

Anhang 1: Beispiele für das Erfordernis der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung

Anhang 1.1: Beispiele für Tätigkeiten, bei denen eine regelmäßige Inkorporationsüberwachung erforderlich sein kann

Dieser Anhang enthält Beispiele für den Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen, bei denen eine Inkorporationsüberwachung erforderlich sein könnte. Die Notwendigkeit des Einsatzes der Überwachungsverfahren ist im Einzelfall anhand der Kriterien gemäß Kapitel 2.2 zu prüfen.

Erläuterung zu den Überwachungsverfahren:

In-vivo	Messung der Körper- oder Organaktivität
In-vitro	Messung der Aktivität in den Ausscheidungen
RL	Messung der Aktivitätskonzentration der Raumluft am Arbeitsplatz

1 Medizin

	Anwendung	Verfahren
1.1	Therapie mit Beta-Strahlern (z.B. P-32, Y-90)	In-vitro
1.2	Therapie mit I-131	In-vivo, In-vitro, RL
1.3	Diagnostik	In-vivo, In-vitro, RL

2 Gewerbe, Industrie, Forschung und entsprechende Bereiche

	Anwendung	Verfahren
2.1	Umgang in radiochemischen Laboratorien	In-vivo, In-vitro, RL
2.2	Umgang bei industriellen Prozesstechniken	In-vivo, In-vitro, RL
2.3	Verarbeitung von Plutonium- und Transuranelementen	In-vivo, In-vitro, RL
2.4	Herstellung radioaktiver Produkte (z.B. Rauchmelder)	In-vitro, RL

3 Kerntechnische Anlagen

	Anwendung	Verfahren
3.1	Normalbetrieb von kerntechnischen Anlagen (Kernkraftwerke, Forschungsreaktoren)	In-vivo, RL
3.2	Normalbetrieb von Anlagen zur Brennelementeherstellung und zur Wiederaufbereitung	In-vivo, In-vitro, RL
3.3	Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten, Revision	In-vivo, In-vitro, RL
3.4	Rückbau kerntechnischer Anlagen	In-vivo, In-vitro, RL

4 Beschleuniger

	Anwendung	Verfahren
4.1	Radionuklidproduktion über den Betrieb von Beschleunigern	In-vivo, In-vitro, RL
4.2	Betrieb von Neutronengeneratoren	In-vitro, RL
4.3	Wissenschaftlich genutzte Beschleuniger mit einer Endenergie der Elektronen von mehr als 8 MeV oder der Ionen von mehr als 3 MeV pro Nukleon (z.B. Tandembeschleuniger, Zyklotron, Synchrotron)	In-vivo, In-vitro, RL

Anhang 1.2: Beispiele für die Berechnung des Erfordernisses

Beispiel 1

In einem radiochemischen Labor werden wöchentlich insgesamt 5 MBq S-35-Lösung verarbeitet. Der *Umgang* ist ganzjährig geplant und betrifft ausschließlich eine Mitarbeiterin (über 18 Jahre alt). Während des Urlaubs der Mitarbeiterin (6 Wochen) erfolgt kein Umgang. Weitere radioaktive Stoffe werden nicht verwendet.

1. Abschätzung der potenziell inkorporierbaren Aktivität

Der **Mittelwert der gehandhabten Aktivität** ist nach Gleichung (2.3):

$$\begin{aligned}\bar{A} &= \frac{5 \cdot 10^6}{5} \text{ Bq d}^{-1} \\ &= 1 \cdot 10^6 \text{ Bq d}^{-1}\end{aligned}$$

Bei einem geplanten Umgang an 230 Tagen im Jahr (46 Arbeitswochen) ergibt sich die im **Kalenderjahr am Arbeitsplatz maximal inkorporierbare Aktivität** nach Gleichung (2.2) zu:

$$\begin{aligned}A_1 &= 10^{-4} \cdot 1 \cdot 10^6 \text{ Bq d}^{-1} \cdot 230 \text{ d} \\ &= 23 \text{ kBq S-35}\end{aligned}$$

2. Feststellung des Erfordernisses der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung

Für die **effektive Dosis** gilt nach Gleichung (2.1):

$$\begin{aligned}A_1 \cdot e_1 &= 23 \cdot 10^3 \text{ Bq} \cdot 1,1 \cdot 10^{-9} \text{ Sv Bq}^{-1} \\ &= 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ Sv}\end{aligned}$$

mit $e_1 = 1,1 \cdot 10^{-9} \text{ Sv Bq}^{-1}$ für S-35 (Absorptionsklasse M) nach Anhang 7.3.

Die potenzielle Dosis ist damit $< 1 \text{ mSv}$; es ist **keine regelmäßige Überwachung** erforderlich.

Beispiel 2

In einer nuklearmedizinischen Einrichtung werden Szintigrafien durchgeführt, bei denen Tc-99m -markierte Verbindungen eingesetzt werden. Das Tc-99m wird in einem Mo-99/Tc-99m -Generator erzeugt. Neben diesen Untersuchungsverfahren werden Schilddrüsenkarzinome mit I-131 therapiert.

Im Bereich sind zwei radiologisch-technische Assistentinnen (RTA) beschäftigt.

Die Vorbereitung der jeweiligen Ausgangsaktivität (Mo-99/Tc-99m-Generator) wird zu gleichen Teilen von beiden RTA vorgenommen. Beide RTA bereiten auch die Spritzen und die jeweilige Applikation vor.

Die Lieferaktivität I-131 wird bis auf Urlaubszeiten von einer RTA entgegengenommen; diese misst auch die Kapseln unter dem Abzug aus (Aktivimeter). Die Ausgabe der I-131-Gelatinekapseln an die Patienten nehmen beide RTA gleichermaßen vor.

Radio-nuklid	Index i	Arbeitsprozess	Index k	Inkorporations-faktor a_k
Tc-99m	1	Tc-99m -Eluierung	1	10^{-4}
I-131	2	I-131-Lieferung (Auspacken und ver-messen)	1	10^{-6}
		I-131-Ausgabe	2	$2 \cdot 10^{-6}$

Die für die I-131-Anwendung angegebenen *Inkorporationsfaktoren* wurden in diesem Beispiel anhand von Inkorporationsmessungen als „zuverlässig und repräsentativ“ (siehe Kapitel 2.2.1) ermittelt.

Erste Radionuklidanwendung (Radionuklid 1):

Mo-99/Tc-99m-Generator (Arbeitsprozess 1)

- Nennaktivität 9 GBq Mo-99
- Tägliches Eluieren mit physiologischer Kochsalzlösung:

Tag	Aktivitätsinventar in GBq
Montag	9
Dienstag	7
Mittwoch	6
Donnerstag	5
Freitag	3

1. Abschätzung der potenziell inkorporierbaren Aktivität

Erste Radionuklidanwendung (Radionuklid 1):

Mo-99/Tc-99m -Generator (Arbeitsprozess 1)

Der **Mittelwert der gehandhabten Aktivität** ist nach Gleichung (2.3):

$$\begin{aligned}\bar{A}_{1,1} &= \frac{(9 + 7 + 6 + 5 + 3) \text{ GBq}}{5 \text{ d}} \\ &= 6 \text{ GBq d}^{-1} \text{ Tc-99m}\end{aligned}$$

Bei einem geplanten Umgang an 130 Tagen im Jahr (26 Wochen á 5 Arbeitstage) ergibt sich nach Gleichung (2.2) die im **Kalenderjahr am Arbeitsplatz maximal inkorporierbare Aktivität** für die Tc-99m-Anwendung zu:

$$\begin{aligned}A_1 &= 10^{-4} \cdot 6 \cdot 10^9 \text{ Bq d}^{-1} \cdot 130 \text{ d} \\ &= 78 \text{ MBq Tc-99m}\end{aligned}$$

Das gilt für jede RTA.

Die Weiterverarbeitung einschließlich der Vorbereitung der Spritzen und der Applikation selbst muss nicht als gesonderter Arbeitsprozess betrachtet werden, da derselbe *Inkorporationsfaktor* zu verwenden ist.

Zweite Radionuklidanwendung (Radionuklid 2):

I-131-Umgang

Hier handelt es sich um zwei getrennt zu behandelnde Arbeitsprozesse, da unterschiedliche Inkorporationsfaktoren zu verwenden sind !

Arbeitsprozess 1: Handhabung der Lieferaktivität (unter Abzug, $a_1=10^{-6}$)

Arbeitsprozess 2: Ausgabe der I-131-Kapseln an die Patienten
(ohne Abzug, $a_2=2 \cdot 10^{-6}$)

Arbeitsprozess 1: Handhabung der Lieferaktivität

- Lieferung einmal wöchentlich: **7,5 GBq** (15 Kapseln je 500 MBq)
- Auspacken und Aktivitätsmessungen der einzelnen Kapseln unter dem Abzug
- Erste RTA: 48-mal im Jahr; zweite RTA: 4-mal im Jahr

Der **Mittelwert der gehandhabten Aktivität** ist nach Gleichung (2.3) gleich der Lieferaktivität:

$$\bar{A}_{2,1} = 7,5 \text{ GBq d}^{-1} \text{ I-131}$$

Arbeitsprozess 2: Ausgabe der I-131-Kapseln an die Patienten

Der **Mittelwert der gehandhabten Aktivität** ist nach Gleichung (2.3) bei 500 MBq pro Patient bei 3 Patienten pro Tag:

$$\bar{A}_{2,2} = 1,5 \text{ GBq d}^{-1} \text{ I-131}$$

Nach Gleichung (2.2) ergibt sich für die **im Kalenderjahr am Arbeitsplatz maximal inkorporierbare Aktivität** für die I-131-Anwendung:

Für RTA 1:

Mit 48 Tagen für den Arbeitsprozess 1 mit $a_1 = 10^{-6}$ und 130 Tagen für den Arbeitsprozess 2 mit $a_2 = 2 \cdot 10^{-6}$:

$$\begin{aligned} A_2 &= 10^{-6} \cdot \bar{A}_{2,1} \text{ Bq d}^{-1} \cdot 48 \text{ d} + 2 \cdot 10^{-6} \cdot \bar{A}_{2,2} \text{ Bq d}^{-1} \cdot 130 \text{ d} \\ &= 10^{-6} \cdot 7,5 \cdot 10^9 \text{ Bq d}^{-1} \cdot 48 \text{ d} + 2 \cdot 10^{-6} \cdot 1,5 \cdot 10^9 \text{ Bq d}^{-1} \cdot 130 \text{ d} \\ &= 3,6 \cdot 10^5 \text{ Bq} + 3,9 \cdot 10^5 \text{ Bq} \\ &= 7,5 \cdot 10^5 \text{ Bq I-131} \end{aligned}$$

Für RTA 2:

Mit 4 Tagen für den Arbeitsprozess 1 mit $a_1 = 10^{-6}$ und 130 Tagen für den Arbeitsprozess 2 mit $a_2 = 2 \cdot 10^{-6}$:

$$\begin{aligned} A_2 &= 10^{-6} \cdot \bar{A}_{2,1} \text{ Bq d}^{-1} \cdot 4 \text{ d} + 2 \cdot 10^{-6} \cdot \bar{A}_{2,2} \text{ Bq d}^{-1} \cdot 130 \text{ d} \\ &= 10^{-6} \cdot 7,5 \cdot 10^9 \text{ Bq d}^{-1} \cdot 4 \text{ d} + 2 \cdot 10^{-6} \cdot 1,5 \cdot 10^9 \text{ Bq d}^{-1} \cdot 130 \text{ d} \\ &= 3,0 \cdot 10^4 \text{ Bq} + 3,9 \cdot 10^5 \text{ Bq} \\ &= 4,2 \cdot 10^5 \text{ Bq I-131} \end{aligned}$$

2. Feststellung des Erfordernisses der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung

Eine regelmäßige Überwachung ist nach Gleichung (2.1) erforderlich für

$$\sum_i A_i \cdot e_i \geq 0,001 \text{ Sv}$$

Für RTA 1 gilt:

$$\begin{aligned} A_1 \cdot e_1 + A_2 \cdot e_2 &= 78 \cdot 10^6 \text{ Bq} \cdot 2,9 \cdot 10^{-11} \text{ Sv Bq}^{-1} + 7,5 \cdot 10^5 \text{ Bq} \cdot 1,1 \cdot 10^{-8} \text{ Sv Bq}^{-1} \\ &= 0,011 \text{ Sv} \end{aligned}$$

mit $e_1 = 2,9 \cdot 10^{-11} \text{ Sv Bq}^{-1}$ für Tc-99m (Absorptionsklasse M) nach Anhang 7.3
 $e_2 = 1,1 \cdot 10^{-8} \text{ Sv Bq}^{-1}$ für I-131 (Absorptionsklasse F) nach Anhang 7.3.

Die potenzielle Dosis ist $> 1 \text{ mSv}$; damit ist eine **regelmäßige Überwachung** erforderlich.

Für RTA 2 gilt:

$$\begin{aligned} A_1 \cdot e_1 + A_2 \cdot e_2 &= 78 \cdot 10^6 \text{ Bq} \cdot 2,9 \cdot 10^{-11} \text{ Sv Bq}^{-1} + 4,2 \cdot 10^5 \text{ Bq} \cdot 1,1 \cdot 10^{-8} \text{ Sv Bq}^{-1} \\ &= 0,007 \text{ Sv} \end{aligned}$$

Die potenzielle Dosis ist $> 1 \text{ mSv}$; es ist ebenfalls eine **regelmäßige Überwachung** durchzuführen.

Beispiel 3

In einem Arbeitsbereich, in dem mit I-123 umgegangen wird, liegen repräsentative Werte der Aktivitätskonzentration für die Atemluft des Beschäftigten vor. Die für den Arbeitsplatz repräsentative über das Jahr gemittelte I-123-Aktivitätskonzentration beträgt 800 Bq m^{-3} . Der Beschäftigte arbeitet 46 Wochen im Jahr 8 Stunden täglich in derselben Arbeitsatmosphäre. Für die Atemrate liegen keine speziellen Messungen vor. Es soll davon ausgehend die Notwendigkeit einer regelmäßigen Überwachung eingeschätzt werden.

1. Abschätzung der potenziell inkorporierbaren Aktivität

Die **im Kalenderjahr maximal inkorporierbare Aktivität** ergibt sich aus Gleichung (2.4) zu:

$$\begin{aligned} A_1 &= 800 \text{ Bq m}^{-3} \cdot 1,2 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \cdot 1840 \text{ h} \\ &= 1,8 \text{ MBq I-123} \end{aligned}$$

2. Feststellung des Erfordernisses der regelmäßigen Inkorporationsüberwachung

Für die **effektive Dosis** gilt nach Gleichung (2.1):

$$\begin{aligned} A_1 \cdot e_1 &= 1,8 \cdot 10^6 \text{ Bq} \cdot 1,1 \cdot 10^{-10} \text{ Sv Bq}^{-1} \\ &= 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ Sv} \end{aligned}$$

mit $e_1 = 1,1 \cdot 10^{-10} \text{ Sv Bq}^{-1}$ für I-123 (Absorptionsklasse F) nach Anhang 7.3.

Die potenzielle Dosis ist $< 1 \text{ mSv}$; es ist daher **keine regelmäßige Überwachung** erforderlich.

Anhang 2: Inkorporationsüberwachung aus besonderem Anlass und Schwellenwertmessungen

Kann durch die regelmäßige Inkorporationsüberwachung das Überwachungsziel nicht oder nur mit großer Unsicherheit erreicht werden, ist es zweckmäßig, die Standardvorgaben durch geeignetere, an die jeweilige Situation angepasste Vorgaben zu ersetzen. Das betrifft insbesondere die Veränderung des *Überwachungsintervalls*, Ein- und Ausgangsmessungen oder die Messung und Interpretation nach einer einmaligen, zeitlich zuordenbaren Zufuhr.

Der Zweck der betrieblichen Schwellenwertmessungen ist es, den Nachweis zu führen, dass eine regelmäßige Inkorporationsüberwachung zur Ermittlung der Körperdosis nicht erforderlich ist. Die betriebliche *Schwellenwertmessung* ist insbesondere zur Kontrolle größerer Personengruppen mit kurzen Messzeiten vorgesehen (*Indikatormessung*).

2.1 Beispiele für Inkorporationsüberwachung aus besonderem Anlass

1. Vorabklärung der Exposition bei besonderen Anlässen,
2. Einhaltung spezieller Grenzwerte (z.B. Gebärmutterdosisgrenzwert),
3. Ausführung einer Tätigkeit von begrenzter Dauer (z.B. Tätigkeiten mit einer Zeitdauer kleiner als das vorgegebene *Überwachungsintervall*, Hilfeleistungen, Rettungsmaßnahmen nach Unfällen, sicherheitstechnisch relevante Ereignisse),
4. Überwachung von nicht beruflich strahlenexponierten Personen nach Aufenthalt in Strahlenschutzbereichen,
5. Abklärung des Überwachungsbedarfs (z.B. bei der Erstbeurteilung des *Erfordernisses* oder bei der Neufestlegung des *Erfordernisses* nach wesentlichen Änderungen der Umgebungsbedingungen),
6. *Inkorporationsmessungen* bei Aufnahme und bei Beendigung einer Tätigkeit als beruflich strahlenexponierte Person,
7. Überwachung bei Stilllegung und Rückbau kerntechnischer Anlagen.

2.2 Beispiele für Schwellenwertmessungen

1. Überwachung von Personal beim Einsatz nach § 15 StrlSchV, für das die Bedingungen nach Absatz 1 aus Kapitel 2.1 zutreffen,
2. nuklearmedizinische Anwendung von Radionukliden mit kurzer Halbwertszeit (z.B. bei PET-Radionukliden, Tc-99m).

Anhang 3: Daten zur Durchführung der Überwachung

Anhang 3.1: Radionuklide, Überwachungsverfahren und -intervalle, Dosiskoeffizienten und weitere Größen

Radionuklid	Absorptions- klasse bzw. chem. Form	Überwa- chungs- verfahren	Über- wachungs- intervall ^{b)} (d)	e(50) Inhalation (Sv/Bq)	h _T (50) Inhalation (Sv/Bq)	Richtwert JAZ Inhalation (Bq)	Limitiert durch Dosis- grenzwert	Dosimetrische Nachweis- grenze	Praktische Nachweis- grenze	Einheit des Messwertes
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
H-3	HTO	U	30	1,8E-11		1,11E+09	eff	1,5E+04	100	Bq/l
H-3	Gas	RL		1,8E-15		1,11E+13	eff	2,3E+08	10	Bq/m ³
H-3	Gas	U	30	1,8E-15		1,11E+13	eff	1,5E+04	100	Bq/d
H-3	OBT	U	30	4,1E-11		4,88E+08	eff	1,5E+04	100	Bq/d
H-3	Methan	U	30	1,8E-13		1,11E+11	eff	1,5E+04	100	Bq/d
Be-7	M	GK	120	4,3E-11		4,65E+08	eff	6,2E+04	300	Bq
Be-7	S	GK	120	4,6E-11		4,35E+08	eff	5,5E+04	300	Bq
C-11	Gas	Ap-Mon	kont.	3,2E-12		6,25E+09	eff	1,3E+05		Bq/m ³
C-11 ¹⁾	Gas	GK ^{a)}	0,25	3,2E-12		6,25E+09	eff		100	
C-11 ¹⁾	Monoxid	Ap-Mon	kont.	1,2E-12		1,67E+10	eff	3,5E+05		Bq/m ³
C-11 ¹⁾	Monoxid	GK ^{a)}	0,25	1,2E-12		1,67E+10	eff		100	
C-11 ¹⁾	Dioxid	Ap-Mon	kont.	2,2E-12		9,09E+09	eff	1,9E+05		Bq/m ³
C-11	Dioxid	GK ^{a) d)}	0,25	2,2E-12		9,09E+09	eff		100	
C-14	org	U	30	5,8E-10		3,45E+07	eff	5,3E+01	40	Bq/d
C-14	Monoxid	RL		8,0E-13		2,50E+10	eff	5,2E+05	1	Bq/m ³
C-14	Dioxid	RL		6,5E-12		3,08E+09	eff	6,4E+04	1	Bq/m ³
C-14	Dioxid	U	30	6,5E-12		3,08E+09	eff	4,6E+01	40	Bq/d
C-14	Methan	RL		2,9E-12		6,90E+09	eff	1,4E+05	1	Bq/m ³
C-14 ^{c)}	Methan			2,9E-12		6,90E+09	eff			
F-18	F	Ap-Mon	kont.	5,4E-11		3,70E+08	eff	7,7E+03		Bq/m ³
F-18	F	GK ^{a)}	≤ 1,25	5,4E-11		3,70E+08	eff	1,9E+02	50	Bq
F-18	M	Ap-Mon	kont.	8,9E-11		2,25E+08	eff	4,7E+03		Bq/m ³
F-18	M	GK ^{a)}	≤ 1,25	8,9E-11		2,25E+08	eff	1,1E+02	50	Bq
F-18	S	Ap-Mon	kont.	9,3E-11		2,15E+08	eff	4,5E+03		Bq/m ³
F-18	S	GK ^{a)}	≤ 1,25	9,3E-11		2,15E+08	eff	1,1E+02	50	Bq
Na-22	F	GK	30	2,0E-09		1,00E+07	eff	2,5E+03	50	Bq
Na-24	F	Ap-Mon	kont.	5,3E-10		3,77E+07	eff	7,9E+02		Bq/m ³
Na-24	F	GK ^{a)}	≤ 8	5,3E-10		3,77E+07	eff	9,8E+02	30	Bq

