrlSchV geregelt. „Eine Genehmigung nach § 7 Abs. 1 ist in den in Anlage I Teil A und B genannten Fällen nicht erforderlich. Bei der Prüfung der Voraussetzungen nach Anlage I Teil B Nr. 1 oder 2 bleiben die Aktivitäten radioaktiver Stoffe der in Anlage I Teil A oder Teil B Nr. 3 bis 7 genannten Art außer Betracht.“ In Anlage I Teil B StrlSchV wird hierzu Folgendes ausgeführt: „Genehmigungsfrei nach § 8 Abs. 1, § 17 Abs. 1 oder § 21 ist 1. der Umgang mit Stoffen, deren Aktivität die Freigrenzen der Anlage III Tabelle 1 Spalte 2 nicht überschreitet, 2. der Umgang mit Stoffen, deren spezifische Aktivität die Freigrenzen der Anlage III Tabelle 1 Spalte 3 nicht überschreitet ...“.

Die Ausnahme vom Erfordernis einer Genehmigung für den Umgang kann also sowohl über die massenbezogenen Werte der Freigrenzen als auch über die Gesamtaktivität erfolgen. Ein evtl. Wegfall einer der beiden Regelungen in Anlage I Teil B Nr. 1 und 2 würde eine erhebliche Veränderung des Geltungsbereichs von § 8 StrlSchV bedeuten, da die Genehmigungsfreiheit nur noch an die Werte der Gesamtaktivität der Freigrenzen gekoppelt wäre.

### **3.2.3 § 17 StrlSchV: Genehmigungsfreie Beförderung**

Die Ausnahme vom Erfordernis einer Genehmigung für die Beförderung ist in § 17 StrlSchV geregelt. Hierin heißt es: „(1) Keiner Genehmigung nach § 4 Absatz 1 des Atomgesetzes oder § 16 Absatz 1 dieser Verordnung bedarf, wer folgende Stoffe befördert: 1. Stoffe der in Anlage I Teil B genannten Art oder Stoffe, die von der Anwendung der Vorschriften für die Beförderung gefährlicher Güter befreit sind, ...“. Es handelt sich hierbei um die bereits in Abschnitt 3.2.2 dargestellten Regelungen.

Die Ausnahme vom Erfordernis einer Genehmigung für die Beförderung kann also sowohl über die massenbezogenen Werte der Freigrenzen als auch über die Gesamtaktivität erfolgen. Ein evtl. Wegfall einer der beiden Regelungen in Anlage I Teil B Nr. 1 und 2 würde eine erhebliche Veränderung des Geltungsbereichs von § 17 StrlSchV bedeuten, da die Freistellung von Versandstücken sowohl über Werte der Gesamtaktivität als auch der massenbezogenen Aktivität erfolgt.

---

<sup>4</sup>) In diesem Bericht wird – außer bei wörtlichen Zitaten – der Begriff „massenbezogene Aktivität“ anstelle des Begriffes „spezifische Aktivität“ verwendet, um eine eindeutige Unterscheidung zu den Begriffen „flächenbezogene Aktivität“ und „Gesamtaktivität“ zu ermöglichen.

### **3.2.4 § 21 StrlSchV: Ausnahmen; andere Vorschriften über die grenzüberschreitende Verbringung**

Die Ausnahme vom Erfordernis einer Genehmigung nach § 3 Abs. 1 AtG (Einfuhr und Ausfuhr), einer Genehmigung nach § 19 StrlSchV (Genehmigungsbedürftige grenzüberschreitende Verbringung) oder einer Anzeige nach § 20 StrlSchV (Anzeigebedürftige grenzüberschreitende Verbringung) ist in § 21 StrlSchV geregelt. Es handelt sich um analoge Verweise auf Anlage I Teil B StrlSchV, wie bereits zuvor dargestellt.

Die Ausnahme vom Erfordernis einer Genehmigung bzw. Anzeige im Rahmen der genannten Regelungen für die grenzüberschreitende Verbringung kann also sowohl über die massenbezogenen Werte der Freigrenzen als auch über die Gesamtaktivität erfolgen. Ein evtl. Wegfall einer der beiden Regelungen in Anlage I Teil B Nr. 1 und 2 würde eine erhebliche Veränderung des Geltungsbereichs von § 21 StrlSchV bedeuten, da eine solche Freistellung bislang sowohl über Werte der Gesamtaktivität als auch der massenbezogenen Aktivität erfolgt.

### **3.2.5 § 25 StrlSchV: Verfahren der Bauartzulassung**

Das Verfahren der Bauartzulassung ist in § 25 StrlSchV geregelt. Darin findet sich in Anl. V Teil A Nr. 4 die Festlegung: „Die Aktivität der in die Vorrichtung eingefügten radioaktiven Stoffe darf das Zehnfache der Freigrenzen der Anlage III Tabelle 1 Spalte 2 nicht überschreiten.“ In dieser Regelung ist die maximale Aktivität von Stoffen, die in einem bauartzugelassenen Gerät vorhanden sein können, über die Werte der Gesamtaktivität der Freigrenzen definiert. Diese Regelung wäre von Veränderungen der massenbezogenen Werte der Freigrenzen somit nicht betroffen.

In diesem Zusammenhang ist aber auch der Verweis in § 25 Abs. 1 StrlSchV auf § 2 Abs. 1 AtG relevant, in welchem explizit auf „sonstige radioaktive Stoffe“ Bezug genommen wird. § 25 StrlSchV kommt somit nur für Geräte und Vorrichtungen zur Anwendung, in die „sonstige radioaktive Stoffe“ eingebaut werden sollen, und hängt damit bzgl. seiner Anwendung direkt von der Definition des Begriffs „radioaktiver Stoff“ und somit von der künftigen Definition der Freigrenzen (sowohl der massenbezogenen Werte als auch der Werte der Gesamtaktivität) ab.

### **3.2.6 § 29 StrlSchV: Rolle als obere Schranke bei Einzelfallbetrachtungen bzgl. der Freigabe**

Bei Einzelfallbetrachtungen zur Freigabe im Sinne von § 29 Abs. 2 Satz 3 StrlSchV wird auf die massenbezogenen Freigrenzen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV explizit Bezug genommen. In § 29 Abs. 2 Satz 3 StrlSchV wird gefordert, dass bei der Durchführung von Einzelfallnachweisen die darin abgeleiteten Freigabewerte die Freigrenzen der Anlage III Tabelle 1 Spalte 3 nicht überschreiten dürfen.

Werden im Rahmen eines Einzelfallnachweises bzw. einer Einzelfallbetrachtung Freigabewerte hergeleitet, die für einen bestimmten Einzelfall (z. B. eine bestimmte Beseitigungsanlage, einen bestimmten Einschmelzbetrieb oder für die Besonderheiten des Standorts einer kerntechnischen Anlage) gelten und die sich von den tabellierten Werten der Anl. III Tab. 1 StrlSchV unterscheiden, so soll diese Regelung bislang dazu dienen, dass keiner der berechneten Freigabewerte für den Einzelfall höher ist als die zum gleichen Nuklid gehörige massenbezogene Freigrenze. Dann ist bei der Freigabe die Aktivität automatisch so begrenzt, dass auch bei vollständiger Ausschöpfung der Freigabewerte das freigegebene Material nicht nur die Freigabewerte, sondern auch die Freigrenzen einhält, so dass keine Genehmigungsbedürftigkeit nach § 7 StrlSchV entstehen kann (unabhängig von den Regelungen des § 2 Abs. 2 AtG) und auch in keinem Fall eine Meldung nach § 71 Abs. 2 StrlSchV notwendig wird.

### **3.2.7 § 43 StrlSchV: Schutzvorkehrungen**

Die Vorkehrungen zum Schutz von Personen, die sich in Bereichen aufhalten oder in diesen Bereichen mit offenen radioaktiven Stoffen umgehen, deren Aktivität sowohl die massenbezogenen Werte als auch die Werte der Gesamtaktivität der Freigrenzen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 2 und 3 StrlSchV überschreitet, sind in § 43 Abs. 3 StrlSchV aufgeführt.

Da für die Anwendung von § 43 StrlSchV die gleichzeitige Überschreitung beider Werte der Freigrenzen notwendig ist, würde eine Veränderung der Werte der massenbezogenen Freigrenzen nur dann eine Auswirkung haben, wenn es Fälle gibt, bei denen gegenwärtig die Werte der Gesamtaktivität nach Anl. III Tab. 1 Sp. 2 StrlSchV über-, die massenbezogenen Werte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV aber unterschritten sind und sich dies durch die zukünftige Absenkung der massenbezogenen Werte der Freigrenzen ändern würde. Auf derartige Fälle wird in Abschnitt 3.6 eingegangen.

### **3.2.8 § 45: Beschäftigungsverbote und Beschäftigungsbeschränkungen**

In § 45 wird in Abs. 1 Bezug genommen auf die Werte der Freigrenzen. Das Verbot des Umgangs mit offenen radioaktiven Stoffen für Personen unter 18 Jahren ist über die gleichzeitige Überschreitung der Freigrenzen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 2 und 3 StrlSchV definiert.

Eine Veränderung der Werte der massenbezogenen Freigrenzen würde sich für den Geltungsbereich von § 45 analog zur bei § 43 StrlSchV beschriebenen Art und Weise auswirken.

### **3.2.9 § 65 StrlSchV: Lagerung und Sicherung radioaktiver Stoffe**

Bei den Festlegungen zur Lagerung radioaktiver Stoffe in § 65 StrlSchV erfolgt in Abs. 1 der Bezug über die gleichzeitige Überschreitung der Freigrenzen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 2 und 3 StrlSchV.

Eine Veränderung der Werte der massenbezogenen Freigrenzen würde sich für den Geltungsbereich von § 65 analog zur bei § 43 StrlSchV beschriebenen Art und Weise auswirken.

### **3.2.10 § 68: Kennzeichnungspflicht**

In § 68 wird in Abs. 6 Bezug auf die Definition des Begriffs „sonstige radioaktive Stoffe“ genommen. Eine Änderung der Werte der massenbezogenen Freigrenzen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV würde sich hier über den Geltungsbereich dieses Begriffes in der Weise auswirken, wie sie oben für § 25 beschrieben wurde.

### **3.2.11 § 71 StrlSchV: Abhandenkommen, Fund, Erlangung der tatsächlichen Gewalt**

§ 71 enthält Bezüge auf die Freigrenzen in Abs. 1 und Abs. 2 in jeweils unterschiedlichem Zusammenhang. Abs. 1 bezieht sich auf das Abhandenkommen von radioaktiven Stoffen mit Aktivitäten oberhalb der massenbezogenen Werte und der Werte der Gesamtaktivität der Freigrenzen wie folgt:

„(1) Der bisherige Inhaber der tatsächlichen Gewalt über radioaktive Stoffe, deren Aktivität die Freigrenzen der Anlage III Tabelle 1 Spalte 2 und 3 überschreitet, hat der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde oder der für die öffentliche Sicherheit oder Ordnung zuständigen Behörde das Abhandenkommen dieser Stoffe unverzüglich mitzuteilen. ...“

Abs. 2 bezieht sich auf Funde und die Erlangung der tatsächlichen Gewalt über radioaktive Stoffe. Die hieraus folgenden Maßnahmen (Mitteilung an die Behörde usw.) sind dabei nur für Stoffe mit Aktivitäten oberhalb der massenbezogenen Werte und der Werte der Gesamtaktivität der Freigrenzen zu treffen:

„(2) Wer

1. radioaktive Stoffe findet oder
2. ohne seinen Willen die tatsächliche Gewalt über radioaktive Stoffe erlangt oder
3. die tatsächliche Gewalt über radioaktive Stoffe erlangt hat, ohne zu wissen, dass diese Stoffe radioaktiv sind,

hat dies der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde oder der für die öffentliche Sicherheit oder Ordnung zuständigen Behörde unverzüglich mitzuteilen, sobald er von der Radioaktivität dieser Stoffe Kenntnis erlangt. Satz 1 gilt nicht, wenn die Aktivität der radioaktiven Stoffe die Werte der Anlage III Tabelle 1 Spalte 2 oder 3 nicht überschreitet. ...“

Wegen der herausragenden Bedeutung dieser Vorschrift im Kontext der Freigrenzen wird auf § 71 näher in einem eigenen Abschnitt (Abschnitt 3.4) eingegangen.

### **3.2.12 § 79: Umgehungsverbot**

In § 79 wird auf die Freigrenzen pauschal und ohne Verweis auf Anl. III Tab. 1 Sp. 2 oder 3 StrlSchV wie folgt Bezug genommen: „Niemand darf sich den Pflichten aus den §§ 72 bis 78 dadurch entziehen, dass er radioaktive Abfälle aus genehmigungsbedürftigen Tätigkeiten nach § 2 Abs. 1 Nr. 1 ohne Genehmigung unter Inanspruchnahme der Regelung des § 8 Abs. 1 durch Verdünnung oder Aufteilung in Freigrenzenmengen beseitigt, beseitigen lässt oder deren Beseitigung ermöglicht. § 29 Abs. 2 Satz 4 bleibt unberührt.“

Der Begriff „Freigrenzenmengen“ ist hierbei nicht scharf definiert und findet sich insbesondere nicht in den Begriffsbestimmungen des § 3 Abs. 2 StrlSchV. Aus dem Begriff „Menge“ ist darauf zu schließen, dass es sich um einen Bezug auf die Gesamtaktivität und daher auf Anl. III Tab. 1 Sp. 2 StrlSchV handelt.

Daneben wird durch den Bezug auf „Verdünnung“, also eine Handlung, die die massenbezogene Aktivität verändert, auch der Bezug zu den massenbezogenen Freigrenzen hergestellt. Das Verbot bezieht sich auf das Mischen von höher- und schwachaktivem Material in der Weise, dass der Wert der massenbezogenen Aktivität die Freigrenzen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV unterschreitet.

Eine Veränderung der massenbezogenen Freigrenzen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV würde sich daher deutlich auch auf § 79 auswirken, da gegenwärtig praktizierte Abfallbehandlungsverfahren ggf. künftig nicht mehr zulässig wären.

### **3.2.13 Zusatz radioaktiver Stoffe**

Die Definition für den Begriff „Zusatz radioaktiver Stoffe“ wird in § 3 Abs. 2 Nr. 38 StrlSchV wie folgt gegeben:

„38. Zusatz radioaktiver Stoffe:

Zweckgerichteter Zusatz von Radionukliden zu Stoffen zur Erzeugung besonderer Eigenschaften, wenn

- a) der Zusatz künstlich erzeugter Radionuklide zu Stoffen dazu führt, dass die spezifische Aktivität im Produkt 500 Mikrobecquerel je Gramm überschreitet, oder
- b) der Zusatz natürlich vorkommender Radionuklide dazu führt, dass deren spezifische Aktivität im Produkt ein Fünftel der Freigrenzen der Anlage III Tabelle 1 Spalte 3 überschreitet.

Es ist unerheblich, ob der Zusatz aufgrund der Radioaktivität oder aufgrund anderer Eigenschaften erfolgt.“

Die Regelungen bzgl. des Schutzes des Verbrauchers beim Zusatz radioaktiver Stoffe zu Produkten sind in Teil 4 der StrlSchV aufgeführt. In Bezug auf die massenbezogene Aktivität ist insbesondere § 107 Abs. 1 StrlSchV relevant:



„(1) Die Genehmigung nach § 106 für den Zusatz radioaktiver Stoffe bei der Herstellung von Konsumgütern ist zu erteilen, wenn

1. die Aktivität der zugesetzten radioaktiven Stoffe nach dem Stand der Technik so gering wie möglich ist und
  - a) wenn in dem Konsumgut die Werte der Anlage III Tabelle 1 Spalte 2 nicht überschritten wird und, falls die spezifische Aktivität der zugesetzten künstlichen radioaktiven Stoffe in dem Konsumgut die Werte der Anlage III Tabelle 1 Spalte 5 oder die spezifische Aktivität der zugesetzten natürlichen radioaktiven Stoffe in dem Konsumgut 0,5 Becquerel je Gramm überschreitet, gewährleistet ist, dass in einem Rücknahmekonzept dargelegt ist, dass das Konsumgut nach Gebrauch kostenlos dem Antragsteller oder einer von ihm benannten Stelle zurückgegeben werden kann oder
  - b) nachgewiesen wird, dass für Einzelpersonen der Bevölkerung nur eine effektive Dosis im Bereich von 10 Mikrosievert im Kalenderjahr auftreten kann, ...“

Wichtig ist hierbei die Tatsache, dass der Bezug auf die Freigrenzen der Gesamtaktivität über Anl. III Tab. 1 Sp. 2 StrlSchV erfolgt, während die massenbezogene Aktivität nicht mit Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV, sondern mit den weit geringeren Werten der Anl. III Tab. 1 Sp. 5 StrlSchV begrenzt wird. Auf diese Besonderheit wird u. a. in Abschnitt 3.5 weiter eingegangen.

### **3.2.14 Sonstige in Tabelle 3.1 aufgeführte Bezüge auf Freigrenzen**

Die in den vorherigen Unterabschnitten nicht aufgeführten Fundstellen aus Tabelle 3.1 bzgl. Freigrenzen in der StrlSchV beziehen sich alle auf Werte der Gesamtaktivität nach Anl. III Tab. 1 Sp. 2 StrlSchV. Hierbei wird auf Vielfache dieser Werte Bezug genommen, z. B. um Anlagen erst ab einer Mindestaktivität, mit der in ihnen umgegangen wird, in den Geltungsbereich einer Regelung aufzunehmen. Da derartige Regelungen durch Veränderungen der massenbezogenen Werte der Freigrenzen nicht tangiert werden, wurden sie nicht in die weitere Diskussion einbezogen.

## **3.3 Ausgestaltung von Genehmigungen nach StrlSchV**

### **3.3.1 Ausgestaltung von Genehmigungen nach § 7 Abs. 1 StrlSchV**

Nach § 7 Abs. 1 StrlSchV bedarf einer Genehmigung, „wer mit sonstigen radioaktiven Stoffen nach § 2 Abs. 1 des Atomgesetzes oder mit Kernbrennstoffen nach § 2 Abs. 3 des Atomgesetzes umgeht“. Ausnahmen sind in § 8 Abs. 1 StrlSchV wie folgt geregelt:

„Eine Genehmigung nach § 7 Abs. 1 ist in den in Anlage I Teil A und B genannten Fällen nicht erforderlich. Bei der Prüfung der Voraussetzungen nach Anlage I Teil B Nr. 1 oder 2 bleiben die Aktivitäten radioaktiver Stoffe der in Anlage I Teil A oder Teil B Nr. 3 bis 7 genannten Art außer Betracht.“

Anl. I Teil A StrlSchV bezieht sich lediglich auf die Anwendung radioaktiver Stoffe am Menschen, wofür eine Freigrenze von 500  $\mu\text{Bq/g}$  ohne Bezug auf ein konkretes Nuklid festgesetzt wird. Diese Regelung wird aus der folgenden Betrachtung ausgenommen, da sie unabhängig von den neuen Freigrenzen der EU-Grundnormen ist.

Anl. I Teil B StrlSchV enthält in den Nummern 1 und 2 sowohl den Bezug auf die Freigrenzen der Gesamtaktivität nach Anl. III Tab. 1 Sp. 2 StrlSchV als auch den Bezug auf die massenbezogenen Freigrenzen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV. In den weiteren Nummern von Anl. I Teil B StrlSchV wird kein weiterer direkter Bezug auf Freigrenzen genommen. Somit enthält die StrlSchV

keine Regelungen, die bei der Ausgestaltung von Genehmigungen eine Festlegung hinsichtlich der einen oder anderen Art von Freigrenzen vorgeben würden.

Eine Durchsicht vieler Genehmigungen nach § 7 StrlSchV, insbesondere für den Umgang mit radioaktiven Stoffen in der Medizin und Forschung, ergibt, dass nahezu alle Genehmigungen über Vielfache der Freigrenzen der Gesamtaktivität nach Anl. III Tab. 1 Sp. 2 StrlSchV begrenzt sind und sich nicht auf die massenbezogenen Freigrenzen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV beziehen.

In der Praxis existieren nur sehr wenige Fälle, in denen die Genehmigung an massenbezogene Freigrenzen und nicht an Freigrenzen der Gesamtaktivität geknüpft ist. In einigen Genehmigungen beispielsweise für Universitätsinstitute wird die Möglichkeit des Umgangs mit Vielfachen der Freigrenzen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 2 und 3 StrlSchV vorgesehen, wovon in der Praxis jedoch praktisch kein Gebrauch gemacht wird.

Der Genehmigungsbescheid für die Schachanlage Asse II zum Umgang mit radioaktiven Stoffen gemäß § 7 Strahlenschutzverordnung vom Juli 2010 [NMU 10] bildet hierbei allerdings eine Ausnahme. Hierin ist die Handhabung von kontaminierten Lösungen, Feststoffen und Gasen in der Schachanlage Asse II unter Tage außerhalb der Einlagerungskammern und damit der Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen mit einer spezifischen Aktivität unterhalb des 100-fachen der Freigrenzen der Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV genehmigt. Hintergrund dieser besonderen Regelung ist die Tatsache, dass aufgrund der Situation der Schachanlage Asse II bei den aufgeführten Stoffen keine Beschränkung ihrer Gesamtmenge erfolgen kann, ohne dass die Gefahr bestünde, dass durch eine solche Beschränkung häufiger eine Überschreitung einer solchen Gesamtaktivität auftreten und der Betrieb der Schachanlage hierdurch gefährdet werden könnte. Kontaminierte Flüssigkeiten und Feststoffe, Salzlösungen und Zutrittslösungen sowie Probenmaterial aus den Strahlenschutzbereichen und betriebliche radioaktive Abfälle der Schachanlage Asse II weisen zwar nur bestimmte Bereiche der massenbezogenen Aktivitäten auf, ihre Gesamtmenge ist aber nicht vorhersehbar, so dass eine Begrenzung der Gesamtaktivität nicht zielführend ist.

### **3.3.2 Gebührenordnungen der zuständigen Behörden der Bundesländer**

Des Weiteren sind auch die Gebührenordnungen der zuständigen Behörden der Bundesländer für die Erteilung von Genehmigungen nach § 7 StrlSchV ausschließlich nach den Vielfachen der Freigrenzen der Gesamtaktivität gem. Anl. III Tab. 1 Sp. 2 StrlSchV gestaltet. Gängige Staffelungen sind z. B. Gebühren

- bei einem Vielfachen der Freigrenze von  $< 10^1$ ,
- bei einem Vielfachen der Freigrenze von  $10^1$  bis  $< 10^3$ ,
- bei einem Vielfachen der Freigrenze von  $10^3$  bis  $< 10^5$ ,
- bei einem Vielfachen der Freigrenze von  $10^5$  bis  $< 10^7$ ,
- bei einem Vielfachen der Freigrenze von  $\geq 10^7$ .

Dies bedeutet, dass die Erteilung von Genehmigungen nach § 7 StrlSchV auf Basis eines Vielfachen der Freigrenzen der massenbezogenen Aktivität im Regelfall nicht vorgesehen ist.

### **3.3.3 Ausnahme von der Genehmigung für Messungen an Proben zur Freigabe**

Eine wichtige Anwendung, in der die Freistellung von der Genehmigungspflicht nach § 7 StrlSchV über die massenbezogenen Freigrenzen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV und nicht über die Freigrenzen der Gesamtaktivität nach Anl. III Tab. 1 Sp. 2 StrlSchV erfolgt, ist die Messung der nicht-radiologischen Eigenschaften von Proben solchen Materials, das für die Freigabe nach § 29 StrlSchV vorgesehen ist. Aktuell bedürfen Labore, die Messungen an Proben aus Kontrollbereichen kerntechnischer Anlagen und aus genehmigtem Umgang im Hinblick auf die Freigabe von Komponenten,

Einrichtungen, Gebäudestrukturen oder Bodenaushub durchführen, keiner Genehmigung nach § 7 StrlSchV. Es handelt sich hierbei vorwiegend um Bestimmungen der nicht-radiologischen Eigenschaften des Materials in chemischen Labors, etwa bzgl. der metallischen Legierung für die Abgabe an Schrottverwerter, bzgl. der stofflichen Eigenschaften für die Ablagerung auf einer Deponie oder bzgl. des Sorptionsverhaltens für die Bestimmung der Eluierbarkeit.

Die massenbezogene Aktivität von Proben dieser Art liegt im Bereich von Freigabewerten oder unterschreitet diese, da das Material selbst ja für die Freigabe vorgesehen ist. Die massenbezogene Aktivität dieser Proben unterschreitet damit auch automatisch die Freigrenzen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV. Wenn sich in einem Labor beispielsweise Proben mit einer massenbezogenen Aktivität von z. B. 4 Bq/g Co-60 (für die Freigabe von Abfällen zur Beseitigung, Unterschreitung der Freigabewerte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 9a StrlSchV) in geringer Menge, insgesamt z. B. 50 kg, ansammeln, so entspricht dies einer Gesamtaktivität von einigen  $2 \cdot 10^5$  Bq Co-60. Dies überschreitet die Freigrenze der Gesamtaktivität nach Anl. III Tab. 1 Sp. 2 StrlSchV von  $10^5$  Bq. Nach gegenwärtiger Regelung wäre keine Genehmigung nach § 7 StrlSchV erforderlich, da die massenbezogenen Freigrenzen unterschritten sind. Bei einer Absenkung auf die Werte nach Anh. VII Tab. A Teil 1 der neuen EU-Grundnormen (0,1 Bq/g) würde die Notwendigkeit dagegen bestehen, da dann die Freigrenzen der massenbezogenen und der Gesamtaktivität überschritten wären. Dies würde eine erhebliche und völlig unnötige Verkomplizierung des Ablaufs von notwendigen Bestimmungen der nicht-radiologischen Eigenschaften von Proben mit geringen Aktivitätskonzentrationen bedeuten.

### **3.3.4 Freistellung von Versandstücken beim Transport nach § 17 StrlSchV**

Die Freistellung von Versandstücken beim Transport nach § 17 StrlSchV richtet sich nach den Festlegungen von Anlage I Teil B StrlSchV, nimmt also sowohl Bezug auf die Freigrenzen der Gesamtaktivität als auch auf die Freigrenzen der massenbezogenen Aktivität nach Anl. III Tab. 1 Sp. 2 und 3 StrlSchV.

Die Voraussetzungen für die Beförderung als freigestelltes Versandstück sind im ADR [ADR 15] in Abschnitt 2.2.7.2.4.1 („Klassifizierung als freigestelltes Versandstück“) festgelegt. Die Begrenzung seines Inhalts erfolgt dabei einerseits über die Gesamtaktivität durch Verweis auf die in Tabelle 2.2.7.2.4.1.2 des ADR aufgeführten Aktivitätswerte (ausgedrückt in Bruchteilen der  $A_1$ - und  $A_2$ -Werte), andererseits durch Begrenzung der Dosisleistung an jedem Punkt der Außenfläche des Versandstückes auf  $5 \mu\text{Sv/h}$ . Daneben kennt das ADR noch freigestellte Stoffe, für die in Tabelle 2.2.7.2.2.1 des ADR Werte der massenbezogenen Aktivität in Bq/g angegeben sind. Diese entsprechen den Werten in Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV, sind im ADR aber ohne Bezug auf die Strahlenschutz-Grundnormen aufgeführt.

Das ADR verfügt also über einen eigenen Satz von Freigrenzen für freigestellte Versandstücke und freigestellte Stoffe, die zwar mit den gegenwärtigen Freigrenzen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 2 und 3 StrlSchV identisch sind, eine Änderung der Werte der Freigrenzen würde sich jedoch nicht unmittelbar auf das ADR und damit auch nicht auf die Freistellung im Transport auswirken.

## **3.4 Abhandenkommen und Funde radioaktiv kontaminierter Stoffe**

### **3.4.1 Beispiele für Funde radioaktiv kontaminierter Stoffe**

§ 71 StrlSchV enthält Regelungen, wie beim Abhandenkommen radioaktiver Stoffe sowie bei Fund und bei Erlangung der tatsächlichen Gewalt über radioaktive Stoffe zu verfahren ist. Diese Regelungen werden dabei an beide Arten von Freigrenzen (Werte der Gesamtaktivität und massenbezogene Werte) gebunden. Ein Fund ist nach gegenwärtiger Fassung der StrlSchV zu melden, wenn sowohl

die Werte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 2 StrlSchV als auch die massenbezogenen Werte nach Sp. 3 überschritten sind.