Radionuklid	Absorptions- klasse bzw. chem. Form	Überwa- chungs- verfahren	Über- wachungs- intervall ^{b)} (d)	e(50) Inhalation (Sv/Bq)	h _T (50) Inhalation (Sv/Bq)	Richtwert JAZ Inhalation (Bq)	Limitiert durch Dosis- grenzwert	Dosimetrische Nachweis- grenze	Praktische Nachweis- grenze	Einheit des Messwertes
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mg-28	F	Ap-Mon	kont.	1,1E-09		1,82E+07	eff	3,8E+02		Bq/m ³
Mg-28	F	GK ^{a)}	≤ 10	1,1E-09		1,82E+07	eff	6,0E+02	50	Bq
Mg-28	M	Ap-Mon	kont.	1,7E-09		1,18E+07	eff	2,5E+02		Bq/m ³
Mg-28	M	GK ^{a)}	≤ 10	1,7E-09		1,18E+07	eff	3,7E+02	50	Bq
P-32	F	U	14	1,1E-09	4,5E-09	1,11E+07	rotes Kno- chen-mark	7,0E+01	3	Bq/d
P-32	M	U	14	2,9E-09		6,90E+06	eff	2,2E+01	3	Bq/d
P-33	F	U	30	1,4E-10		1,43E+08	eff	5,4E+02	20	Bq/d
P-33	M	U	30	1,3E-09		1,54E+07	eff	5,2E+01	20	Bq/d
S-35	F	U	30	8,0E-11		2,50E+08	eff	6,2E+02	40	Bq/d
S-35	M	U	30	1,1E-09	8,6E-09	1,74E+07	Lunge	5,5E+01	40	Bq/d
S-35	Dampf	U	30	1,2E-10		1,67E+08	eff	9,6E+02	40	Bq/d
S-35	SO ₂	U	30	1,1E-10		1,82E+08	eff	7,6E+02	40	Bq/d
S-35	CS ₂	U	90	7,0E-10		2,86E+07	eff	4,2E+02	40	Bq/d
Cl-36	F	U	30	4,9E-10		4,08E+07	eff	7,4E+02	1	Bq/d
Cl-36	M	U	30	5,1E-09		3,85E+06	Lunge	7,1E+01	1	Bq/d
K-42	F	Ap-Mon	kont.	2,0E-10		1,00E+08	eff	2,1E+03		Bq/m ³
K-42	F	GK ^{a)}	≤ 6	2,0E-10		1,00E+08	eff	2,2E+03	200	Bq
Ca-45	M	U ^{d)}	30	2,3E-09		8,70E+06	eff	1,4E+01	20	Bq/d
Ca-47	M	GK	7	2,1E-09		9,52E+06	eff	5,2E+02	100	Bq
Sc-46	S	GK	180	4,8E-09		4,17E+06	eff	7,7E+02	50	Bq
Cr-51	F	GK	60	3,0E-11		6,67E+08	eff	7,1E+04	1000	Bq
Cr-51	M	GK	60	3,4E-11		5,88E+08	eff	4,8E+04	1000	Bq
Cr-51	S	GK	60	3,6E-11		5,56E+08	eff	5,0E+04	1000	Bq
Mn-54	F	GK	90	1,1E-09		1,82E+07	eff	8,3E+03	100	Bq
Mn-54	M	GK	180	1,2E-09		1,67E+07	eff	4,9E+03	100	Bq
Fe-55	F	S	180	9,2E-10	3,3E-09	1,52E+07	rotes Kno- chen-mark	1,8E+01	10	Bq/d
Fe-55	M	S	180	3,3E-10	1,1E-09	4,55E+07	rotes Kno- chen-mark	3,3E+01	20	Bq/d
Fe-59	F	GK	120	3,0E-09		6,67E+06	eff	4,9E+03	150	Bq
Fe-59	F	S ^{d)}	60	3,0E-09		6,67E+06	eff	9,9E-01	1	Bq/d

Radionuklid	Absorptions- klasse bzw. chem. Form	Überwa- chungs- verfahren	Über- wachungs- intervall ^{b)} (d)	e(50) Inhalation (Sv/Bq)	h _T (50) Inhalation (Sv/Bq)	Richtwert JAZ Inhalation (Bq)	Limitiert durch Dosis- grenzwert	Dosimetrische Nachweis- grenze	Praktische Nachweis- grenze	Einheit des Messwertes
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Fe-59	M	GK	120	3,2E-09		6,25E+06	eff	1,6E+03	150	Bq
Fe-59	M	S	30	3,2E-09		6,25E+06	eff	4,1E+00	1	Bq/d
Co-57	M	GK	180	3,9E-10		5,13E+07	eff	1,8E+04	100	Bq
Co-57	M	U	180	3,9E-10		5,13E+07	eff	5,2E+01	1	Bq/d
Co-57	S	GK	180	6,0E-10		3,33E+07	eff	1,8E+04	100	Bq
Co-57	S	U	180	6,0E-10		3,33E+07	eff	4,3E+00	1	Bq/d
Co-58	M	GK	120	1,4E-09		1,43E+07	eff	2,1E+03	50	Bq
Co-58	M	U	90	1,4E-09		1,43E+07	eff	9,0E+00	1	Bq/d
Co-58	S	GK	120	1,7E-09		1,18E+07	eff	2,3E+03	50	Bq
Co-58	S	U ^{d)}	90	1,7E-09		1,18E+07	eff	9,9E-01	1	Bq/d
Co-60	M	GK	180	7,1E-09		2,82E+06	eff	1,5E+03	50	Bq
Co-60	M	U	180	7,1E-09		2,82E+06	eff	4,2E+00	1	Bq/d
Co-60	S	GK	180	1,7E-08		1,18E+06	eff	9,3E+02	50	Bq
Co-60	S	U ^{d)}	180	1,7E-08		1,18E+06	eff	2,3E-01	1	Bq/d
Ni-59	F	U	180	2,2E-10		9,09E+07	eff	9,6E+01	5	Bq/d
Ni-59	M	U	180	9,4E-11		2,13E+08	eff	2,7E+02	5	Bq/d
Ni-59	Carbonyl	U	180	8,3E-10		2,41E+07	eff	8,9E+01	5	Bq/d
Ni-63	F	U	180	5,2E-10		3,85E+07	eff	4,1E+01	0,3	Bq/d
Ni-63	M	U	180	3,1E-10		6,45E+07	eff	8,1E+01	0,3	Bq/d
Ni-63	Carbonyl	U	180	2,0E-09		1,00E+07	eff	3,7E+01	0,3	Bq/d
Cu-64	F	Ap-Mon	kont.	6,8E-11		2,94E+08	eff	6,1E+03		Bq/m ³
Cu-64	F	GK ^{a)}	≤ 5	6,8E-11		2,94E+08	eff	6,0E+03	2500	Bq
Cu-64	M	Ap-Mon	kont.	1,5E-10		1,33E+08	eff	2,8E+03		Bq/m ³
Cu-64	M	GK ^{a)}	≤ 5	1,5E-10		1,33E+08	eff	2,7E+03	2500	Bq
Cu-64	S	Ap-Mon	kont.	1,5E-10		1,33E+08	eff	2,8E+03		Bq/m ³
Cu-64	S	GK ^{a)}	≤ 5	1,5E-10		1,33E+08	eff	2,7E+03	2500	Bq
Zn-65	S	GK	180	2,8E-09		7,14E+06	eff	1,7E+04	100	Bq
Ga-67	F	GK	7	1,1E-10		1,82E+08	eff	7,3E+03	300	Bq
Ga-67	M	GK	7	2,8E-10		7,14E+07	eff	1,2E+03	300	Bq
Se-75	F	GK	180	1,4E-09		1,43E+07	eff	1,5E+04	100	Bq
Se-75	M	GK	180	1,7E-09		1,18E+07	eff	1,2E+04	100	Bq