Es gibt Stoffe, die massenbezogene Freigrenzen überschreiten, so dass nur die Gesamtaktivität ausschlaggebend dafür ist, ob ein Fund im Sinne von § 71 Abs. 2 StrlSchV vorliegt, aber auch solche, die in größeren Mengen, aber mit unterschiedlichen massenbezogenen Aktivitäten vorliegen, so dass die Freigrenzen der Gesamtaktivität meist überschritten sind und nur die Höhe der massenbezogenen Aktivität darüber entscheidet, ob ein Stoff einen Fund im Sinne von § 71 Abs. 2 StrlSchV darstellt. Im Bericht zu AP 3 dieses Forschungsvorhabens werden diese Stoffgruppen im Detail durch Beispiele und die Übersichten von gemeldeten Funden, die sich in Jahresberichten des BfS finden, beschrieben.

Gegenwärtig wird die Aktivität in gemeldeten Funden im Sinne von § 71 Abs. 2 StrlSchV hauptsächlich durch Ra-226, allgemein durch „natürliche Aktivität“ oder durch „Uran“ verursacht. Weit mehr als die Hälfte der Funde ist auf natürliche Aktivität zurückzuführen, die allerdings wiederum etwa zur Hälfte durch Objekte wie Radium-Trinkbecher gebildet wurden. Radium-Quellen liegen nur in einer geringen Zahl der Fälle vor, die Fälle sind praktisch ausschließlich Kontaminationen (Anhaftungen) an Schrotten mit natürlicher Aktivität. Die übrigen künstlichen Radionuklide verteilen sich vorwiegend auf I-131 und Tc-99m sowie Co-60 und Cs-137. Sie liegen als Quellen, Einzelobjekte, Kontamination an Schrotten sowie unspezifischer Kontamination im Hausmüll vor, daneben auch in Einzelfällen aus Aufkonzentrationsprozessen von Aktivität in der Umwelt, etwa Asche aus der Holzfeuerung (Cs-137).

Vergleicht man diesen heutigen Stand mit der Verteilung der Ursachen von Funden aus der Mitte und der zweiten Hälfte der 1990er Jahre, wo ebenfalls bereits an vielen größeren metallverarbeitenden Betrieben Eingangsdetektoren installiert waren, so zeigt sich, dass damals ein deutlich höherer Anteil künstlicher Radionuklide zu verzeichnen war. Grund hierfür waren oftmals Schrotteinfuhren aus Russland oder anderen GUS-Ländern. Dieser Eintragungsweg hat in den letzten 2 Jahrzehnten erheblich abgenommen, da sich die Qualitätskontrollen der Lieferanten erheblich verbessert haben.

Von besonderem Interesse im vorliegenden Zusammenhang sind allerdings nicht die gemeldeten Funde nach § 71 Abs. 2 StrlSchV, sondern die Detektierungen von Aktivität unterhalb der Freigrenzen, da nur mit diesen Daten ermittelt werden kann, welche Auswirkungen die Veränderung massenbezogener Freigrenzen im Hinblick auf die Einstufung einer Aktivitätsdetektion als Fund im Sinne von § 71 Abs. 2 StrlSchV hätte. Allerdings besteht für bloße Detektierungen von Aktivität in Eingangsmonitoren von Schrottplätzen, metallverarbeitenden Betrieben oder Deponien, die keine Funde darstellen, keine Meldepflicht, so dass auch keine umfassenden Statistiken vorliegen. Daher wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens Detektierungen von einigen Schrottplätzen, die von den Betreibern zur Verfügung gestellt wurden, anonymisiert ausgewertet. Es ergab sich, dass in den untersuchten Fällen praktisch ausschließlich natürliche Radioaktivität die Ursache der Detektierungen darstellte. Darüber hinaus zeigte eine größere Zahl von Detektierungen, dass die verursachenden Schrotanteile die aktuellen Freigrenzen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 2 oder 3 StrlSchV unterschreiten, aber bei Zugrundelegung der massenbezogenen Freigrenzen nach RS-G-1.7 anstelle der Werte in Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV beide Sätze von Freigrenzenwerten überschreiten würden. Ein solches Stück wäre also nach gegenwärtiger Regelung kein Fund im Sinne von § 71 StrlSchV, während es nach evtl. künftiger Regelung dagegen als solcher zu behandeln wäre. Es gibt also eine hohe „Dunkelziffer“ von Detektierungen in Eingangsmonitoren, die erst bei einem Wechsel der massenbezogenen Werte der Freigrenzen von den Werten nach Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV auf die Werte nach RS-G-1.7 zu Funden im Sinne von § 71 StrlSchV werden würden.

### 3.4.2 Umgang mit Radioaktivität im Schrott

Wegen der besonderen Bedeutung von Funden radioaktiver Stoffe im Hinblick auf mögliche Verunreinigungen des Produktmetalls sowie der Produktionsanlagen haben die Detektierung und der sichere Umgang mit gefundener Aktivität seit Erkennen des Problems in den 1980er Jahren in der ganzen metallverarbeitenden Industrie einen hohen Stellenwert erlangt. Deutschland als Land mit hoher Bedeutung des Schrotts als Rohstoff und Handelsware in Deutschland hat hierbei mittlerweile einen hohen Grad an Abdeckung der Betriebe mit Eingangsmonitoren erreicht. Mit den zuständigen Behörden sind verschiedene Vorgehensweisen für den Fall, dass ein solcher Eingangsmonitor Aktivitätsalarm gibt, etabliert und erprobt worden. Die Detektionen im Schrott haben hierbei eine besondere Bedeutung, da Schrott in Deutschland bei der Herstellung von Rohstahl eine Quote im Bereich um 45 % aufweist und er außerdem aus vielen Ländern importiert wird.

In der deutschen Schrottwirtschaft und der Stahlherstellung wird eine lückenlose Kette von Überwachungseinrichtungen angewendet, die folgende wesentlichen Stationen umfasst:

- Überwachung beim Schrotteingang (Portalmonitore für LKW und Eisenbahn-Waggons, Greifer bei der Entladung von Schiffen),
- Detektoren an Kränen und Greifern auf Schrotttumschlagplätzen,
- Überwachung beim Schrotteingang in metallverarbeitenden Betrieben,
- Detektoren für den Staubaustrag aus Elektrolichtbogenöfen und Konvertern,
- Überwachung der Schlacke bei Konvertern und Elektrostahlwerken durch Portalmessungen an den Schlackekübelkippwagen oder manuell sowie
- gammaspektrometrische Messungen an aus der Schmelze entnommenen Materialproben.

Der Abdeckungsgrad mit den genannten Detektoren ist stark abhängig von der Größe der Anlagen. In der aktuellen Übersicht in [FAN 15] wird hierzu folgendes Fazit gezogen:

- „Die Mitgliedswerke des Stahlinstitut VDEh verfügen freiwillig über höchste Sicherheitsstandards zur Vermeidung des Eintrags radioaktiv kontaminierter Schrotte.
- Der Schrotthandel garantiert der Stahlindustrie über seine Lieferverträge Schrottlieferungen ‚frei von ionisierender Strahlung oberhalb der natürlichen Eigenstrahlung von Schrott‘.
- Gerade kleine Schrotthändler verfügen nicht über geeignete Messeinrichtungen zur Eingangs- und Ausgangskontrolle der Warenströme. Insbesondere Handmessgeräte sind wegen der fehlenden Automatisierbarkeit der Messung ungeeignet.
- Die Stahlindustrie fordert von der Recyclingindustrie den Einsatz protokollierender automatisierter Überwachungsmethoden.“

Der gegenwärtige Zustand, dass „kleine Schrotthändler ... nicht über geeignete Messeinrichtungen zur Eingangs- und Ausgangskontrolle der Warenströme [verfügen]“, wird allerdings in der Zukunft verschwinden, da immer mehr Schrottabnehmer dazu übergehen, in ihren Lieferbedingungen zu fordern, dass Schrottanlieferungen nur noch über Plätze mit einer geeigneten stationären Messanlage erfolgen dürfen [BRA 15].

Allen primär anzuwendenden Messverfahren, die der ersten Auffindung einer Situation dienen, aus der sich Kontaminationsverdacht ergibt, ist gemeinsam, dass sie Gammaquanten nachzuweisen gestatten, welche entweder energieaufgelöst (spektrometrisch oder zumindest in Energiebereiche unterteilt) oder in ihrem Gesamtfluss (reine Dosisleistungsmessung) detektiert werden. Als Detektormaterialien kommen hierfür vor allem NaI, CsI, organische Szintillatoren sowie auch Germanium in Frage. Messgeräte, die eine Oberflächenkontamination zu messen gestatten und die hierbei auch auf betastrahlende Radionuklide reagieren, kommen erst zum Einsatz, wenn nach einem Kontaminationsverdacht das Material vereinzelt wurde und dessen Oberfläche im Detail untersucht wird. Die

Nichtdetektierbarkeit von alpha- und beta-strahlenden Radionukliden ohne (ausreichenden) Gammaanteil ist hierbei gegeben und kann nicht etwa durch eine Verfeinerung der Messverfahren behoben werden.

In [LAN 15], [HOL 15] und [FAN 15] wird die Vorgehensweise in einem metallverarbeitenden Betrieb nach erfolgter Radioaktivitätsdetektion („Eingangsalarm“) dargestellt. Eine allgemeine Vorgehensweise lässt sich kurzgefasst wie folgt darstellen, wobei zu betonen ist, dass in besonderen Fällen durchaus im Detail abweichende Vorgehensweisen bestehen können:

1. Den Ausgangspunkt bildet ein erster Alarm des Eingangsdetektors.
2. Um Fehl- und Täuschungsalarme auszuschließen, wird der Alarm verifiziert, indem der LKW oder der Waggon ein zweites, in manchen Fällen auch ein drittes Mal durch die Messeinrichtung gefahren wird. Als Verifikation wird in der Regel ein Alarm in 2 von 2 oder in mind. 2 von 3 Fällen gewertet.
3. Anschließend erfolgt in der Regel eine Meldung (Information) an die zuständige Aufsichtsbehörde (z. B. das Ordnungsamt). Je nach Vereinbarung zwischen der Anlage und der zuständigen Aufsichtsbehörde gibt es aber auch Anlagen, die zunächst die nächsten Schritte ohne eine solche Meldung in Eigenverantwortlichkeit durchführen. Eine solche Meldung zur Information der Behörde ist nicht zu verwechseln mit der Meldung eines Fundes nach § 71 StrlSchV, zumal zu diesem Zeitpunkt noch keine genaue Information über Art und Höhe der Kontamination vorliegt.
4. Der LKW oder Waggon wird auf einen separaten Platz gebracht, wo die Entladung und Vereinzelung durchgeführt werden kann.
5. Die Entladung und Vereinzelung des Materials zur Auffindung der Kontaminationsursache erfolgt in aller Regel in Eigenverantwortung des Anlagenbetreibers. Hierbei werden umfangreiche PSA und messtechnische Überwachung eingesetzt. Der Schrott wird einzeln abgelegt und mit Screening-Messungen bewertet. Für den Fall, dass Dosisleistungen oberhalb bestimmter Schwellen ermittelt werden, werden die Arbeiten eingestellt und es wird eine entsprechend weiträumige Absperrung durchgeführt. Es wird dann mit Schritt 9 fortgefahren.
6. Es werden die Teile mit erhöhter Dosisleistung identifiziert. Wenn ein oder mehrere solcher Teile identifiziert werden konnten, wird dieses bzw. werden diese ausgesondert. Die Untersuchung der restlichen Ladung wird abgeschlossen, sie wird dann wieder aufgeladen und nochmals durch den Eingangsmonitor gefahren.
7. Das ausgesonderte Teil bzw. die ausgesonderten Teile werden zusammen mit den gebrauchten Schutzausrüstungen, Folien und sonstigen Gegenständen, die potentiell kontaminiert sein können, der Entsorgung zugeführt.
8. Hierzu werden die vorhandenen Radionuklide und deren Aktivitäten bestimmt. Bei Unterschreitung der Freigrenzen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV (bei geringen Mengen ggf. auch von Sp. 2) könnte zwar ein Einschmelzen erfolgen, dies wird jedoch von den Betreibern der Anlagen kategorisch abgelehnt. Stattdessen erfolgt je nach Aktivitätshöhe eine Abgabe an eine konventionelle Beseitigungsanlage. Bei Überschreitung der Freigrenzen erfolgt eine Meldung über einen Fund nach § 71 StrlSchV an die zuständige Behörde. – Mit diesem Schritt ist der Einsatz im Regelfall abgeschlossen.
9. Im Falle der Feststellung einer Dosisleistung oberhalb eines Schwellenwerts wird die zuständige Behörde hinzugezogen, da dann besondere Anforderungen an den Strahlenschutz zu stellen sind. Mitarbeiter der Behörde oder Firmen, die in ihrem Auftrag tätig werden, rücken dann mit entsprechender Ausrüstung aus. Der weitere Fortgang des Verfahrens liegt dann nicht mehr beim Anlagenbetreiber.

Dem Lieferanten des Schrotts, der die Kontamination enthielt, wird zunächst auf Grundlage der Standardverträge eine Pauschale in Rechnung gestellt, die die Kosten für die Abwicklung der besonderen Maßnahmen abdecken. Ggf. anfallende Entsorgungskosten werden dem Lieferanten später zusätzlich in Rechnung gestellt.

### 3.4.3 Einfluss der Änderungen massenbezogener Freigrenzen

Die Darstellung in Abschnitt 3.4.1 zeigt, dass sich in Bezug auf § 71 StrlSchV (Abhandenkommen, Fund, Erlangung der tatsächlichen Gewalt) erhebliche Änderungen ergeben würden, wenn dort statt wie bisher auf die (gleichzeitige) Überschreitung der Freigrenzen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 2 und 3 StrlSchV künftig beispielsweise nur noch Bezug auf die Freigrenzen gem. Anl. III Tab. 1 Sp. 2 StrlSchV und gem. RS-G-1.7 [IAE 04] genommen werden würde.