Radionuklid	Absorptions- klasse bzw. chem. Form	Überwa- chungs- verfahren	Über- wachungs- intervall ^{b)} (d)	e(50) Inhalation (Sv/Bq)	h _T (50) Inhalation (Sv/Bq)	Richtwert JAZ Inhalation (Bq)	Limitiert durch Dosis- grenzwert	Dosimetrische Nachweis- grenze	Praktische Nachweis- grenze	Einheit des Messwertes
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Sr-85	F	GK	120	5,6E-10		3,57E+07	eff	9,4E+03	100	Bq
Sr-85	F	U	14	5,6E-10		3,57E+07	eff	1,6E+02	1	Bq/d
Sr-85	S	GK	120	6,4E-10		3,13E+07	eff	5,1E+03	100	Bq
Sr-85	S	U	14	6,4E-10		3,13E+07	eff	2,2E+00	1	Bq/d
Sr-89	F	U	14	1,4E-09	5,4E-09	9,26E+06	rotes Kno- chen-mark	6,3E+01	0,1	Bq/d
Sr-89	S	U	14	5,6E-09		3,57E+06	eff	2,4E-01	0,1	Bq/d
Sr-90	F	U	180	3,0E-08	2,0E-07	2,50E+05	rotes Kno- chen-mark	6,9E-01	0,1	Bq/d
Sr-90	S	U ^{d)}	180	7,7E-08	6,3E-07	2,38E+05	Lunge	2,0E-02	0,02	Bq/d
Sr-90	S	S	180	7,7E-08	6,3E-07	2,38E+05	Lunge	2,4E-01	0,02	Bq/d
Y-88	M	GK	180	3,3E-09		6,06E+06	eff	2,4E+03	50	Bq
Y-88	S	GK	180	3,0E-09		6,67E+06	eff	1,6E+03	50	Bq
Y-90	M	Ap-Mon	kont.	1,6E-09		1,25E+07	eff	2,6E+02		Bq/m ³
Y-90	M	U ^{a)}	≤ 10	1,6E-09		1,25E+07	eff	4,3E+00	1	Bq/d
Y-90	S	Ap-Mon	kont.	1,7E-09		1,18E+07	eff	2,5E+02		Bq/m ³
Y-90	S	S ^{a)}	≤ 9	1,7E-09		1,18E+07	eff	1,4E+02	30	Bq/d
Zr-95	F	GK	120	3,0E-09	6,2E-08	4,84E+06	Knochenober- fläche	4,2E+03	150	Bq
Zr-95	M	GK	120	3,6E-09		5,56E+06	eff	1,0E+03	150	Bq
Zr-95	S	GK	120	4,2E-09		4,76E+06	eff	7,7E+02	150	Bq
Nb-94	M	GK	180	7,2E-09		2,78E+06	eff	2,0E+03	100	Bq
Nb-94	S	GK	180	2,5E-08		8,00E+05	eff	6,7E+02	100	Bq
Nb-95	M	GK	60	1,3E-09		1,54E+07	eff	1,9E+03	100	Bq
Nb-95	S	GK	60	1,3E-09		1,54E+07	eff	1,8E+03	100	Bq
Mo-99	F	GK	7	3,6E-10		5,56E+07	eff	3,4E+03	100	Bq
Mo-99	F	U ^{a)}	≤ 1	3,6E-10		5,56E+07	eff	7,6E+01	3	Bq/d
Mo-99	S	GK	7	1,1E-09		1,82E+07	eff	2,4E+02	100	Bq
Mo-99	S	U ^{a)d)}	≤ 1	1,1E-09		1,82E+07	eff	9,2E-01	3	Bq/d
Tc-99	F	U	60	4,0E-10		5,00E+07	eff	2,1E+01	5	Bq/d
Tc-99	M	U	60	3,2E-09		6,25E+06	eff	8,7E+00	5	Bq/d
Tc-99m	F	Ap-Mon	kont.	2,0E-11		1,00E+09	eff	2,1E+04		Bq/m ³

Radionuklid	Absorptions- klasse bzw. chem. Form	Überwa- chungs- verfahren	Über- wachungs- intervall ^{b)} (d)	e(50) Inhalation (Sv/Bq)	h _T (50) Inhalation (Sv/Bq)	Richtwert JAZ Inhalation (Bq)	Limitiert durch Dosis- grenzwert	Dosimetrische Nachweis- grenze	Praktische Nachweis- grenze	Einheit des Messwertes
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tc-99m	F	GK ^{a)}	≤ 4	2,0E-11		1,00E+09	eff	4,5E+03	100	Bq
Tc-99m	M	Ap-Mon	kont.	2,9E-11		6,90E+08	eff	1,4E+04		Bq/m ³
Tc-99m	M	GK ^{a)}	≤ 4	2,9E-11		6,90E+08	eff	3,1E+03	100	Bq
Ru-103	F	GK	90	6,8E-10		2,94E+07	eff	5,1E+03	100	Bq
Ru-103	M	GK	90	1,9E-09		1,05E+07	eff	1,0E+03	100	Bq
Ru-103	S	GK	90	2,2E-09		9,09E+06	eff	1,0E+03	100	Bq
Ru-103	Tetroxid	GK	90	1,1E-09		1,82E+07	eff	5,8E+03	100	Bq
Ru-106	F	GK	180	9,8E-09		2,04E+06	eff	1,9E+03	300	Bq
Ru-106	F	U	60	9,8E-09		2,04E+06	eff	7,5E+00	5	Bq/d
Ru-106	M	GK	180	1,7E-08		1,18E+06	eff	5,5E+02	300	Bq
Ru-106	M	U ^{d)}	60	1,7E-08		1,18E+06	eff	1,5E+00	5	Bq/d
Ru-106	S	GK	180	3,5E-08		5,71E+05	eff	3,7E+02	300	Bq
Ru-106	S	U ^{e)}	60	3,5E-08		5,71E+05	eff	2,0E-01	5	Bq/d
Ru-106	Tetroxid	GK	180	1,8E-08		1,11E+06	eff	1,9E+03	300	Bq
Ru-106	Tetroxid	U	60	1,8E-08		1,11E+06	eff	7,4E+00	5	Bq/d
Rh-105	F	Ap-Mon	kont.	1,5E-10		1,33E+08	eff	2,8E+03		Bq/m ³
Rh-105	F	GK ^{a)}	≤ 15	1,5E-10		1,33E+08	eff	6,0E+03	300	Bq
Rh-105	M	Ap-Mon	kont.	4,1E-10		4,88E+07	eff	1,0E+03		Bq/m ³
Rh-105	M	GK ^{a)}	≤ 10	4,1E-10		4,88E+07	eff	2,1E+03	300	Bq
Rh-105	S	Ap-Mon	kont.	4,4E-10		4,55E+07	eff	9,5E+02		Bq/m ³
Rh-105	S	GK ^{a)}	≤ 10	4,4E-10		4,55E+07	eff	1,9E+03	300	Bq
Ag-108m	F	GK	180	7,3E-09		2,74E+06	eff	2,8E+03	100	Bq
Ag-108m	M	GK	180	5,2E-09		3,85E+06	eff	2,5E+03	100	Bq
Ag-108m	S	GK	180	1,9E-08		1,05E+06	eff	9,3E+02	100	Bq
Ag-110m	F	GK	180	6,7E-09		2,99E+06	eff	1,9E+03	100	Bq
Ag-110m	M	GK	180	5,9E-09		3,39E+06	eff	1,3E+03	100	Bq
Ag-110m	S	GK	180	7,3E-09		2,74E+06	eff	1,5E+03	100	Bq
Cd-109	F	GK	180	9,6E-09	2,3E-07	6,52E+05	Niere	7,1E+03	3000	Bq
Cd-109	F	U ^{f)}	180	9,6E-09	2,3E-07	6,52E+05	Niere	2,7E-01	5	Bq/d
Cd-109	M	GK	180	5,1E-09	6,1E-08	2,46E+06	Niere	6,2E+03	3000	Bq
Cd-109	M	U ^{e)}	180	5,1E-09	6,1E-08	2,46E+06	Niere	2,0E-01	5	Bq/d

Radionuklid	Absorptions- klasse bzw. chem. Form	Überwa- chungs- verfahren	Über- wachungs- intervall ^{b)} (d)	e(50) Inhalation (Sv/Bq)	h _T (50) Inhalation (Sv/Bq)	Richtwert JAZ Inhalation (Bq)	Limitiert durch Dosis- grenzwert	Dosimetrische Nachweis- grenze	Praktische Nachweis- grenze	Einheit des Messwertes
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cd-109	S	GK	180	4,4E-09		4,55E+06	eff	4,7E+03	3000	Bq
Cd-109	S	U ^{e)}	180	4,4E-09		4,55E+06	eff	7,5E-02	5	Bq/d
In-111	F	GK	7	2,2E-10		9,09E+07	eff	4,4E+03	100	Bq
In-111	M	GK	7	3,1E-10		6,45E+07	eff	1,1E+03	100	Bq
In-113m	F	Ap-Mon	kont.	1,9E-11		1,05E+09	eff	2,2E+04		Bq/m ³
In-113m	F	GK ^{a)}	≤ 1	1,9E-11		1,05E+09	eff	3,2E+02	100	Bq
In-113m	M	Ap-Mon	kont.	3,2E-11		6,25E+08	eff	1,3E+04		Bq/m ³
In-113m	M	GK ^{a)}	≤ 1	3,2E-11		6,25E+08	eff	1,9E+02	100	Bq
Sn-113	F	GK	180	7,9E-10		2,53E+07	eff	1,3E+04	100	Bq
Sn-113	M	GK	180	1,9E-09		1,05E+07	eff	2,3E+03	100	Bq
Sb-122	F	Ap-Mon	kont.	6,3E-10		3,17E+07	eff	6,6E+02		Bq/m ³
Sb-122	F	GK ^{a)}	≤ 20	6,3E-10		3,17E+07	eff	1,7E+03	100	Bq
Sb-122	M	Ap-Mon	kont.	1,2E-09		1,67E+07	eff	3,5E+02		Bq/m ³
Sb-122	M	GK ^{a)}	≤ 20	1,2E-09		1,67E+07	eff	8,7E+02	100	Bq
Sb-124	F	GK	120	1,9E-09		1,05E+07	eff	9,7E+02	100	Bq
Sb-124	M	GK	120	4,7E-09		4,26E+06	eff	3,9E+02	100	Bq
Sb-125	F	GK	180	1,7E-09	2,7E-08	1,11E+07	Knochenober- fläche	4,9E+03	300	Bq
Sb-125	M	GK	180	3,3E-09		6,06E+06	eff	2,1E+03	300	Bq
Te-123m	F	GK	180	1,2E-09	4,2E-08	7,14E+06	Knochenober- fläche	1,1E+04	100	Bq
Te-123m	M	GK	180	3,4E-09		5,88E+06	eff	2,9E+03	100	Bq
Te-123m	Dampf	GK	180	3,4E-09		5,88E+06	eff	1,0E+04	100	Bq
Te-132	F	GK	7	2,4E-09		8,33E+06	eff	2,9E+02	100	Bq
Te-132	M	GK	7	3,0E-09		6,67E+06	eff	1,8E+02	100	Bq
Te-132	Dampf	GK	7	5,1E-09		3,92E+06	eff	3,2E+02	100	Bq
I-123	F	Ap-Mon	kont.	1,1E-10	1,9E-09	1,58E+08	Schilddrüse	3,8E+03		Bq/m ³
I-123	F	SD ^{a)}	≤ 7	1,1E-10	1,9E-09	1,58E+08	Schilddrüse	9,5E+02	50	Bq
I-123	F	GK ^{a)}	≤ 7	1,1E-10	1,9E-09	1,58E+08	Schilddrüse	2,1E+03	150	Bq
I-123	Dampf	Ap-Mon	kont.	2,1E-10	3,7E-09	8,11E+07	Schilddrüse	2,0E+03		Bq/m ³
I-123	Dampf	SD ^{a)}	≤ 7	2,1E-10	3,7E-09	8,11E+07	Schilddrüse	9,3E+02	50	Bq
I-123	Dampf	GK, a)	≤ 7	2,1E-10	3,7E-09	8,11E+07	Schilddrüse	1,3E+03	150	Bq