- Zunächst wäre im Sinne von § 71 Abs. 1 StrlSchV zu prüfen, ob „bisherige Inhaber der tatsächlichen Gewalt über radioaktive Stoffe, deren Aktivität die Freigrenzen .... [künftig: die aus RS-G-1.7] überschreitet“, überhaupt in jedem Fall Kenntnis von diesem Besitz haben können, da dieser ja bislang nicht genehmigungspflichtig war. Der messtechnische Nachweis der Werte von RS-G-1.7 stellt für viele Radionuklide hohe Anforderungen an die Messverfahren und die Apparatur. Gänzlich ausgeschlossen wäre beispielsweise ein sicherer Nachweis für Ausgangsmessungen an metallverarbeitenden Standorten, mit denen ein sicherer Nachweis bestenfalls des Zehnfachen der massenbezogenen Aktivitäten nach RS-G-1.7 gelingt. Dies ergibt sich aus der Wirkung der Selbstabsorption des Materials, in das die nachzuweisende Aktivität auch tief eingebettet sein kann, und wurde bereits in [THI 97] detailliert dargelegt. Dort wurde von optimistischen (d. h. empfindlichen) Einstellungen der Ein- bzw. Ausgangsmessanlagen ausgegangen und die detektierbare Aktivität rechnerisch mit der Alarmschwelle in Bezug gesetzt. Daten über die eingestellte Alarmschwelle derartiger Messanlagen werden in aller Regel nicht veröffentlicht. In [FAN 13] wird eine deutlich höhere Alarmschwelle der Portalmessanlage von 60 nSv/h (über dem natürlichen Untergrund) unterstellt, so dass eine tief im Schrott verborgene höher kontaminierte Teilmasse je nach Radionuklid kaum detektiert werden kann. „Bisherige Inhaber“ würden daher in den meisten Fällen nichts von der Aktivität auch bei hoher Sorgfalt wissen können.
- Hiervon ausgehend wäre weiter zu prüfen, ob diese Inhaber der tatsächlichen Gewalt über solche Stoffe „der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde oder der für die öffentliche Sicherheit oder Ordnung zuständigen Behörde das Abhandenkommen dieser Stoffe unverzüglich mitteilen“ können, da ihnen ggf. die messtechnischen Möglichkeiten für die Bewertung dieser Stoffe fehlen. Für Eingangsmessungen an metallverarbeitenden Standorten gelten selbstverständlich dieselben Argumente wie im vorherigen Spiegelbild. Der „Inhaber der tatsächlichen Gewalt“ kann daher trotz hoher Sorgfalt nicht in die notwendige Kenntnis gelangen.
- Analog wäre für § 71 Abs. 2 vorzugehen: Derjenige, der „radioaktive Stoffe findet oder ohne seinen Willen die tatsächliche Gewalt über radioaktive Stoffe erlangt oder die tatsächliche Gewalt über radioaktive Stoffe erlangt hat, ohne zu wissen, dass diese Stoffe radioaktiv sind“, hätte bei einer entsprechenden Änderung des Bezugs auf die neuen Freigrenzen erhebliche messtechnische Schwierigkeiten, einen solchen Fund überhaupt zu bemerken und dies zum Anlass zu nehmen, „dies der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde oder der für die öffentliche Sicherheit oder Ordnung zuständigen Behörde unverzüglich mitzuteilen, sobald er von der Radioaktivität dieser Stoffe Kenntnis erlangt“.

Hintergrund ist, dass beispielsweise metallische Stoffe und Produkte, die eine Co-60-Aktivität in Höhe der Freigrenze 0,1 Bq/g aufweisen, nicht durch Dosisleistungsmessungen, wie sie ggf. einem Finder zur Verfügung stehen könnten (Eingangsmonteur), detektierbar sind:

Als Beispiel wird eine Schrottladung mit einer Dichte von  $1,5 \text{ Mg/m}^3$ , einem Volumen von  $20 \text{ m}^3$  und somit einer Masse von  $30 \text{ Mg}$  betrachtet. Diese befindet sich auf einem LKW mit Seitenwänden von  $0,5 \text{ cm}$  Dicke. Die Kontamination werde allein durch Co-60 gebildet und es werde gerade der Freigabewert von  $0,1 \text{ Bq/g}$  voll ausgeschöpft. Am Ort eines Eingangsmonitors ergäbe sich dann eine Dosisleistung von ca.  $9 \text{ nGy/h}$  in  $50 \text{ cm}$  Abstand, was unterhalb der Detektionsschwelle der meisten Eingangsmonitore liegt. Wäre nur ein Teilvolumen von z. B.  $1 \text{ Mg}$  betroffen, welches sich außerdem in der Mitte der Ladung befindet, ist die Detektion unmöglich. Dies wäre nur über eine Vereinzelung und separate Messung der Schrottladung detektierbar, für die aber aufgrund ausbleibenden Eingangsalarms kein Anlass besteht.

Unbefriedigend wäre dagegen eine Interpretation der oben zitierten Regelungen in § 71 StrlSchV, die darauf abzielt, dass aufgrund der niedrigen nachzuweisenden Aktivität eine Person gar keine Möglichkeit hätte, „von der Radioaktivität dieser Stoffe Kenntnis“ zu erlangen, da die betreffenden Aktivitäten messtechnisch nicht auffallen. Eine solche Interpretation liefe darauf hinaus, die Anwendung einer Regelung in einem „Graubereich“ faktisch auszusetzen. Darauf zu vertrauen, dass sich unterhalb bestehender Nachweisgrenzen ohne die Aktivität in den hier relevanten Stoffströmen nicht wirksam detektieren lässt und daher die Erlangung der Kenntnis über die Radioaktivität dieser Stoffe faktisch nicht möglich ist, würde das rechtliche Problem nicht lösen.

### **3.5 Diskussion um die mögliche Verwendung bzw. Verwertung von Schrott oder Produkten mit erhöhtem Aktivitätsgehalt**

In der Fachwelt wird seit etwa 2009 verstärkt über den Umgang mit radioaktiven Schrotten oder Produkten diskutiert, die aus dem Ausland nach Deutschland gelangen. Auslöser hierfür waren Importe von Schrotten, teilweise aus Indien, sowie die folgenden Ereignisse:

- die Durchführung einer Konferenz zum Thema *“Control and Management of Radioactive Material Inadvertently Incorporated into Scrap Metal”*, die im September 2009 in Tarragona, Spanien, durchgeführt wurde,
- das Vorliegen der ersten vollständigen Entwürfe der Strahlenschutz-Grundnormen der IAEA sowie der EU, worin erstmals die gleichzeitige Gültigkeit von Freigrenzen aus RS-G-1.7 [IAE 04] und der bisherigen Freigrenzen aus der RP 65 [CEC 93] ausgestaltet wurde, was insbesondere für Schrott mit Aktivitätswerten zwischen beiden Wertesätzen eine rechtliche Grauzone bedeutet,
- die Entwicklung eines *“Non-binding Code of Conduct concerning the transboundary movement of radioactive material inadvertently incorporated into scrap metal”* durch die IAEA, der gegenwärtig noch nicht abgeschlossen ist.

In diesem Zusammenhang, insbesondere als Reaktion auf Funde radioaktiv kontaminierten Schrotts, der in größeren Mengen importiert wurde, wurden verschiedene Bewertungen und Berechnungen hinsichtlich der Exposition durch metallische Stoffe, insbesondere spezielle Produkte durchgeführt. Die Diskussionen umfasste auch mit Co-60 kontaminierte Edelstahlwaren, die wiederholt in Deutschland gefunden wurden. Im Fachgespräch zwischen dem BMU, Sachverständigen im Bereich Strahlenschutz, der Bundesfinanzdirektion, Strahlenschutzbehörden der Bundesländer und dem BfS [BMU 13] wurden hierzu folgende Aussagen getroffen:

- Die Metallindustrie und Metallimporteure führen derzeit flächendeckend in Schrottbetrieben Messungen der Dosisleistung an Transporten durch. Dies erfolgt im Wesentlichen aufgrund handelsüblicher Lieferbedingungen und der freiwilligen Verpflichtung im Hinblick auf die Lieferung von Schrott „frei von Radioaktivitäten“. Man ist sich in diesen Betrieben bewusst,



dass niederenergetische Gammastrahler und schwächere Quellen höherenergetischer Gammastrahler nicht oder nur unter günstigen Umständen detektiert werden können. Materialien mit einem Radioaktivitätsniveau oberhalb der natürlichen Umgebungsuntergrundstrahlung würden von der Metallrecyclingwirtschaft generell abgelehnt.

- Hinsichtlich der aus den derzeitigen rechtlichen Gegebenheiten resultierenden Problematik des Strahlenschutzvollzugs, insbesondere bzgl. §§ 29, 71, 106 und 108 StrlSchV, wird die Freigrenze von 10 Bq/g kritisiert. Bei Funden mit Aktivitäten unterhalb der Freigrenzen gebe es keine belastbare Rechtsgrundlage. Bei Kontamination unterhalb der Freigrenzen existierten derzeit keine einschlägigen Regelungen im Atom-/Strahlenschutzrecht (vgl. insb. §§ 105 bis 110 StrlSchV, die hier nicht greifen würden).
- Die sichere Detektion von Strahlenquellen aus Co-60 und Cs-137, die tief in Schrottladung liegen, mittels Eingangsmessanlagen an metallverarbeitenden Betrieben und Abfallbehandlungsanlagen ist aufgrund der Selbstabsorption der Ladung bis hinauf in den Bereich einiger 10 MBq nicht möglich.
- Es wird die Entwicklung und Einführung von Leitlinien zur Behandlung von kontaminierten Waren gefordert.

Stellungnahmen des Arbeitskreises Entsorgung des Fachverbands für Strahlenschutz [AKE 09] und anderer Gremien sowie auch die Diskussion in [BMU 13] kommen übereinstimmend zu dem Schluss, dass die Werte der Freigrenzen oder Freigabewerte nicht im Zusammenhang mit Häufigkeit oder Höhe der Funde von Radioaktivität in Schrotten oder Produkten stehen. Allerdings weist die in [BMU 13] enthaltene Diskussion darauf hin, dass es bei Funden mit Aktivitäten unterhalb der Freigrenzen keine belastbare Rechtsgrundlage gebe. Es wird daher in der Diskussion in [BFS 13] gefordert, die Freigrenzen abzusenken, um auch bei Aktivitätswerten z. B. von Co-60 unterhalb 10 Bq/g eine rechtliche Handhabe zur Verfügung zu haben.

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wird diese Einschätzung nicht geteilt. da die Freigrenzen für die Regelung von geplanten Tätigkeiten im Sinne von Teil 2 der StrlSchV gelten, es sich bei Funden radioaktiver Stoffe jedoch im Sinne von Artikel 4 Nr. 35 der Strahlenschutz-Grundnormen der EU um eine bestehende Expositionssituation handelt. Die Freigrenzen, die für die Entscheidung dienen, wann ein geplanter Umgang mit radioaktiven Stoffen genehmigungspflichtig im Sinne von § 7 StrlSchV sein soll, aber auch Freigabewerte, die für die Entlassung radioaktiver Stoffe aus dem Geltungsbereich des AtG dienen, sind nicht per se für die Bewertung einer Ladung Schrott mit einem Gehalt an Aktivität gemacht. Teil 4 der StrlSchV bzgl. Konsumgütern enthält dagegen bereits heute Regelungen, die sich auch für den Umgang mit radioaktiver Kontamination in Schrotten eignen würden.

Wenn somit metallische Materialien, die Aktivität enthalten, entweder ein Konsumgut darstellen oder aber diesem sehr ähnlich sind, so müssen die Regelungen in Teil 4 StrlSchV (§§ 104 bis 110 StrlSchV) auf ihre Anwendbarkeit in diesem Fall oder aber ihre Erweiterbarkeit im Hinblick auf eine Neufassung der Strahlenschutzgesetzgebung geprüft werden, insbesondere die folgenden Paragraphen:

- § 105 Unzulässiger Zusatz von radioaktiven Stoffen und unzulässige Aktivierung: § 105 führt auf, welche Zusätze von radioaktiven Stoffen unzulässig sind. Er enthält darüber hinaus zwei Verweise auf massenbezogene Aktivitäten: 500 µBq/g als maximale Aktivität durch Aktivierung im Produkt bzw. die Begrenzung der Aktivität von Schmuck auf Werte der Anl. III Tab. 1 Sp. 5 StrlSchV (Freigabewerte für die uneingeschränkte Freigabe). Im Hinblick auf metallische Materialien, die Aktivität enthalten, ist § 105 insofern von Bedeutung, als dass hier separate Werte der massenbezogenen Aktivität für andere Zwecke als ihre ursprüngliche Herleitung verwendet werden. Hierauf wird unten detaillierter eingegangen.

- § 106 Genehmigungsbedürftiger Zusatz von radioaktiven Stoffen und genehmigungsbedürftige Aktivierung: § 106 beschreibt die Fälle, in denen der Zusatz radioaktiver Stoffen einer Genehmigung bedarf. Er ist daher für den Umgang mit aufgefundenen metallischen Materialien, die Aktivität enthalten, nicht relevant.
- § 107 Genehmigungsvoraussetzungen für den Zusatz von radioaktiven Stoffen und die Aktivierung: § 107 ist im eigentlichen Sinn für den Umgang mit aufgefundenen metallischen Materialien, die Aktivität enthalten, nicht relevant, da er sich auf genehmigte Fälle bezieht. Allerdings nennt § 107 verschiedene Begrenzungen der Aktivität, die als Orientierung für die zulässige Aktivitätshöhe in metallischen Stoffen dienen können. Eine Genehmigung ist demnach (unter Voraussetzung, dass es sich nicht um einen ungerechtfertigten Zusatz von Aktivität handelt) zu erteilen, wenn in dem Konsumgut die Freigrenze der Gesamtaktivität gem. Anl. III Tab. 1 Sp. 2 StrlSchV nicht überschritten ist oder nachgewiesen ist, dass für Einzelpersonen der Bevölkerung nur eine effektive Dosis im Bereich von 10  $\mu$ Sv im Kalenderjahr auftreten kann. Ferner wird auf die Werte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 5 StrlSchV verwiesen, bei deren Unterschreitung auch kein Rücknahmekonzept notwendig ist.