Radionuklid	Absorptions- klasse bzw. chem. Form	Überwa- chungs- verfahren	Über- wachungs- intervall ^{b)} (d)	e(50) Inhalation (Sv/Bq)	h _T (50) Inhalation (Sv/Bq)	Richtwert JAZ Inhalation (Bq)	Limitiert durch Dosis- grenzwert	Dosimetrische Nachweis- grenze	Praktische Nachweis- grenze	Einheit des Messwertes
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I-123	Methyl	Ap-Mon	kont.	1,5E-10	2,9E-09	1,03E+08	Schilddrüse	2,8E+03		Bq/m ³
I-123	Methyl	SD ^{a)}	≤ 7	1,5E-10	2,9E-09	1,03E+08	Schilddrüse	1,0E+03	50	Bq
I-123	Methyl	GK ^{a)}	≤ 7	1,5E-10	2,9E-09	1,03E+08	Schilddrüse	1,3E+03	150	Bq
I-124	F	SD	7	6,3E-09	1,2E-07	2,50E+06	Schilddrüse	1,3E+02	50	Bq
I-124	F	GK	7	6,3E-09	1,2E-07	2,50E+06	Schilddrüse	1,4E+02	50	Bq
I-124	Dampf	SD	7	1,2E-08	2,3E-07	1,30E+06	Schilddrüse	1,3E+02	50	Bq
I-124	Dampf	GK	7	1,2E-08	2,3E-07	1,30E+06	Schilddrüse	1,3E+02	50	Bq
I-124	Methyl	SD	7	9,2E-09	1,8E-07	1,67E+06	Schilddrüse	1,3E+02	50	Bq
I-124	Methyl	GK	7	9,2E-09	1,8E-07	1,67E+06	Schilddrüse	1,4E+02	50	Bq
I-125	F	SD	120	7,3E-09	1,5E-07	2,00E+06	Schilddrüse	7,2E+02	100	Bq
I-125	F	U	120	7,3E-09	1,5E-07	2,00E+06	Schilddrüse	4,0E+00	1	Bq/d
I-125	Dampf	SD	120	1,4E-08	2,7E-07	1,11E+06	Schilddrüse	7,0E+02	100	Bq
I-125	Dampf	U	120	1,4E-08	2,7E-07	1,11E+06	Schilddrüse	4,0E+00	1	Bq/d
I-125	Methyl	SD	120	1,1E-08	2,1E-07	1,43E+06	Schilddrüse	7,2E+02	100	Bq
I-125	Methyl	U	120	1,1E-08	2,1E-07	1,43E+06	Schilddrüse	3,9E+00	1	Bq/d
I-129	F	SD	180	5,1E-08	1,0E-06	3,00E+05	Schilddrüse	4,3E+02	100	Bq
I-129	F	U	180	5,1E-08	1,0E-06	3,00E+05	Schilddrüse	2,3E+00	1	Bq/d
I-129	Dampf	SD	180	9,6E-08	1,9E-06	1,58E+05	Schilddrüse	4,3E+02	100	Bq
I-129	Dampf	U	180	9,6E-08	1,9E-06	1,58E+05	Schilddrüse	2,3E+00	1	Bq/d
I-129	Methyl	SD	180	7,4E-08	1,5E-06	2,00E+05	Schilddrüse	4,3E+02	100	Bq
I-129	Methyl	U	180	7,4E-08	1,5E-06	2,00E+05	Schilddrüse	2,3E+00	1	Bq/d
I-131	F	SD	14	1,1E-08	2,1E-07	1,43E+06	Schilddrüse	1,4E+02	50	Bq
I-131	F	GK	14	1,1E-08	2,1E-07	1,43E+06	Schilddrüse	1,5E+02	50	Bq
I-131	F	U ^{d)}	14	1,1E-08	2,1E-07	1,43E+06	Schilddrüse	3,5E-01	1	Bq/d
I-131	Dampf	SD	14	2,0E-08	3,9E-07	7,69E+05	Schilddrüse	1,4E+02	50	Bq
I-131	Dampf	GK	14	2,0E-08	3,9E-07	7,69E+05	Schilddrüse	1,5E+02	50	Bq
I-131	Dampf	U ^{d)}	14	2,0E-08	3,9E-07	7,69E+05	Schilddrüse	3,6E-01	1	Bq/d
I-131	Methyl	SD	14	1,5E-08	3,1E-07	9,68E+05	Schilddrüse	1,4E+02	50	Bq
I-131	Methyl	GK	14	1,5E-08	3,1E-07	9,68E+05	Schilddrüse	1,6E+02	50	Bq
I-131	Methyl	U ^{d)}	14	1,5E-08	3,1E-07	9,68E+05	Schilddrüse	4,1E-01	1	Bq/d
I-132	F	Ap-Mon	kont.	2,0E-10		1,00E+08	eff	2,1E+03		Bq/m ³

Radionuklid	Absorptions- klasse bzw. chem. Form	Überwa- chungs- verfahren	Über- wachungs- intervall ^{b)} (d)	e(50) Inhalation (Sv/Bq)	h _T (50) Inhalation (Sv/Bq)	Richtwert JAZ Inhalation (Bq)	Limitiert durch Dosis- grenzwert	Dosimetrische Nachweis- grenze	Praktische Nachweis- grenze	Einheit des Messwertes
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I-132	F	SD ^{a)d)}	≤ 1	2,0E-10		1,00E+08	eff	1,9E+01	25	Bq
I-132	F	GK ^{a)}	≤ 1	2,0E-10		1,00E+08	eff	8,9E+01	50	Bq
I-132	Dampf	Ap-Mon	kont.	3,1E-10		6,45E+07	eff	1,3E+03		Bq/m ³
I-132	Dampf	SD ^{a)d)}	≤ 1	3,1E-10		6,45E+07	eff	2,3E+01	25	Bq
I-132	Dampf	GK ^{a)}	≤ 1	3,1E-10		6,45E+07	eff	6,6E+01	50	Bq
I-132	Methyl	Ap-Mon	kont.	1,9E-10	3,2E-09	9,38E+07	Schilddrüse	2,2E+03		Bq/m ³
I-132	Methyl	SD ^{a)}	≤ 1	1,9E-10	3,2E-09	9,38E+07	Schilddrüse	3,0E+01	25	Bq
I-132	Methyl	GK ^{a)}	≤ 1	1,9E-10	3,2E-09	9,38E+07	Schilddrüse	7,1E+01	50	Bq
I-133	F	Ap-Mon	kont.	2,1E-09	4,0E-08	7,50E+06	Schilddrüse	2,0E+02		Bq/m ³
I-133	F	SD ^{a)}	≤ 7	2,1E-09	4,0E-08	7,50E+06	Schilddrüse	7,8E+01	50	Bq
I-133	F	GK ^{a)}	≤ 7	2,1E-09	4,0E-08	7,50E+06	Schilddrüse	1,7E+02	150	Bq
I-133	Dampf	Ap-Mon	kont.	4,0E-09	7,6E-08	3,95E+06	Schilddrüse	1,0E+02		Bq/m ³
I-133	Dampf	SD ^{a)}	≤ 7	4,0E-09	7,6E-08	3,95E+06	Schilddrüse	7,5E+01	50	Bq
I-133	Dampf	GK ^{a)d)}	≤ 7	4,0E-09	7,6E-08	3,95E+06	Schilddrüse	1,1E+02	150	Bq
I-133	Methyl	Ap-Mon	kont.	3,1E-09	6,0E-08	5,00E+06	Schilddrüse	1,3E+02		Bq/m ³
I-133	Methyl	SD ^{a)}	≤ 7	3,1E-09	6,0E-08	5,00E+06	Schilddrüse	7,8E+01	50	Bq
I-133	Methyl	GK ^{a)d)}	≤ 7	3,1E-09	6,0E-08	5,00E+06	Schilddrüse	9,7E+01	150	Bq
Cs-134	F	GK	180	9,6E-09		2,08E+06	eff	5,7E+03	100	Bq
Cs-134	F	U	180	9,6E-09		2,08E+06	eff	3,1E+01	1	Bq/d
Cs-137	F	GK	180	6,7E-09		2,99E+06	eff	1,0E+04	100	Bq
Cs-137	F	U	180	6,7E-09		2,99E+06	eff	5,2E+01	1	Bq/d
Ba-133	F	GK	180	1,8E-09	5,5E-09	9,09E+06	rotes Kno- chen-mark	4,7E+03	100	Bq
Ba-140	F	GK	30	1,6E-09		1,25E+07	eff	3,1E+02	200	Bq
La-140	F	Ap-Mon	kont.	1,0E-09		2,00E+07	eff	4,2E+02		Bq/m ³
La-140	F	GK ^{a)}	≤ 15	1,0E-09		2,00E+07	eff	9,9E+02	100	Bq
La-140	M	Ap-Mon	kont.	1,5E-09		1,33E+07	eff	2,8E+02		Bq/m ³
La-140	M	GK ^{a)}	≤ 15	1,5E-09		1,33E+07	eff	6,0E+02	100	Bq
Ce-141	M	GK	60	2,7E-09		7,41E+06	eff	1,2E+03	200	Bq
Ce-141	S	GK	60	3,1E-09	2,4E-08	6,25E+06	Lunge	6,4E+02	200	Bq
Ce-144	M	GK	180	2,3E-08		8,70E+05	eff	8,6E+02	500	Bq