Hierbei können die Freigabewerte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 5 StrlSchV als adäquate Begrenzung der massenbezogenen Aktivität für Konsumgüter eingestuft werden, bei deren Einhaltung das Material keiner Kontrolle des Verbleibs bedarf. Vor diesem Hintergrund wäre folgende Anwendung der Regelungen in Teil 4 der StrlSchV für metallische Materialien, die Aktivität enthalten, möglich:

- Entsprechend § 107 Abs. 1 Nr. 1 a StrlSchV wird geprüft, ob die bei einem Fund von Aktivität in metallischem Material geborgene Aktivitätsmenge die Freigrenze der Gesamtaktivität gem. Anl. III Tab. 1 Sp. 2 StrlSchV einhält. Ist dies der Fall, ist das Material in jedem Fall freigestellt.
- Ist dies nicht der Fall, wird entsprechend § 107 Abs. 1 Nr. 1 b StrlSchV geprüft, ob das metallische Material die Freigabewerte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 5 StrlSchV einhält, da hierdurch für metallisches Material im Sinne der uneingeschränkten Freigabe nach § 29 Abs. 2 StrlSchV sichergestellt ist, dass durch Verwertung, Verwendung oder Beseitigung für Personen der allgemeinen Bevölkerung das Dosiskriterium 10  $\mu$ Sv im Kalenderjahr für die effektive Individualdosis eingehalten wird.
- In allen anderen Fällen, d. h. bei Überschreiten der Freigrenze der Gesamtaktivität oder der Freigabewerte für die uneingeschränkte Freigabe, ist für den weiteren Umgang mit dem Material eine entsprechende Genehmigung oder Anordnung der zuständigen Behörde notwendig.

Dieser Vorschlag, der praktisch vollständig dem aktuellen Wesen der Regelungen von Teil 2 und Teil 4 der StrlSchV entspricht, vermeidet paradoxe Fälle. Eine zielgerichtete Nutzung ist bei der Verwendung etwa von importiertem Stahl, der einen messbaren Gehalt von Radionukliden aufweist, nicht gegeben. Es würde also eine erhebliche Änderung des Wesens von § 7 StrlSchV darstellen, wenn durch eine bloße Änderung der Freistellungswerte künftig eine solche Nutzung in diesen Regelungsbereich fallen würde.

### **3.6 Stoffe, deren Aktivitätsgehalte Freigrenzen überschreiten**

Im Hinblick auf die Beurteilung zur Eignung der Freigrenzen Anh. VII Tab. A Teil 1 der neuen EU-Grundnormen [EUR 14] für die Verwendung in den verschiedenen Regelungen der StrlSchV, welche auf die Freigrenzen Bezug nehmen (vgl. die Aufstellung in Abschnitt 3.2) spielt die massenbezogene Aktivität von Materialien, die in der Umgebung regelmäßig vorkommen, eine wesentliche Rolle. Dies betrifft insbesondere die Anwendung dieser Freigrenzen als Entscheidungskriterium bei Regelungen zu Verlust, Fund und Erlangung der tatsächlichen Gewalt über Stoffe, die Radionuklide enthalten, im

Sinne von § 71 StrlSchV. Da bei einem evtl. Fund a priori nicht unterschieden werden kann, ob es sich um einen Stoff mit natürlicher oder mit künstlicher Aktivität handelt, wird im Folgenden ein Überblick über solche Stoffe gegeben, die massenbezogene Aktivitäten aufweisen, welche sich im Bereich der Freigrenzen Anh. VII Tab. A Teil 1 von [EUR 14] und darüber bewegen.

Hierbei spielen insbesondere die in Tabelle 3.2 angegebenen Radionuklide eine Rolle, für welche der leichteren Übersicht wegen an dieser Stelle die Freigrenzen nach Anh. VII Tab. A Teil 1 von [EUR 14] (sowie die mit demselben Modell hergeleiteten fehlenden Werte) sowie die Freigrenzen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV noch einmal aufgeführt werden.

Für die Beurteilung der massenbezogenen Aktivität im Falle eines Fundes sind auch die Regelungen nach Anh. VIII der neuen EU-Grundnormen [EUR 14] nicht geeignet, da es bei einem aufgefundenen Stoff nicht erkennbar ist, ob es sich um einen Baustoff handelt.

Tabelle 3.2: Freigrenzen für relevante Radionuklide nach Anh. VII Tab. A Teil 1 von [EUR 14] (sowie die mit demselben Modell hergeleiteten fehlenden Werte) und nach Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV bzw. Anl. VII Tab. B von [EUR 14]

Nuklid	Freigrenze nach Anh. VII Tab. A Teil 1 von [EUR 14] [Bq/g]	Freigrenze aus Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV [Bq/g]
H-3	100	10 <sup>6</sup>
C-14	1	10 <sup>4</sup>
K-40	1	100
Ra-226++	0,01	10
Th-232sec	0,01	10
Am-241	0,1	1

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurden diverse Stoffgruppen hinsichtlich ihres Aktivitätsgehalts mit den folgenden Ergebnissen durchgesehen:

- In nahezu allen Arten von Baustoffen gibt es Stoffe, die die in der 2. Spalte von Tabelle 3.2 angegebenen Werte der massenbezogenen Aktivität von K-40, Ra-226++ und Th-232sec überschreiten.
- Der jährliche Bericht des BfS [BFS 13] enthält Beispiele für Stoffe in der Umgebung. Es werden Beispiele für Sedimente der Nord- und Ostsee, von Schlacken, Filteraschen und Düngemittel, die in Deutschland durch die Metallherzeugung, die Stromerzeugung und für die landwirtschaftliche Nutzung entstehen, Feinkeramik und insbesondere Fliesendeckschichten usw. angeführt. In allen diesen Stoffgruppen finden sich Beispiele für Stoffe, deren massenbezogene Aktivitäten die in der 2. Spalte von Tabelle 3.2 angegebenen Werte von K-40, Ra-226++ und Th-232sec überschreiten.
- Stoffe mit einem signifikanten Gehalt künstlicher Aktivität spielen im Alltag kaum eine Rolle. Zu erwähnen sind hier vor allem Notbeleuchtungen sowie selbstleuchtende Zifferblätter, deren selbstleuchtende Eigenschaften durch den Zerfall von H-3 gespeist werden. Des Weiteren sind zur Gruppe der Stoffe mit einem signifikanten Gehalt künstlicher Aktivität keramische Gegenstände mit uranhaltiger Glasur zu rechnen, die verschiedentlich im Gebrauch sind, so z. B. Vasen, Zierteller usw. in Haushalten sowie Kacheln mit speziellen Glasuren. Weitere Stoffe mit künstlicher Aktivität sind in Ionisationsrauchmeldern enthalten, die sich noch relativ häufig in älteren Gebäuden finden und somit z. B. bei Umbauarbeiten in den Besitz von Personen der allgemeinen Bevölkerung gelangen können. Die massenbezogenen Aktivitäten dieser Stoffe liegen oberhalb der in von Tabelle 3.2 angegebenen Werte.

Aus dieser Darstellung lassen sich für den Fall, dass eine Absenkung von massenbezogenen Freigrenzen auf die Werte nach Anh. VII Tab. A Teil 1 der EU-Grundnormen [EUR 14] auch für Regelungen gem. § 71 StrlSchV (Verlust, Fund, Erlangung der tatsächlichen Gewalt) wirksam werden würden, folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Für die betreffenden massenbezogenen Freigrenzen wären die Werte aus Anh. VII Tab. A Teil 2 der EU-Grundnormen [EUR 14] nicht anwendbar, da sie nur für Material gelten, das ganz bestimmte Voraussetzungen erfüllt. Das Material darf lediglich über Stoffe natürlichen Ursprungs verfügen und darf nicht aus genehmigtem Umgang (nach AtG oder Teil 2 StrlSchV) stammen. Da bei der Bewertung der Frage, ob ein Stoff mit Aktivitätsgehalt diese Voraussetzungen erfüllt, dessen Herkunft nicht geprüft werden kann, muss konservativ davon ausgegangen werden, dass der Stoff seine Kontamination aus einem genehmigten Umgang nach AtG oder Teil 2 StrlSchV erhalten hat<sup>5</sup>.
- Jeder Bürger oder jeder Gewerbetreibende, der über Stoffe mit erhöhtem Aktivitätsgehalt (Armbanduhr mit Leuchtziffern, Notbeleuchtung im Ladengeschäft, Düngemittel, glasierte Wandkacheln, verziertes Porzellan usw.) verfügt, würde in Konflikt mit den Anforderungen des § 71 StrlSchV kommen, da er im Besitz von Stoffen wäre, die die einschlägigen Freigrenzen überschreiten.
- Analog wäre das Wegwerfen oder Veräußern solcher Stoffe ggf. als Verlust im Sinne von § 71 StrlSchV zu melden.
- Durch eine derartige Verschärfung der Regelungen zu Funden usw. wäre ein Gewinn an Sicherheit oder eine Reduktion der Strahlenexposition nicht zu erzielen, da von den genannten Gegenständen des Alltags keine Exposition oberhalb des trivialen Dosisbereichs verursacht wird. Eine derartige Verschärfung würde allerdings eine erhebliche Steigerung des Verwaltungsaufwands bedeuten.
- Der messtechnische Nachweis wäre für viele der genannten Stoffe nicht zu führen. Eine sehr große Anzahl von Bürgern wäre daher im Besitz von Stoffen, deren Besitz, Verlust usw. nach § 71 StrlSchV meldepflichtig wäre, könnte dies aber in keiner Weise selbst nachprüfen. Eine Nachprüfung durch externe Fachfirmen oder Institute würde erhebliche, nicht gerechtfertigte Kosten verursachen.
- Eine Regelung, die darauf abzielen würde, dass aufgrund der niedrigen nachzuweisenden Aktivität eine Person im Sinne von § 71 StrlSchV gar keine Möglichkeit hätte, „von der Radioaktivität dieser Stoffe Kenntnis“ zu erlangen, da die betreffenden Aktivitäten messtechnisch nicht auffallen, wäre als unbefriedigend zu bezeichnen. Sie würde zwar am Status quo nichts verändern, sie liefe allerdings darauf hinaus, die Anwendung einer Regelung in einer „Grauzone“ faktisch auszusetzen.

Diese Darstellung beschränkt sich bewusst auf Stoffe, die im täglichen Leben eine Rolle spielen. Würden in Ergänzung zu dieser Darstellung noch industriell eingesetzte Stoffe betrachtet werden, so würde sich die Anzahl von Konflikten zwischen dem tatsächlichen Aktivitätsgehalt solcher Stoffe und den Freigrenzen nach Anh. VII Tab. A Teil 1 der EU-Grundnormen [EUR 14] noch als wesentlich größer erweisen.

Eine Absenkung der Freigrenzen im hier diskutierten Sinne im Hinblick auf § 71 StrlSchV wäre vor diesem Hintergrund insgesamt als realitätsfremd zu bezeichnen.

---

<sup>5)</sup> Dieser Ansatz ist vollständig analog zur gegenwärtigen Regelung in § 71 StrlSchV. Im Falle des Verdachts bzw. eines tatsächlichen Fundes erfolgt die Prüfung nach den Freigrenzen gem. Anl. III Tab. 1 Sp. 2 oder 3 StrlSchV und nicht nach den Überwachungsgrenzen gem. Anl. XII Teil B StrlSchV.

Diese Schlussfolgerungen sind unmittelbar auf die Definition des Begriffs „radioaktiver Stoff“ übertragbar. Wenngleich individuelle Freigrenzen für die Entlassung eines Stoffes aus der Überwachung gelten können, ist es dennoch notwendig, einen Wertesatz für die generelle Freistellung auch solcher Stoffe zu haben, deren Aktivität später, also zu einem Zeitpunkt, zu dem der Bezug zur Freistellung nicht mehr besteht, bestimmt wird. Dies ist exakt identisch zu den Anforderungen bzgl. der Bewertung eines Fundes im Sinne von § 71 StrlSchV.

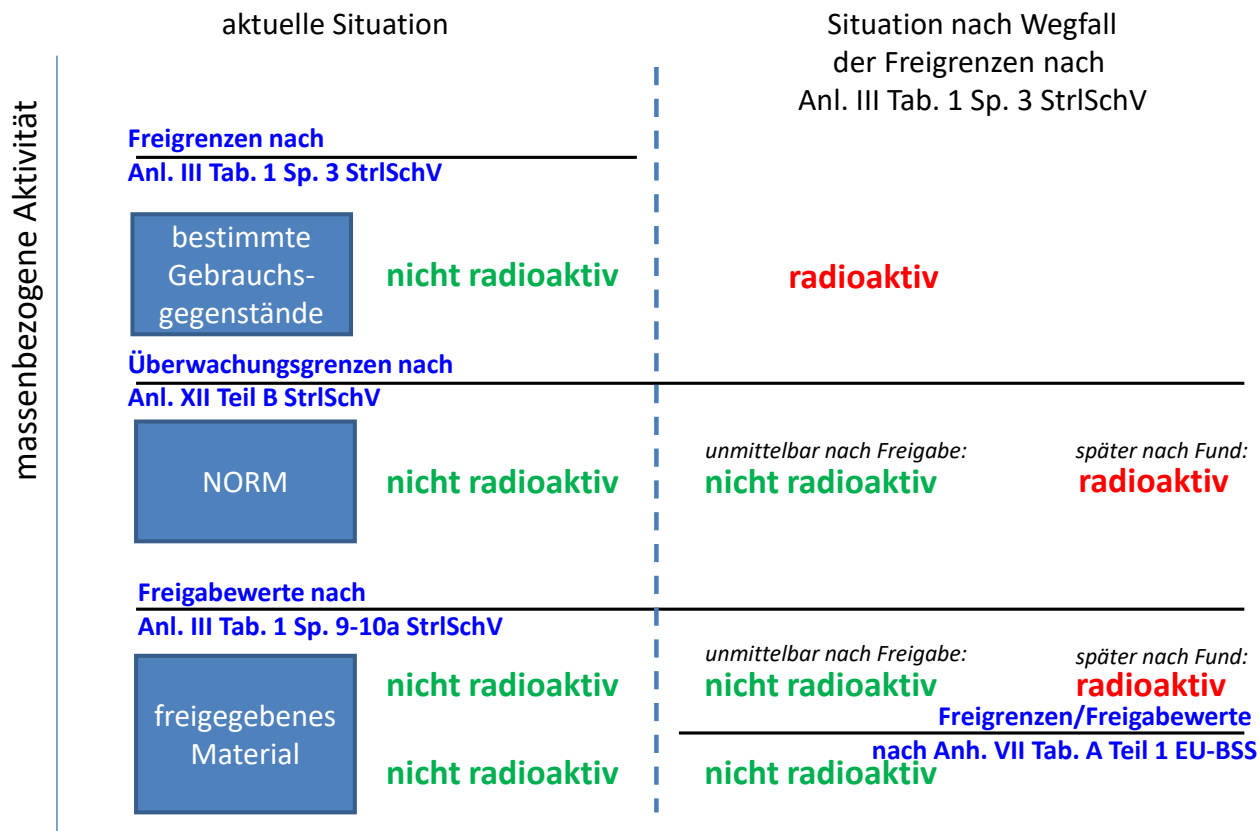
Für die betreffenden massenbezogenen Freigrenzen wären die Werte aus Anh. VII Tab. A Teil 2 der EU-Grundnormen [EUR 14] nicht anwendbar, da sie nur für Material gelten, das ganz bestimmte Voraussetzungen erfüllt. Das Material darf lediglich über Stoffe natürlichen Ursprungs verfügen und darf nicht aus genehmigtem Umgang (nach AtG oder Teil 2 StrlSchV) stammen. Da bei der Bewertung der Frage, ob ein Stoff mit Aktivitätsgehalt diese Voraussetzungen erfüllt, dessen Herkunft nicht geprüft werden kann, muss konservativ davon ausgegangen werden, dass der Stoff seine Kontamination aus einem genehmigten Umgang nach AtG oder Teil 2 StrlSchV erhalten hat<sup>6</sup>.