Radionuklid	Absorptions- klasse bzw. chem. Form	Überwa- chungs- verfahren	Über- wachungs- intervall ^{b)} (d)	e(50) Inhalation (Sv/Bq)	h _T (50) Inhalation (Sv/Bq)	Richtwert JAZ Inhalation (Bq)	Limitiert durch Dosis- grenzwert	Dosimetrische Nachweis- grenze	Praktische Nachweis- grenze	Einheit des Messwertes
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ce-144	S	GK ^{d)}	180	2,9E-08	2,2E-07	6,82E+05	Lunge	3,7E+02	500	Bq
Pm-147	M	U	180	3,5E-09		5,71E+06	eff	9,2E-01	0,4	Bq/d
Pm-147	M	S	30	3,5E-09		5,71E+06	eff	1,6E+00	0,4	Bq/d
Pm-147	S	U ^{f)}	180	3,2E-09	2,5E-08	6,00E+06	Lunge	3,7E-02	0,4	Bq/d
Pm-147	S	S	30	3,2E-09	2,5E-08	6,00E+06	Lunge	2,6E+00	0,4	Bq/d
Eu-152	M	GK	180	2,7E-08		7,41E+05	eff	9,3E+02	200	Bq
Eu-154	M	GK	180	3,5E-08		5,71E+05	eff	7,0E+02	200	Bq
Eu-155	M	GK	180	4,7E-09	7,7E-08	3,90E+06	Knochenober- fläche	5,1E+03	500	Bq
Yb-169	M	GK	60	2,1E-09		9,52E+06	eff	1,1E+03	200	Bq
Yb-169	S	GK	60	2,4E-09		8,33E+06	eff	8,2E+02	200	Bq
Lu-177	M	GK	14	1,0E-09		2,00E+07	eff	6,1E+02	500	Bq
Lu-177	M	S ^{g)}	-	1,0E-09		2,00E+07	eff		5	Bq/d
Lu-177	S	GK ^{d)}	14	1,1E-09		1,82E+07	eff	4,9E+02	500	Bq
Lu-177	S	S ^{g)}	-	1,1E-09		1,82E+07	eff		5	Bq/d
Hf-181	F	GK	90	1,8E-09	4,8E-08	6,25E+06	Knochenober- fläche	5,2E+03	100	Bq
Hf-181	M	GK	90	4,1E-09		4,88E+06	eff	6,0E+02	100	Bq
Ta-182	M	GK	180	5,8E-09		3,45E+06	eff	7,1E+02	200	Bq
Ta-182	S	GK	180	7,4E-09		2,70E+06	eff	7,3E+02	200	Bq
Re-186	F	Ap-Mon	kont.	7,3E-10		2,74E+07	eff	5,7E+02		Bq/m ³
Re-186	F	GK ^{a)}	≤ 15	7,3E-10		2,74E+07	eff	1,6E+03	1000	Bq
Re-186	F	U ^{a)}	≤ 20	7,3E-10		2,74E+07	eff	1,9E+02	1	Bq/d
Re-186	M	Ap-Mon	kont.	1,2E-09		1,67E+07	eff	3,5E+02		Bq/m ³
Re-186	M	GK ^{a)}	≤ 20	1,2E-09		1,67E+07	eff	1,0E+03	1000	Bq
Re-186	M	U ^{a)}	≤ 10	1,2E-09		1,67E+07	eff	8,7E+01	1	Bq/d
Ir-192	F	GK	120	2,2E-09		9,09E+06	eff	5,8E+03	100	Bq
Ir-192	M	GK	120	4,1E-09		4,88E+06	eff	1,0E+03	100	Bq
Ir-192	S	GK	180	4,9E-09		4,08E+06	eff	6,3E+02	100	Bq
Hg-197	F org.	GK	7	8,5E-11		2,35E+08	eff	1,7E+04	300	Bq
Hg-197	F org.	U	7	8,5E-11		2,35E+08	eff	7,0E+01	3	Bq/d
Hg-197	F anorg.	GK	7	1,0E-10		2,00E+08	eff	8,1E+03	300	Bq

Radionuklid	Absorptions- klasse bzw. chem. Form	Überwa- chungs- verfahren	Über- wachungs- intervall ^{b)} (d)	e(50) Inhalation (Sv/Bq)	h _T (50) Inhalation (Sv/Bq)	Richtwert JAZ Inhalation (Bq)	Limitiert durch Dosis- grenzwert	Dosimetrische Nachweis- grenze	Praktische Nachweis- grenze	Einheit des Messwertes
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Hg-197	F anorg.	U	7	1,0E-10		2,00E+08	eff	6,5E+01	3	Bq/d
Hg-197	M anorg.	GK	7	2,8E-10		7,14E+07	eff	9,6E+02	300	Bq
Hg-197	M anorg.	U	7	2,8E-10		7,14E+07	eff	3,2E+00	3	Bq/d
Hg-197	Dampf	GK	7	4,4E-09	3,6E-08	4,17E+06	Lunge	4,8E+02	300	Bq
Hg-197	Dampf	U	7	4,4E-09	3,6E-08	4,17E+06	Lunge	3,5E+00	3	Bq/d
Hg-203	F org.	GK	60	7,5E-10	6,7E-09	2,24E+07	Niere	2,6E+04	100	Bq
Hg-203	F anorg.	GK	60	5,9E-10		3,39E+07	eff	1,3E+04	100	Bq
Hg-203	M anorg.	GK	60	1,9E-09		1,05E+07	eff	1,8E+03	100	Bq
Hg-203	Dampf	GK	60	7,0E-09		2,86E+06	eff	2,8E+03	100	Bq
Tl-201	F	GK	7	7,6E-11		2,63E+08	eff	1,6E+04	1000	Bq
Tl-204	F	GK	30	6,2E-10		3,23E+07	eff	8,4E+03	8000	Bq
Tl-204	F	U	30	6,2E-10		3,23E+07	eff	2,8E+02	100	Bq/d
Pb-210	F	U	30	1,1E-06	3,6E-05	8,33E+03	Knochenober- fläche	8,9E-02	0,05	Bq/d
Pb-210	F	S	180	1,1E-06	3,6E-05	8,33E+03	Knochenober- fläche	4,0E-02	0,001	Bq/d
Po-210	F	U	90	7,1E-07	7,5E-06	2,00E+04	Niere	9,0E-02	0,001	Bq/d
Po-210	M	U	90	2,2E-06	1,7E-05	8,82E+03	Lunge	9,4E-03	0,001	Bq/d
Ra-224	M	Ap-Mon	kont.	2,4E-06	2,0E-05	7,50E+03	Lunge	1,7E-01		Bq/m ³
Ra-224	M	U ^{a)}	≤ 10	2,4E-06	2,0E-05	7,50E+03	Lunge	1,5E-03	0,001	Bq/d
Ra-226	M	RL		2,2E-06	1,7E-05	8,82E+03	Lunge	1,9E-01		Bq/m ³
Ra-226	M	U ^{d)}	90	2,2E-06	1,7E-05	8,82E+03	Lunge	5,0E-04	0,002	Bq/d
Ra-228	M	RL		1,7E-06	3,6E-05	8,33E+03	Knochenober- fläche	2,5E-01		Bq/m ³
Ra-228	M	U ^{d)}	90	1,7E-06	3,6E-05	8,33E+03	Knochenober- fläche	6,2E-04	0,001	Bq/d
Th-228	M	RL		2,2E-05		9,09E+02	eff	1,9E-02		Bq/m ³
Th-228	M	U ^{f)}	180	2,2E-05		9,09E+02	eff	1,3E-04	0,001	Bq/d
Th-228	M	S ^{d)}	60	2,2E-05		9,09E+02	eff	9,0E-04	0,001	Bq/d
Th-228	S	RL		2,5E-05	2,1E-04	7,14E+02	Lunge	1,7E-02		Bq/m ³
Th-228	S	U ^{e)}	180	2,5E-05	2,1E-04	7,14E+02	Lunge	5,3E-06	0,001	Bq/d
Th-228	S	S	60	2,5E-05	2,1E-04	7,14E+02	Lunge	1,2E-03	0,001	Bq/d
Th-230	M	RL		2,8E-05	1,5E-03	2,00E+02	Knochenober-	8,3E-03		Bq/m ³

Radionuklid	Absorptions- klasse bzw. chem. Form	Überwa- chungs- verfahren	Über- wachungs- intervall ^{b)} (d)	e(50) Inhalation (Sv/Bq)	h _T (50) Inhalation (Sv/Bq)	Richtwert JAZ Inhalation (Bq)	Limitiert durch Dosis- grenzwert	Dosimetrische Nachweis- grenze	Praktische Nachweis- grenze	Einheit des Messwertes
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
							fläche			
Th-230	M	U ^{h)}	180	2,8E-05	1,5E-03	2,00E+02	Knochenober- fläche	6,9E-05	0,001	Bq/d
Th-230	M	S ^{d)}	60	2,8E-05	1,5E-03	2,00E+02	Knochenober- fläche	4,3E-04	0,001	Bq/d
Th-230	S	RL		7,2E-06	1,4E-04	2,14E+03	Knochenober- fläche	5,8E-02		Bq/m ³
Th-230	S	U ^{e)}	180	7,2E-06	1,4E-04	2,14E+03	Knochenober- fläche	2,2E-05	0,001	Bq/d
Th-230	S	S	60	7,2E-06	1,4E-04	2,14E+03	Knochenober- fläche	4,3E-03	0,001	Bq/d
Th-232	M	RL		2,9E-05	1,5E-03	2,00E+02	Knochenober- fläche	8,3E-03		Bq/m ³
Th-232	M	U ^{h)}	180	2,9E-05	1,5E-03	2,00E+02	Knochenober- fläche	6,9E-05	0,001	Bq/d
Th-232	M	S ^{d)}	60	2,9E-05	1,5E-03	2,00E+02	Knochenober- fläche	4,3E-04	0,001	Bq/d
Th-232	S	RL		1,2E-05		1,67E+03	eff	3,5E-02		Bq/m ³
Th-232	S	U ^{e)}	180	1,2E-05		1,67E+03	eff	1,3E-05	0,001	Bq/d
Th-232	S	S	60	1,2E-05		1,67E+03	eff	2,6E-03	0,001	Bq/d
U-233	F	U	90	6,6E-07	1,2E-05	2,50E+04	Knochenober- fläche	4,5E-02	0,001	Bq/d
U-233	M	U	180	2,2E-06	1,7E-05	8,82E+03	Lunge	1,5E-02	0,001	Bq/d
U-233	S	RL		6,9E-06		2,90E+03	eff	6,0E-02		Bq/m ³
U-233	S	U ^{d)}	180	6,9E-06		2,90E+03	eff	2,4E-04	0,001	Bq/d
U-233	S	S	180	6,9E-06		2,90E+03	eff	2,6E-03	0,001	Bq/d
U-234	F	U	90	6,4E-07	1,1E-05	2,73E+04	Knochenober- fläche	4,6E-02	0,001	Bq/d
U-234	M	U	180	2,1E-06	1,6E-05	9,38E+03	Lunge	1,5E-02	0,001	Bq/d
U-234	S	RL		6,8E-06		2,94E+03	eff	6,1E-02		Bq/m ³
U-234	S	U ^{d)}	180	6,8E-06		2,94E+03	eff	2,4E-04	0,001	Bq/d
U-234	S	S	180	6,8E-06		2,94E+03	eff	2,7E-03	0,001	Bq/d
U-235	F	U	90	6,0E-07	1,1E-05	2,73E+04	Knochenober- fläche	4,9E-02	0,001	Bq/d
U-235	M	U	180	1,8E-06	1,4E-05	1,07E+04	Lunge	1,8E-02	0,001	Bq/d
U-235	M	LZ ^{d)}	180	1,8E-06	1,4E-05	1,07E+04	Lunge	3,3E+00	10	Bq

Radionuklid	Absorptions- klasse bzw. chem. Form	Überwa- chungs- verfahren	Über- wachungs- intervall ^{b)} (d)	e(50) Inhalation (Sv/Bq)	h _T (50) Inhalation (Sv/Bq)	Richtwert JAZ Inhalation (Bq)	Limitiert durch Dosis- grenzwert	Dosimetrische Nachweis- grenze	Praktische Nachweis- grenze	Einheit des Messwertes
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
U-235	S	RL		6,1E-06		3,28E+03	eff	6,8E-02		Bq/m ³
U-235	S	U ^{d)}	180	6,1E-06		3,28E+03	eff	2,7E-04	0,001 ¹⁾	Bq/d
U-235	S	S	180	6,1E-06		3,28E+03	eff	3,0E-03	0,001	Bq/d
U-235	S	LZ ^{d)}	180	6,1E-06		3,28E+03	eff	2,6E+00	10	Bq
U-238	F	U	90	5,8E-07	1,0E-05	3,00E+04	Knochenober- fläche	5,1E-02	0,001	Bq/d
U-238	M	U	180	1,6E-06	1,3E-05	1,15E+04	Lunge	2,0E-02	0,001	Bq/d
U-238	S	RL		5,7E-06		3,51E+03	eff	7,3E-02		Bq/m ³
U-238	S	U ^{d)}	180	5,7E-06		3,51E+03	eff	2,9E-04	0,001	Bq/d
U-238	S	S	180	5,7E-06		3,51E+03	eff	3,2E-03	0,001	Bq/d
Np-237	M	RL		1,5E-05	6,7E-04	4,48E+02	Knochenober- fläche	1,9E-02		Bq/m ³
Np-237	M	U ^{d)}	180	1,5E-05	6,7E-04	4,48E+02	Knochenober- fläche	6,0E-04	0,001	Bq/d
Np-237	M	S ^{d)}	60	1,5E-05	6,7E-04	4,48E+02	Knochenober- fläche	9,6E-04	0,001	Bq/d
Np-239	M	Ap-Mon	kont.	1,1E-09		1,82E+07	eff	3,8E+02		Bq/m ³
Np-239	M	GK ^{a)}	≤ 15	1,1E-09		1,82E+07	eff	9,2E+02	500	Bq
Np-239	M	U ^{a)}	≤ 8	1,1E-09		1,82E+07	eff	1,1E+01	10	Bq/d
Np-239	M	S ^{a)}	≤ 10	1,1E-09		1,82E+07	eff	2,0E+02	10	Bq/d
Pu-238	M	RL		3,0E-05	9,1E-04	3,30E+02	Knochenober- fläche	1,4E-02		Bq/m ³
Pu-238	M	U ^{f)}	180	3,0E-05	9,1E-04	3,30E+02	Knochenober- fläche	8,8E-05	0,001	Bq/d
Pu-238	M	S ^{d)}	90	3,0E-05	9,1E-04	3,30E+02	Knochenober- fläche	5,4E-04	0,001	Bq/d
Pu-238	S	RL		1,1E-05		1,82E+03	eff	3,8E-02		Bq/m ³
Pu-238	S	U ^{e)}	180	1,1E-05		1,82E+03	eff	7,2E-06	0,001	Bq/d
Pu-238	S	S	90	1,1E-05		1,82E+03	eff	2,5E-03	0,001	Bq/d
Pu-239	M	RL		3,2E-05	1,0E-03	3,00E+02	Knochenober- fläche	1,3E-02		Bq/m ³
Pu-239	M	U ^{f)}	180	3,2E-05	1,0E-03	3,00E+02	Knochenober- fläche	8,0E-05	0,001	Bq/d
Pu-239	M	S ^{d)}	90	3,2E-05	1,0E-03	3,00E+02	Knochenober- fläche	4,9E-04	0,001	Bq/d

Radionuklid	Absorptions- klasse bzw. chem. Form	Überwa- chungs- verfahren	Über- wachungs- intervall ^{b)} (d)	e(50) Inhalation (Sv/Bq)	h _T (50) Inhalation (Sv/Bq)	Richtwert JAZ Inhalation (Bq)	Limitiert durch Dosis- grenzwert	Dosimetrische Nachweis- grenze	Praktische Nachweis- grenze	Einheit des Messwertes
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Pu-239	S	RL		8,3E-06		2,41E+03	eff	5,0E-02		Bq/m ³
Pu-239	S	U ^{e)}	180	8,3E-06		2,41E+03	eff	9,5E-06	0,001	Bq/d
Pu-239	S	S	90	8,3E-06		2,41E+03	eff	3,3E-03	0,001	Bq/d
Pu-240	M	RL		3,2E-05	1,0E-03	3,00E+02	Knochenober- fläche	1,3E-02		Bq/m ³
Pu-240	M	U ^{f)}	180	3,2E-05	1,0E-03	3,00E+02	Knochenober- fläche	8,0E-05	0,001	Bq/d
Pu-240	M	S ^{d)}	90	3,2E-05	1,0E-03	3,00E+02	Knochenober- fläche	4,8E-04	0,001	Bq/d
Pu-240	S	RL		8,3E-06		2,41E+03	eff	5,0E-02		Bq/m ³
Pu-240	S	U ^{e)}	180	8,3E-06		2,41E+03	eff	9,5E-06	0,001	Bq/d
Pu-240	S	S	90	8,3E-06		2,41E+03	eff	3,3E-03	0,001	Bq/d
Pu-241	M	RL		5,8E-07	2,0E-05	1,50E+04	Knochenober- fläche	6,3E-01		Bq/m ³
Pu-241	M	U ^{e)}	180	5,8E-07	2,0E-05	1,50E+04	Knochenober- fläche	3,8E-03	3	Bq/d
Pu-241	M	S ^{e)}	90	5,8E-07	2,0E-05	1,50E+04	Knochenober- fläche	2,4E-02	3	Bq/d
Pu-241	S	RL		8,4E-08	2,0E-06	1,50E+05	Knochenober- fläche	5,0E+00		Bq/m ³
Pu-241	S	U ^{e)}	180	8,4E-08	2,0E-06	1,50E+05	Knochenober- fläche	9,4E-04	3	Bq/d
Pu-241	S	S ^{f)}	90	8,4E-08	2,0E-06	1,50E+05	Knochenober- fläche	3,2E-01	3	Bq/d
Pu-242	M	RL		3,1E-05	9,6E-04	3,13E+02	Knochenober- fläche	1,3E-02		Bq/m ³
Pu-242	M	U ^{f)}	180	3,1E-05	9,6E-04	3,13E+02	Knochenober- fläche	8,3E-05	0,001	Bq/d
Pu-242	M	S ^{d)}	90	3,1E-05	9,6E-04	3,13E+02	Knochenober- fläche	5,1E-04	0,001	Bq/d
Pu-242	S	RL		7,7E-06		2,60E+03	eff	5,4E-02		Bq/m ³
Pu-242	S	U ^{e)}	180	7,7E-06		2,60E+03	eff	1,0E-05	0,001	Bq/d
Pu-242	S	S	90	7,7E-06		2,60E+03	eff	3,5E-03	0,001	Bq/d
Am-241	M	RL		2,7E-05	1,1E-03	2,73E+02	Knochenober- fläche	1,1E-02		Bq/m ³
Am-241	M	U ^{f)}	180	2,7E-05	1,1E-03	2,73E+02	Knochenober- fläche	1,5E-04	0,001	Bq/d