Bei der aktuellen Regelung gelten die Freigrenzen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV (entspr. Anh. VII Tab. B der EU-Grundnormen [EUR 14]) als „Auffangwerte“, durch die im Falle eines Stoffes, dessen Aktivität festgestellt wurde, über die Zuordnung als radioaktiver Stoff entschieden werden kann, da diese Werte für kleine Materialmengen im Bereich einiger Mg konzipiert sind und somit eine Entscheidung über die Überwachungsbedürftigkeit erlauben. Fallen diese Werte weg, besteht diese „Auffangfunktion“ nicht mehr, und eine Vielzahl von Stoffen müsste als radioaktiv eingestuft werden. Dies ist in Abbildung 3.1 illustriert. Wie dort verdeutlicht, wären die oben genannten Stoffe, sobald ihre Aktivität zu irgendeiner Zeit nach erfolgter Freistellung gemessen wird, als radioaktive Stoffe zu klassifizieren, da sie Freigrenzen überschreiten.

---

<sup>6</sup>) Dieser Ansatz ist vollständig analog zur gegenwärtigen Regelung in § 71 StrlSchV. Im Falle des Verdachts bzw. eines tatsächlichen Fundes erfolgt die Prüfung nach den Freigrenzen gem. Anl. III Tab. 1 Sp. 2 oder 3 StrlSchV und nicht nach den Überwachungsgrenzen gem. Anl. XII Teil B StrlSchV.

Abbildung 3.1: Illustration für die Funktion der bisherigen Freigrenzen als „Auffangwerte“ bei der Entscheidung über die Eingruppierung eines Stoffes als „radioaktiv“



### 3.7 Empfehlung für die Ausgestaltung von Regelungen in Bezug auf Freigrenzen in einer Novellierung der Strahlenschutzgesetzgebung

Abschließend wird im Rahmen von AP 3 dieses Forschungsvorhaben darauf eingegangen, welcher Aufwand durch die Einführung der neuen Freigrenzen nach Anh. VII Tab. A Teil 1 der neuen EU-Grundnormen [EUR 14] in den einzelnen behandelten Themenfeldern jeweils verbunden sein könnte und welche Auswirkungen auf die Vollzugspraxis insgesamt zu erkennen sind.

#### 3.7.1 Technisch-operativer und finanzieller Mehraufwand

Technisch-operativer und finanzieller Mehraufwand wird insbesondere in folgenden Gebieten gesehen:

- Einmaliger Aufwand im Zusammenhang mit der Einführung der neuen Freigrenzen und Freigabewerten: Durch die Einführung der neuen Freigrenzen sind diverse Genehmigungen anzupassen, sowohl im Bereich von § 7 als auch § 29 StrlSchV. Parallel zur notwendigen Änderung der Genehmigungen müssen seitens der Inhaber der bisherigen Genehmigungen erst einmal die Voraussetzungen für die Anwendung dieser Werte als neue Freigabewerte geschaffen werden. Hierzu gehören bei einem Freigabeverfahren die Neuberechnung aller abgeleiteten Freigabewerte, die Erarbeitung spezieller Regelungen für die Anwendung der sehr stark abgesenkten Freigabewerte für H-3 und C-14, die erneute Inbetriebsetzung aller Messgeräte für die geänderten Freigabewerte, Durchführung von Änderungen an der Software für die Auswertung von Messergebnissen usw. Kosten liegen hierfür bei wenigen 100 € bis über

10.000 € je Genehmigung sowie bei größeren kerntechnischen Anlagen bei mindestens sechsstelligen Werten für die Anpassung der Freigabeverfahren.

- Aufwand für die Lagerung radioaktiver Stoffe nach § 65 StrlSchV: Wesentliche Auswirkungen werden beispielsweise auf Lager für Rückstellproben in Freigabeverfahren erwartet, da die dort gelagerten Proben momentan die Freigrenzen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV unterschreiten. Bei deren Wegfall wären die Proben praktisch alle als radioaktive Stoffe anzusehen, so dass das Lager unter § 65 StrlSchV fallen würde. Es ist mit Gebühren für die Genehmigungen und Kosten im Bereich einiger 10.000 € für den Umbau der Lagerräume zu rechnen.
- Aufwand für Buchführung und Mitteilung nach § 70 StrlSchV: Zusätzlicher Aufwand entsteht durch die größeren Mengen einzubeziehender Materialien. Dies wird sich bei Genehmigungsinhabern im Bereich einiger Personenstunden im Monat bewegen.
- Aufwand im Zusammenhang mit Abhandenkommen und Funden nach § 71 StrlSchV: Bei einer Ersetzung des bisherigen Bezugs auf die massenbezogenen Freigrenzen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV durch die neuen Freigrenzen wird die Anzahl der meldepflichtigen Fälle des Abhandenkommens von radioaktiven Stoffen nach § 71 Abs. 1 sowie der Funde solcher Stoffe nach Abs. 2 zunehmen, sofern hierzu die geeigneten Nachweismethoden überhaupt zur Verfügung stehen. Für die zuständigen Behörden würden erhebliche Mehraufwände zur Abwicklung der diversen zusätzlichen Meldungen entstehen. Der genaue Umfang kann gegenwärtig noch nicht beziffert werden.
- Aufwand für die Auswertung von Proben im Rahmen von Freigabeverfahren: Wie bereits in Abschnitt 3.3.3 angesprochen, würden Labore, die nicht-radiologische Größen an Proben zur Freigabe bestimmen und hierfür gegenwärtig keiner Genehmigung nach § 7 StrlSchV bedürfen, künftig eine solche benötigen. Es wäre dann auch die Erfüllung der Anforderungen der StrlSchV in diesen Labors notwendig, was mit zusätzlichen Investitionskosten von einigen 10.000 € je Labor verbunden wäre.
- Aufwand für den künftigen Nachweis der Einhaltung von Freigabewerten für die uneingeschränkte Freigabe gemäß § 29 StrlSchV: Insbesondere durch die Absenkung verschiedener Werte in Anh. VII Tab. A Teil 1 der EU-Grundnormen [EUR 14] gegenüber der aktuell angewendeten Werte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 5 StrlSchV (Cs-137+, H-3, C-14 u. a.) werden sich in der Abwicklung der Freigabe erhebliche Mehraufwände ergeben.
- Mehraufkommen radioaktiver Abfälle: Aus ähnlichen Gründen wird das Aufkommen an radioaktiven Abfällen nicht unerheblich ansteigen, da durch die Absenkung der Freigabewerte der Nachweis der Unterschreitung von Freigabewerten nicht mehr geführt werden kann und nicht für alle Materialien andere Freigabeoptionen zur Verfügung stehen.
- Aufwand für den Umgang mit NORM-Rückständen gemäß Teil 3 der StrlSchV: Auswirkungen der Einführung der neuen Freigrenzen bzw. Freigabewerte nach Anh. VII Tab. A Teil 1 der neuen EU-Grundnormen [EUR 14] auf NORM-Rückstände sind gegenwärtig nicht zu quantifizieren, da noch nicht abzusehen ist, ob die Freigrenzen des Anh. VII Tab. A Teil 2 der neuen EU-Grundnormen [EUR 14] umgesetzt werden.

### **3.7.2 Auswirkungen auf die Vollzugspraxis**

In den folgenden Bereichen ist durch die Einführung der neuen Freigrenzen gem. Anh. VII Tab. A Teil 1 der EU-Grundnormen [EUR 14] mit nicht unerheblichen Auswirkungen auf die Vollzugspraxis zu rechnen:

- Anwendung von zwei getrennten Sätzen von Freigrenzen: Wenn beide Sätze von Freigrenzen (Anh. VII Tab. A Teil 1 bzw. Anh. VII Tab. B der neuen EU-Grundnormen) verrechtlicht werden, ist auf eine eindeutige Zuordnung und Trennung der Werte zu achten.
- Bearbeitung von Meldungen über Abhandenkommen und Funde nach § 71 StrlSchV: Das Ersetzen des erstrangigen Bezugs in § 71 StrlSchV auf die massenbezogenen Freigrenzen nach Anh. VII Tab. A Teil 1 EU-Grundnormen anstelle der gegenwärtige Werte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV würde zu einem Ansteigen der Fallzahlen sowohl des Abhandenkommens nach § 71 Abs. 1 StrlSchV als auch der Funde nach § 71 Abs. 2 StrlSchV führen.
- Kapazität zur parallelen Bearbeitung einer Vielzahl von Genehmigungsänderungen: Durch die Erarbeitung eines neuen Regelwerks zum Strahlenschutz in Deutschland aufgrund der Änderungen der EU-Grundnormen [EUR 14] werden Regelungen zur Freistellung und Freigabe angepasst, die neue Genehmigungen oder die Anpassung bestehender Genehmigungen erforderlich machen. Insgesamt müsste in den zuständigen Behörden hierfür eine Vielzahl von Aufgaben parallel zum Tagesgeschäft bewältigt werden.
- Vermeidung des Verlusts an Rechtssicherheit durch verschiedene Sätze von Freigrenzen: In den folgenden Bereichen sollte das künftige Regelwerk im Strahlenschutz so ausgestaltet werden, dass kein Verlust an Rechtssicherheit auftreten kann:
  - gleichzeitige Anwendung der Freistellungen bei kleinen/mittleren und bei großen Massen;
  - parallele Wertesätze für Radionuklide, die sowohl anthropogen als auch aus natürlicher Herkunft vorliegen können;
  - verschiedene Entsorgungsmöglichkeiten für Rückstände mit natürlicher Aktivität;
  - Abgrenzung zwischen Baustoffen und NORM.

### **3.8 Empfehlungen auf Basis der Ergebnisse aus AP 3 dieses Forschungsvorhabens**

- Die Beibehaltung der Freigrenzen der massenbezogenen Aktivität nach Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV ist auch zukünftig notwendig, um die Regelungen gem. § 71 StrlSchV sinnvoll weiterführen zu können und nicht undefinierte Rechtszustände herbeizuführen.
- Die künftigen Regelungen müssen so beschaffen sein, dass sie einerseits die Freistellung von Stoffen auf der Basis der Freigabe bzw. der Nichtbedürftigkeit der Überwachung im Sinne von § 2 Abs. 2 AtG erlauben, indem die betreffenden Stoffe als „nicht radioaktiv“ eingestuft werden, andererseits dafür Sorge tragen, dass eben dieselben Stoffe später nicht aufgrund von Messungen wieder als „radioaktiv“ eingestuft werden müssen.
- Diese letzte Forderung ist insbesondere im Hinblick auf die Ausgestaltung von Regelungen bzgl. Funden im Sinne von § 71 StrlSchV relevant. Eine zu starke Absenkung der für die Meldung von Funden geltenden Werte der massenbezogenen Aktivität führt zur Meldepflicht für unüberschaubare Mengen an Stoffen, die gegenwärtig als „nicht radioaktiv“ gelten und für die keinerlei Meldepflicht notwendig ist.
- Die Beibehaltung der Freigrenzen nach Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV ist in voller Übereinstimmung zu den EU-Grundnormen [EUR 14], insbesondere zu Anh. VII Nr. 3 Buchst. d: *„Im Falle geringer Materialmengen, die von den Mitgliedstaaten für bestimmte Arten von Tätigkeiten festgelegt werden, können zum Zweck der Freistellung von der Zulassungspflicht die in Tabelle B Spalte 2 festgelegten Aktivitätskonzentrationswerte anstelle der Werte in Tabelle A Teil 1 verwendet werden“*. Wenn dies in den der StrlSchV entsprechenden Regelwerksteilen der anderen EU-Mitgliedsstaaten entsprechend verrechtlicht wird, nicht aber in Deutschland, würde sich eine unausgewogene Situation im Hinblick auf grenzüberschreitenden Handel ergeben.



- Die Regelungen in Teil 4 StrlSchV weisen bereits alle Aspekte auf, die für die Behandlung von Fällen, in denen Stoffe mit erhöhter Kontamination importiert und ggf. weiterverarbeitet werden, relevant sind. Daher sollten die Regelungen im Teil 4 StrlSchV entsprechend ausgeweitet werden, z. B. dergestalt, dass der Begriff „Konsumgüter“ (oder ein analoger Begriff mit entsprechendem Definitionsumfang) auch auf Halbzeuge, Zwischenprodukte und Teile von Produkten angewendet werden kann. In diesem Falle könnte die klare Zuordnung von Regelungen zum genehmigten Umgang im Teil 2 und Regelungen zum Aktivitätsgehalt in jeder Art von Produkten im Teil 4 nicht nur aufrecht erhalten werden, sondern die Abgrenzung könnte wesentlich schärfer gestaltet werden.

#### **4. AP 4: PRÜFUNG DER DEN BISHERIGEN WERTEN FÜR DIE UNEINGESCHRÄNKTE FREIGABE UND DEN FREIGRENZEN (RP 65) ZUGRUNDELIEGENDEN SZENARIEN AUF KONSISTENZ UND VOLLSTÄNDIGKEIT**

##### **4.1 Einführung**

Die Prüfung der den bisherigen Werten für die uneingeschränkte Freigabe und den Freigrenzen (RP 65) zugrundeliegenden Szenarien auf Konsistenz und Vollständigkeit erfolgte in folgenden Schritten:

In Abschnitt 4.2 wird eine Darstellung der zeitlichen Entwicklung der Szenarien für die Freigrenzen gem. RP 65 [CEC 93], die den Werten in Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV entsprechen, und RS-G-1.7 [IAE 04] sowie für die uneingeschränkte Freigabe gem. Anl. III Tab. 1 Sp. 5 StrlSchV gegeben. Durch diesen historischen Abriss soll die Entwicklung einzelner Szenarien und Parameter nachgezeichnet werden.

In Abschnitt 4.3 wird die gegenwärtige Situation bei der Anwendung der Freigrenzen und der uneingeschränkten Freigabe in Deutschland analysiert. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf den Bereichen, wo beide Wertesätze für die Freistellung von Stoffen zur Anwendung kommen. Auf Aspekte des Vollzugs im Hinblick auf Freigrenzen wurde bereits im Bericht zu AP 3 dieses Forschungsvorhabens eingegangen.

Abschnitt 4.4 umfasst eine Prüfung von Expositionsszenarien, die den bisherigen Freigrenzen zugrunde liegen, auf Konsistenz und Vollständigkeit; in Abschnitt 4.5 wird analog auf die Freigabewerte für die uneingeschränkte Freigabe eingegangen.

##### **4.2 Entwicklung der Szenarien für Freigrenzen und Freigabewerte**

###### **4.2.1 Entwicklung der Freigrenzen**

Einleitend stellt der Bericht die Entwicklung der Szenarien für Freigrenzen und Freigabewerte dar. Ausgehend von einer historischen Übersicht werden die Regelungen zu Freigrenzen in der ersten deutschen Strahlenschutzverordnung aus dem Jahre 1976 dargestellt, die in einem Wert 74 Bq/g ( $2 \cdot 10^{-9}$  Ci/g) allgemein für radioaktive Stoffe bzw. 370 Bq/g ( $1 \cdot 10^{-8}$  Ci/g) für feste Stoffe natürlichen Ursprungs bestanden. Eine radiologisch fundierte Ableitung von nuklidspezifischen Freigrenzen erfolgte mit der Empfehlung RP 65 von 1993, die Eingang in die nächste Version der Strahlenschutz-Grundnormen von IAEA und EU (1996) fanden. Über diesen Schritt wurden die Freigrenzen auch in die StrlSchV von 2001 aufgenommen (Anl. III Tab. 1 Sp. 2 und 3 StrlSchV). Im Zeitraum 1998 bis 2002 und völlig unabhängig von den Szenarien in RP 65 wurden die Freigrenzen und Freigabewerte

des Safety Report 44 der IAEA [IAE 05] entwickelt, die 2004 im Safety Guide RS-G-1.7 [IAE 04] veröffentlicht wurden. Von hier wurden diese Werte in die Strahlenschutz-Grundnormen der IAEA von 2014 (IAEA General Safety Requirements Part 3) sowie in die aktuellen Strahlenschutz-Grundnormen der EU [EUR 14] übernommen und stehen nun auch zur Übernahme in die deutsche Strahlenschutzgesetzgebung an.

Die beiden Empfehlungen RP 65 [CEC 93] und Safety Report 44 [IAE 05] verfolgen unterschiedliche Zielsetzungen:

- Die Szenarien in RP 65 beschreiben Expositionsumstände in Betrieben, Laboren, Instituten usw., in denen mit geringen Mengen radioaktiver Stoffe im Zusammenhang mit der Nutzung der radioaktiven Eigenschaften dieser Stoffe umgegangen wird.
- Die Szenarien in Safety Report 44 beschreiben dagegen die Präsenz auch großer Mengen von Stoffen, welche Radionuklide enthalten und durch welche Personen in verschiedenen Alltagssituationen exponiert werden könnten.

#### **4.2.2 Entwicklung der Regelungen für die uneingeschränkte Freigabe**

Für die uneingeschränkte Freigabe wurden in Deutschland erstmals 1995 Freigabewerte vorgelegt, die in der SSK-Gesamtempfehlung zur Freigabe von 1998 [SSK 98] nochmals präzisiert wurden. Sie beruhen auf eigenständigen Szenarien und sind der 2000 veröffentlichten Empfehlung RP 122 Teil I [EUR 00] der Europäischen Kommission weitgehend vergleichbar. Die deutschen Freigabewerte beruhen auf einer kleinen Zahl von Szenarien, die die Expositionspfade externe Bestrahlung, Inhalation und Ingestion umfassen und deren Parameter so gewählt sind, dass sie abdeckend sind für eine große Zahl von Expositionssituationen. Ein Vergleich der Parameterwerte für die drei Empfehlungen zur uneingeschränkte Freigabe:

- Deutschland: SSK-Empfehlung zur Freigabe von 1998,
- EU: RP 122 Teil I und
- IAEA: Safety Report 44 bzw. RS-G-1.7

ergibt, dass die jeweils verwendeten Parameter in ihrer multiplikativen Kombination weitgehend vergleichbar sind. Den Vergleich stellt Tabelle 4.1 vor, wobei für Safety Report 44 nur die „realistischen“ Szenarien in diesem Vergleich einbezogen wurden.

Tabelle 4.1: Vergleich der relevanten Parameter der Szenarien für die Expositionspfade externe Bestrahlung, Inhalation und Ingestion in der SSK-Empfehlung von 1998 [SSK 98], RP 122/I [EUR 00] und SR 44 [IAE 05]

Parameter	Einheit	SSK 1998	RP 122/I	SR 44	Szenario
Expositionszeit	h/a	1.800	1.800	450 / 1.000	ext. Bestr.
Abstand zum Objekt	m	1	1	1	ext. Bestr.
Bestrahlungsgeometrie	-	Objekt, 3 Mg	unendl. Fläche	unendl. Fläche / Objekt, 10 m <sup>3</sup>	ext. Bestr.
Anteil vom Material	-	100 %	10 %	100 % / 10 %	ext. Bestr.
Expositionszeit	h/a	1.800	1.800	450 / 1.000	Inhalation
Atemrate	m <sup>3</sup> /h	1,2	1,2	1,2	Inhalation
Staubkonzentration	mg/m <sup>3</sup>	1	1	0,5	Inhalation
Anteil vom Material	-	100 %	100 %	4 (Aufkonz.)	Inhalation
inkorporierte Menge	g/a	20	20	10	Ingestion
Aufkonzentr.faktor	-	10	1	2	Ingestion
Anteil vom Material	-	100 %	100 %	10 %	Ingestion

Für Safety Report 44 lässt sich zwar eine leichte Tendenz zu weniger restriktiven Werten der Einzelparameter erkennen, es werden aber die Dosisbeiträge aller Teilszenarien addiert, so dass sich für die meisten Radionuklide vergleichbare Dosiswerte ergeben. Dies zeigt, dass eine weitgehende Übereinstimmung zwischen internationalen Experten verschiedener EU- und IAEA-Mitgliedsstaaten sowie auch zwischen den zuständigen Strahlenschutzgremien (SSK, Art.-31-Expertengruppe EURATOM, WASSC der IAEA) hinsichtlich der Ausgestaltung abdeckender Expositionssituationen für die Freigabe besteht.

### 4.3 Entwicklung zur gegenwärtigen rechtlichen Situation bei Freigrenzen und der uneingeschränkten Freigabe in Deutschland

#### 4.3.1 Wechselwirkung zwischen Freigrenzen und Freigabewerten für die uneingeschränkte Freigabe

Die Wechselwirkung zwischen Freigrenzen und Freigabewerten wurde bereits in SSK-Empfehlungen zur Freigabe dargestellt, so z. B. in [SSK 98]. Die massenbezogenen Freigrenzenwerte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV wurden bislang verwendet, um die Werte aller Freigabewerte nach oben zu begrenzen. Hierdurch wurde grundsätzlich sichergestellt, dass einzelne freigegebene Stoffe, Gegenstände usw. die Freigrenzen automatisch einhalten, wobei allerdings zu beachten ist, dass in diesem Falle nur Freigrenzen für geringe Stoffmengen zum Tragen kommen.

- Es wird klar auf die unterschiedlichen Massenbereiche, für die die Freigrenzen (einige Mg) und die Freigabewerte (1.000 Mg und mehr) Gültigkeit haben, hingewiesen. Es wird ebenfalls dargestellt, dass diese Massenbereiche bei der Herleitung der jeweiligen Wertesätze berücksichtigt wurden.
- Die massenbezogenen Freigrenzen gem. Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV werden als geeignete obere Schranke für Freigabewerte gesehen. Wenngleich dieser Ansatz nirgendwo kodifiziert ist, so wurde er in der Vergangenheit häufig verwendet, um automatisch sicherzustellen, dass

die Aktivität eines freigegebenen Gegenstandes oder Materials die Freigrenzen nicht überschreitet und somit in keiner Weise die Möglichkeit besteht, dass dieses Material z. B. im Sinne von § 71 StrlSchV als radioaktiver Stoff zu bewerten wäre.

- Dieser Ansatz wurde auch für solche Radionuklide verfolgt, bei denen sich aus den Szenarien zur Herleitung der Freigabewerte rechnerisch höhere Werte als die zugehörigen Freigrenzen ergeben würden.
- Die massenbezogenen Freigrenzen gem. Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV werden als geeignet angesehen, für kurzlebige Radionuklide, für welche die für die Herleitung von Freigabewerten verwendeten Szenarien nicht einschlägig sind, die Stelle von Freigabewerten einzunehmen.

#### **4.3.2 Anwendung von Freigrenzen und Freigabewerten für die uneingeschränkte Freigabe in verschiedenen Bereichen**

Die Diskussion der Anwendung von Freigrenzen und Freigabewerten für die uneingeschränkte Freigabe in Kernkraftwerken, Forschungsreaktoren, Anlagen des Brennstoffkreislaufs sowie im medizinischen Bereich und in der Forschung zeigt, dass die Werte der Freigrenzen vor allem bei Anwendungen im medizinischen Bereich eine hohe Relevanz haben, da hier weit verbreitet kurzlebige Radionuklide gehandhabt werden und ein Großteil dieser Stoffströme zur Beseitigung durch Verbrennung gelangt. Im medizinischen gelten allgemein Radionuklide mit Halbwertszeit < 100 Tage als kurzlebig und darüber als langlebig.

#### **4.3.3 Schlussfolgerungen**

Die bislang erfolgende getrennte Behandlung von Freigrenzen und Freigabewerten erweist sich als sinnvoll, da hierdurch die Freistellung großer Mengen von Materialien, die anschließend in den normalen Stoffkreislauf zurückgeführt werden, stärker reglementiert wird als die Freistellung vergleichsweise kleiner Mengen, die eine direkte Wiederverwendung allenfalls im gleichen Umfeld (Industrie, Forschung, Medizin) erfahren können und die gegenüber den großen Massen gleicher Materialart, die der Freigabe zugeführt werden, nicht ins Gewicht fallen. Die neuen Freigrenzen aus Safety Report 44 [IAE 05], die in Anh. VII Tab. A Teil 1 EU-Grundnormen [EUR 14] verrechtlicht wurden, sind dagegen aus konzeptionellen Gründen nicht als obere Schranken für Freigabewerte geeignet.

#### **4.4 Prüfung von Expositionsszenarien, die den bisherigen Freigrenzen zugrunde liegen, auf Konsistenz und Vollständigkeit**

##### **4.4.1 Rolle der massenbezogenen Freigrenzen im Strahlenschutz**

Die Prüfung von Expositionsszenarien, die den bisherigen Freigrenzen zugrunde liegen, auf Konsistenz und Vollständigkeit bezieht sich auf die Szenarien in RP 65. Zunächst wird hierzu die Rolle der massenbezogenen Freigrenzen (Anl. III Tab. 1 Sp. 3 StrlSchV) im Strahlenschutz detailliert erläutert. Es zeigt sich, dass Freigrenzen in Deutschland immer im Hinblick auf vergleichsweise geringe Mengen (einige kg bis einige Mg) angewendet werden. Szenarien für ihre radiologische Begründung müssen sich daher an diesem Massenbereich orientieren.

Daran anschließend wird die Systematik für Freistellungsregelungen in der deutschen StrlSchV dargestellt. Hierbei wird auf die folgende wichtige Unterscheidung eingegangen, die auch von der Begründung der StrlSchV [BMU 00] unterstützt wird:

- Die Regelungen, die gegenwärtig in Teil 2 der StrlSchV dargestellt sind, befassen sich mit dem im Sinne der vom BMU vorgegebenen Bedeutung des Begriffs „Umgang“ mit der zielgerichteten Nutzung radioaktiver Stoffe. Freistellungsregelungen, die sich auf den Umgang

im Sinne von Teil 2 StrlSchV beziehen, müssen sich daher an einer solchen Nutzung ausrichten.

- Die Regelungen aus Teil 4 der StrlSchV beziehen sich auf den evtl. Aktivitätsgehalt in allen Arten von Konsumgütern, unabhängig davon, ob diese Aktivität zielgerichtet zur Ausnutzung ihrer Eigenschaften oder unbeabsichtigt vorliegt. Falls Zweifel am umfassenden Charakter dieser Regelungen auch für Stoffe, die erhöhten Aktivitätsgehalt aufwiesen, besteht, wären die Regelungen in Teil 4 der StrlSchV entsprechend zu erweitern.

#### 4.4.2 Szenarien in RP 65 [CEC 93]

Die Überprüfung der einzelnen Szenarien in der Empfehlung RP 65 der Europäischen Kommission [CEC 93], auf deren Basis die massenbezogenen Freigrenzen abgeleitet wurden, wird für alle Szenarien durchgeführt, die für die Herleitung der massenbezogenen Freigrenzen verwendet wurden. Maßstab für die Bewertung ist die Anforderung, dass die Szenarien in RP 65 den alltäglichen Umgang mit radioaktiven Stoffen in einem Labor oder Betrieb beschreiben, in welchem vergleichsweise kleine Mengen gehandhabt werden und dass die allgemeinen Arbeitsschutzmaßnahmen als erfüllt vorausgesetzt werden.

Die Szenarien zur Herleitung der Aktivitätskonzentrationen in RP 65 umfassen drei Gebiete:

- Normale Verwendung am Arbeitsplatz – Arbeitnehmer,
- Zwischenfall bei der Verwendung am Arbeitsplatz – Arbeitnehmer,
- Beseitigung – Bevölkerung.

Sie werden in RP 65 wie folgt beschrieben:

- Normale Verwendung am Arbeitsplatz – Externe Bestrahlung durch kleine Strahlenquelle
- Normale Verwendung am Arbeitsplatz – Externe Bestrahlung durch Objekt von 1 m<sup>3</sup> Volumen
- Normale Verwendung am Arbeitsplatz – Externe Bestrahlung durch eine Gasflasche mit radioaktivem Gas
- Normale Verwendung am Arbeitsplatz – Inhalation von Staub
- Normale Verwendung am Arbeitsplatz – Ingestion über verschmutzte Hände
- Zwischenfälle bei der Verwendung am Arbeitsplatz
- Beseitigung – Externe Bestrahlung durch eine Deponie
- Beseitigung – Inhalation von aus einer Deponie stammendem Staub
- Beseitigung – Ingestion von Material einer Deponie

In allen Szenarien erfolgt die Berücksichtigung des radioaktiven Zerfalls, und bei den Szenarien der Exposition von Personen der allgemeinen Bevölkerung über externe Bestrahlung und Inhalation infolge von Beseitigung wurde des Weiteren eine Auftrittswahrscheinlichkeit des Szenarios von 1 % pro Jahr multiplikativ berücksichtigt.

#### 4.4.3 Ergebnis der Bewertung

Eine detaillierte Durchsicht der Parameter der genannten Szenarien kommt zu dem Ergebnis, dass die Szenarien in RP 65 für den Bewertungszweck geeignet und keiner Revision bedürfen. Sie sind allerdings nicht für große Mengen anwendbar, also beispielsweise nicht für Industriebetriebe o. ä., in denen große Lagerbereiche mit etlichen 100 Mg radioaktiver Stoffe existieren könnten. Dies ist allerdings auch explizit vom Geltungsbereich der Szenarien ausgeschlossen.

## **4.5 Prüfung von Expositionsszenarien, die den Freigabewerten für die uneingeschränkte Freigabe zugrunde liegen, auf Konsistenz und Vollständigkeit**

### **4.5.1 Bewertungsmaßstäbe für die Szenarien in der Empfehlung [SSK 98]**

Im Rahmen von AP 4 des Forschungsvorhabens erfolgte auch eine analoge Prüfung von Expositionsszenarien, die den Freigabewerten für die uneingeschränkte Freigabe zugrunde liegen, auf Konsistenz und Vollständigkeit. Es werden die Expositionsszenarien, die den Freigabewerten für die uneingeschränkte Freigabe gem. Anl. III Tab. 1 Sp. 5 StrlSchV zugrunde liegen (vgl. SSK-Empfehlung von 1998 [SSK 98]), und die zugehörigen Parameterwerte dahingehend untersucht, ob sie die uneingeschränkte Freigabe angemessen beschreiben oder ob sie ggf. einer Anpassung oder Erweiterung bedürften. Der Bewertungsmaßstab orientiert sich an der SSK-Empfehlung „Ermittlung der Strahlenexposition“ von 2013 [SSK 13], wonach für die Szenarien und Expositionspfade realistische Werte auf Basis rechtlich zulässiger Bedingungen in generischer Weise zu definieren sind, für radioökologische Modellparameter einschl. Ernährungsgewohnheiten, Anteil lokal angebaute Nahrungsmittel sowie Aufenthaltszeiten generische Daten zu verwenden sind und Wahrscheinlichkeitsdichte-Funktionen für die Daten und die Ergebnisse berechnet und herangezogen werden können.

### **4.5.2 Szenarien der SSK-Empfehlung [SSK 98]**

Die SSK-Empfehlung [SSK 98] umfasst abdeckende Szenarien für

- die externe Bestrahlung,
- die Inhalation und
- die Ingestion.

Die Szenarien sind sehr einfach gestaltet, indem nur eine Expositionsgeometrie für die externe Bestrahlung sowie die Inhalation kontaminierten Staubs und die Direktiongestion von kontaminiertem Material betrachtet wird. Allerdings sind die Parameter aller Szenarien sehr sorgfältig abgewogen. Sie basieren auf der Diskussion jeweils einer Vielzahl von Expositionssituationen und wählen hieraus die Kombination von Werten, aus denen sich eine hohe Abdeckung bzgl. aller einzubeziehenden Expositionssituationen ergibt. Generell wird in allen Szenarien die Exposition während eines ganzen Arbeitsjahrs mit jeweils abdeckend gewählter Atem- bzw. Ingestionsrate sowie die permanente Exposition durch ein großes Objekt betrachtet.

Die explizite Berechnung der Exposition durch eine die Person allseitig umschließende Form (z. B. Bürocontainer, Strahlkabine) als weiterer Expositionsgeometrie, die häufiger in Diskussionen um die Adäquatheit der abdeckenden Szenarien behandelt wurde, zeigt, dass auch hierdurch nur Dosen im Bereich von weniger als 10  $\mu\text{Sv}$  im Kalenderjahr bei Zugrundelegung der Freigabewerte nach Anl. III Tab. 1 Sp. 5 StrlSchV auftreten könnten.

### **4.5.3 Ergebnis der Bewertung**

Für die Prüfung der Szenarien werden alle Parameterwerte der Szenarien für die externe Gamma-Bestrahlung, Inhalation und Ingestion diskutiert und mit Anforderungen aus ICRP-Empfehlungen sowie anderen Empfehlungen zur Freigabe verglichen, worauf auch bereits in der Diskussion der Parameterwerte in Abschnitt 4.2.2 (Tabelle 4.1) eingegangen wurde.

Auch vor dem Hintergrund der separaten Bewertung von Szenarien für die externe Beta-Bestrahlung und für die externe Bestrahlung in der Geometrie der allseitigen Umschließung, die nicht explizit in den Szenarien der SSK-Empfehlung von 1998 enthalten sind, wird insgesamt gezeigt, dass die Szenarien zur Herleitung der Freigabewerte in Anl. III Tab. 1 Sp. 5 StrlSchV die Anforderungen und Bewertungsgrundsätze gemäß der SSK-Empfehlung von 2013 erfüllen. Sie sind ferner durchweg

gleich strikt oder strikter als die Szenarien, die im Referenzdokument Safety Report 44 der IAEA [IAE 05], auf welchen die Freigrenzen und Freigabewerte von RS-G-1.7 [IAE 04] bzw. in Anh. VII Tab. A Teil 1 EU-Grundnormen [EUR 14] beruhen, enthalten sind. Aufgrund ihrer hohen Abstraktion decken sie auch heute, ca. 20 Jahre nach ihrer ersten Einführung, noch alle Expositionssituationen ab, die mit freigegebenem Material in realistischer Weise (im Sinne von [SSK 13]) denkbar sind. Eine Anpassung der Szenarien wird daher nicht als notwendig angesehen.

#### **4.6 Anhänge**

Dem Bericht zu AP 4 dieses Forschungsvorhabens sind darüber hinaus noch 4 Anhänge beigefügt.

- Anhang A: Begründung der abdeckenden Szenarien für die uneingeschränkte Freigabe der SSK-Empfehlung von 1998
- Anhang B: Graphische Darstellung zur Nutzung der Szenarien für die neuen Freigrenzen und Freigabewerte
- Anhang C: Graphische Darstellung zur Anwendung der EU-Grundnormen von 2013
- Anhang D: Glossar der Fachbegriffe

In diesen Anhängen werden ergänzende Informationen gegeben, die für alle Arbeitspakete des Forschungsvorhabens relevant sind und dem Leser helfen sollen, die radiologische Modellierung in der SSK-Empfehlung von 1998 und in Safety Report 44 sowie die Anwendung der EU-Grundnormen hinsichtlich Freistellung und Freigabe besser zu verstehen und außerdem die Fachbegriffe in ihrer bisherigen Anwendung in der StrlSchV sowie in den neuen EU-Grundnormen vergleichen zu können.

## 5. LITERATURVERZEICHNIS

- [ADR 15] ACCORD EUROPEEN RELATIF AU TRANSPORT INTERNATIONAL DES MARCHANDISES  
DANGEREUSES PAR ROUTE  
  
Anlage zur Bekanntmachung der Neufassung der Anlagen A und B des Europäischen Übereinkommens vom 30. September 1957 über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR)  
(in der ab dem 1. Januar 2015 geltenden Fassung)  
Anlageband zum Bundesgesetzblatt Teil II Nr. 13 vom 8. Mai 2015
- [AKE 09] ARBEITSKREIS ENTSORGUNG DES FACHVERBANDES FÜR STRAHLENSCHUTZ  
  
Anmerkungen zur geplanten Änderung der Strahlenschutzverordnung (Zuarbeit des AKE zu einer Stellungnahme des FS – gebilligt am 27.04.2009)
- [BFS 13] BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ  
  
Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung  
Jahresbericht 2013  
herausgegeben April 2015, Bonn/Salzgitter
- [BMU 00] BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT  
  
Begründung zur StrlSchV in der Fassung von 2001  
Bonn, 2001
- [BMU 13] BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT  
  
Protokoll: Fachgespräch über radioaktiv kontaminierte Waren  
gehalten im BMU, Bonn, am 23.10.2013, Protokoll erstellt von K. Geibel, Ref. RS II 3
- [BRA 15] BRANDL, W.  
  
Auditierung von Schrottplätzen  
voestalpine Stahl Donawitz GmbH  
Vortrag auf dem Seminar „Radioaktivität im Schrott“, Stahlakademie Düsseldorf, 3.-  
4.11.2015
- [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 96] EUROPÄISCHE KOMMISSION  
  
Richtlinie 96/29/Euratom des Rates vom 13. Mai 1996 zur Festlegung der grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz der Gesundheit der Arbeitskräfte und der Bevölkerung gegen die Gefahren durch ionisierende Strahlungen  
ABl. L 159 vom 29. Juni 1996, S. 1



- [EUR 00] EUROPÄISCHE KOMMISSION  
Practical Use of the Concepts of Clearance and Exemption – Part I: Guidance on General Clearance Levels for Practices; Recommendations of the Group of Experts established under the terms of Article 31 of the Euratom Treaty; Radiation Protection No. 122, Luxemburg, 2000
- [EUR 14] EUROPÄISCHE KOMMISSION  
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, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom und 2003/122/Euratom  
Amtsblatt der Europäischen Union, L13, ISSN 1977-0642, 17. Januar 2014
- [FAN 13] FANDRICH, R.  
Bedeutung und Notwendigkeit der Überwachung von Schrott auf Radioaktivität  
Stahlinstitut VDEh, Düsseldorf  
Vortrag auf dem Seminar „Radioaktivität im Schrott“, Krefeld, 30.09.- 1.10.2013
- [FAN 15] FANDRICH, R.  
Bedeutung und Notwendigkeit der Überwachung von Schrott auf Radioaktivität  
Stahlinstitut VDEh / Stahlzentrum  
Vortrag auf dem Seminar „Radioaktivität im Schrott“, Stahllakademie Düsseldorf, 3.-4.11.2015
- [HOL 15] HOLTE, M.  
Verhalten bei Radioaktivität im Schrott – wann ist die Behörde einzuschalten?  
Ministerium für Arbeit, Integration und Soziales des Landes NRW  
Vortrag auf dem Seminar „Radioaktivität im Schrott“, Stahllakademie Düsseldorf, 3.-4.11.2015
- [IAE 96] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY  
Clearance Levels for Radionuclides in Solid Materials: Application of Exemption Principles (Interim Report for Comment)  
IAEA-TECDOC-855, ISSN 1011-4289, Wien, 1996
- [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
- [IAE 14] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY  
Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards  
General Safety Requirements Part 3  
Wien, 2014

- [LAN 15] LANGENHORST, T.  
Vorgehensweise nach Radioaktivitätsdetektion – Entladung und Vereinzelnung, Strahlenschutz des Personals, Arbeitsanweisungen  
ThyssenKrupp Steel Europe AG, Duisburg  
Vortrag auf dem Seminar „Radioaktivität im Schrott“, Stahllakademie Düsseldorf, 3.-4.11.2015
- [NEA 04] OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY  
Proceedings of the Conference “Safe, Efficient, and Cost-Effective Decommissioning - A NEA International Workshop”  
Rome, September 6-10, 2004
- [NMU 10] NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT UND KLIMASCHUTZ  
Genehmigungsbescheid für die Schachtanlage Asse II -Bescheid 1/2010  
Umgang mit radioaktiven Stoffen gemäß § 7 Strahlenschutzverordnung (StrlSchV)  
Hannover, 08.07.2010
- [SSK 98] STRAHLENSCHUTZKOMMISSION  
Freigabe von Materialien, Gebäuden und Bodenflächen mit geringfügiger Radioaktivität aus anzeige- und genehmigungspflichtigem Umgang  
Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet auf der 151. Sitzung im Februar 1998
- [SSK 13] STRAHLENSCHUTZKOMMISSION  
Ermittlung der Strahlenexposition  
Empfehlung der Strahlenschutzkommission, verabschiedet auf der 263. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 12. September 2013
- [THI 97] THIERFELDT, S.; HAKE, W.; DECKERT, A. (BRENK SYSTEMPLANUNG, AACHEN)  
NEUKÄTER, E.; ROJAHN, T. (NIS, HANAU)  
Spezifische Strahlenschutzanalysen in Verbindung mit kontaminierten Schrotten für Zwecke der Aufsicht  
Endbericht zum BMU-Forschungsvorhaben St.Sch. 4091, Brenk Systemplanung, Aachen, 1997
- [UNS 00] UNSCEAR - UN SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION  
UNSCEAR 2000 Report: Sources And Effects Of Ionizing Radiation  
Vol. I, Annex B : Exposures from natural radiation sources  
Vienna, 2000



# | 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](http://www.bfs.de)

E-Mail: [ePost@bfs.de](mailto:ePost@bfs.de)

Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier.



Bundesamt für Strahlenschutz