Radionuklid	Absorptions- klasse bzw. chem. Form	Überwa- chungs- verfahren	Über- wachungs- intervall ^{b)} (d)	e(50) Inhalation (Sv/Bq)	h _T (50) Inhalation (Sv/Bq)	Richtwert JAZ Inhalation (Bq)	Limitiert durch Dosis- grenzwert	Dosimetrische Nachweis- grenze	Praktische Nachweis- grenze	Einheit des Messwertes
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Am-241	M	S ^{d)}	90	2,7E-05	1,1E-03	2,73E+02	Knochenober- fläche	4,4E-04	0,001	Bq/d
Am-241	M	LZ ^{e)}	180	2,7E-05	1,1E-03	2,73E+02	Knochenober- fläche	1,6E-01	10	Bq
Am-243	M	RL		2,7E-05	1,1E-03	2,73E+02	Knochenober- fläche	1,1E-02		Bq/m ³
Am-243	M	U ^{f)}	180	2,7E-05	1,1E-03	2,73E+02	Knochenober- fläche	1,5E-04	0,001	Bq/d
Am-243	M	S ^{d)}	90	2,7E-05	1,1E-03	2,73E+02	Knochenober- fläche	4,4E-04	0,001	Bq/d
Am-243	M	LZ ^{e)}	180	2,7E-05	1,1E-03	2,73E+02	Knochenober- fläche	1,6E-01	10	Bq
Cm-242	M	RL		3,7E-06		5,41E+03	eff	1,1E-01		Bq/m ³
Cm-242	M	U ^{d)}	180	3,7E-06		5,41E+03	eff	6,8E-04	0,001	Bq/d
Cm-242	M	S	60	3,7E-06		5,41E+03	eff	4,4E-03	0,001	Bq/d
Cm-243	M	RL		2,0E-05	7,5E-04	4,00E+02	Knochenober- fläche	1,7E-02		Bq/m ³
Cm-243	M	U ^{d)}	180	2,0E-05	7,5E-04	4,00E+02	Knochenober- fläche	2,2E-04	0,001	Bq/d
Cm-243	M	S ^{d)}	90	2,0E-05	7,5E-04	4,00E+02	Knochenober- fläche	6,4E-04	0,001	Bq/d
Cm-244	M	RL		1,7E-05	6,0E-04	5,00E+02	Knochenober- fläche	2,1E-02		Bq/m ³
Cm-244	M	U ^{d)}	180	1,7E-05	6,0E-04	5,00E+02	Knochenober- fläche	2,7E-04	0,001	Bq/d
Cm-244	M	S ^{d)}	90	1,7E-05	6,0E-04	5,00E+02	Knochenober- fläche	8,0E-04	0,001	Bq/d
Cm-246	M	RL		2,7E-05	1,1E-03	2,73E+02	Knochenober- fläche	1,1E-02		Bq/m ³
Cm-246	M	U ^{f)}	180	2,7E-05	1,1E-03	2,73E+02	Knochenober- fläche	1,5E-04	0,001	Bq/d
Cm-246	M	S ^{d)}	90	2,7E-05	1,1E-03	2,73E+02	Knochenober- fläche	4,4E-04	0,001	Bq/d
Cm-248	M	RL		9,5E-05	4,1E-03	7,32E+01	Knochenober- fläche	3,0E-03		Bq/m ³
Cm-248	M	U ^{e)}	180	9,5E-05	4,1E-03	7,32E+01	Knochenober- fläche	4,0E-05	0,001	Bq/d
Cm-248	M	S ^{f)}	90	9,5E-05	4,1E-03	7,32E+01	Knochenober- fläche	1,2E-04	0,001	Bq/d

- a) Das angegebene *Überwachungsverfahren* ist nur in Kombination mit Monitormessungen zu verwenden. Notwendige Nachmessungen mit dem angegebenen Überwachungsverfahren sind innerhalb des in Spalte 4 aufgeführten Zeitraumes durchzuführen.
- b) Ein Wert „ $\leq T$ “ bedeutet, dass eine Nachmessung mit dem angegebenen verfahren innerhalb von T Tagen erfolgen muss, um eine einmalige *Aktivitätszufuhr*, die zu einer effektiven Dosis von 1 mSv führt, zu erkennen.
- c) Es ist kein zutreffendes biokinetisches Modell bekannt.
- d) Die *Nachforschungsschwelle* ist mit dem *Überwachungsverfahren* erkennbar, aber nicht die Erfordernisschwelle.
- e) Eine Grenzwertüberschreitung ist mit dem *Überwachungsverfahren* nicht erkennbar.
- f) Eine Überschreitung der *Nachforschungsschwelle* ist mit dem Überwachungsverfahren nicht erkennbar.
- g) Es ist kein *Überwachungsintervall*, auch nicht kleiner als 7 Tage, angebbbar.

Erläuterungen zu Anhang 3.1

Spalte 1:

Radionuklide, die für eine *Inkorporationsüberwachung* in Frage kommen; Daten für nicht aufgeführte Radionuklide können direkt bei der *Leitstelle Inkorporationsüberwachung des BfS* nachgefragt werden.

Spalte 2:

Die chemischen Verbindungen des jeweiligen Radionuklids werden je einer von den drei *Absorptionsklassen* F (fast rate of absorption), M (moderate rate), S (slow rate) zugeordnet; diese Zuordnung ist der Tabelle in Anhang 3.2 zu entnehmen. Gase, Dämpfe und sonstige spezielle chemische Verbindungen sind explizit angegeben.

Bei organisch markierten Verbindungen können im konkreten Fall erhebliche Abweichungen von den in diesem Tabellenteil sowie von den im Anhang 7 angegebenen Datensätzen möglich sein. Nähere Angaben kann die leitstelle Inkorporationsüberwachung des BfS liefern.

Spalte 3:

Bezeichnungen für die anzuwendenden *Überwachungsverfahren*:

GK	Messung der Aktivität im Ganzkörper in Bq
LZ	Messung der Aktivität im Atemtrakt mittels Lungenzähler in Bq
RL	Messung der Aktivitätskonzentration in der Raumluft am Arbeitsplatz in Bq/m ³ zur Ermittlung der Körperdosis
Ap-Mon	Messung der Aktivitätskonzentration in der Raumluft am Arbeitsplatz in Bq/m ³ zur Kontrolle von Schwellenwertüberschreitungen
S	Messung der Aktivität im Stuhl, Ausscheidungsrate in Bq/d
SD	Messung der Aktivität in der Schilddrüse (in Bq)
U	Messung der Aktivität im Urin, Ausscheidungsrate in Bq/d, außer tritiiertem Wasser)

Spalte 4:

Überwachungsintervall in Tagen.

Im Fall von *Schwellenwertmessungen* mit Raumluftmonitoren (Ap-Mon) bedeutet die Angabe „kont.“ kontinuierliche Messung mit unverzüglicher Anzeige einer Schwellenwertüberschreitung gemäß Kapitel 2.3.3.

Spalten 5 und 6:

Dosiskoeffizienten $e(50)$ und $h_T(50)$ in Sv pro Bq inhalierter Aktivität ($AMAD = 5 \mu m$) für die effektive Dosis und für das Organ, dessen Dosisgrenzwert die *Aktivitätszufuhr* limitiert.

Spalte 7:

Richtwert: Wert für die *Aktivitätszufuhr* im Kalenderjahr, die zu einer effektiven Dosis bzw. zu einer Organdosis in Höhe der Grenzwerte für erwachsene Personen führt.

Spalte 8:

Angabe des Organs oder des Gewebes, falls dessen Grenzwert zu einem kleinerem *Richtwert der Jahresaktivitätszufuhr* führt als der aus dem Grenzwert für die effektive Dosis abgeleitete.

Spalte 9:

Dosimetrisch abgeleitete Anforderung an die Empfindlichkeit des *Überwachungsverfahrens* (*dosimetrische Nachweisgrenze*). Dieser Wert wird unter folgenden Annahmen abgeleitet:

- Gewährleistung des Nachweises einer effektiven Dosis von 1 mSv bzw. 10% des Organdosishgrenzwertes im Kalenderjahr.
- *Aktivitätszufuhr* erfolgt am ersten Tag eines *Überwachungsintervalls*.
- Konstante *Expositionsbedingungen* in jedem der n Überwachungsintervalle im Kalenderjahr; d.h., je *Überwachungsintervall* wird nur der n-te Teil der gesamten Aktivitätszufuhr, die zu den o.a. Dosissschwellen führt, inkorporiert.
- Im Fall der *Raumluftüberwachung* bezieht sich der Wert auf Inhalation über 2000 Stunden im Kalenderjahr mit einer Atemrate von 1,2 m³/h.

Spalte 10:

Praktische Nachweisgrenze, ausschließlich für die Aktivitätsbestimmung des in Spalte 1 angegebenen Radionuklids, die unter Routinebedingungen mit dem in Spalte 3 angegebenen *Überwachungsverfahren* erreichbar ist. Die Werte geben eine Orientierung für die in *Ringversuchen* nach Kapitel 4.5.2 einzusetzende Testaktivität.

Spalte 11:

Angabe der Messwerteinheit für die in Spalte 9 und 10 aufgeführten *Nachweisgrenzen*.

Anhang 3.2: Zuordnung der Absorptionsklassen und f_1 -Werte zu den chemischen Verbindungen

3.2.1 Absorptionsklassen

Element	Symbol	Absorptions- klasse	Verbindungen
1	2	3	4
Americium	Am	M	Alle
Antimon	Sb	F M	Nicht spezifizierte Verbindungen Oxide, Hydroxide, Sulfide, Sulfate und Nitrate
Barium	Ba	F	Alle
Beryllium	Be	M S	Nicht spezifizierte Verbindungen Oxide, Halogenide und Nitrate
Cadmium	Cd	F M S	Nicht spezifizierte Verbindungen Sulfide, Halogenide und Nitrate Oxide und Hydroxide
Caesium	Cs	F	Alle
Calcium	Ca	M	Alle
Cer	Ce	M S	Nicht spezifizierte Verbindungen Oxide, Hydroxide und Fluoride
Chlor	Cl	F M	Bestimmt durch verbindendes Kation Bestimmt durch verbindendes Kation
Chrom	Cr	F M S	Nicht spezifizierte Verbindungen Halogenide und Nitrate Oxide und Hydroxide
Curium	Cm	M	Alle
Europium	Eu	M	Alle
Eisen	Fe	F	Nicht spezifizierte Verbindungen

Element	Symbol	Absorptions- klasse	Verbindungen
1	2	3	4
		M	Oxide, Hydroxide und Halogenide
Gallium	Ga	F M	Nicht spezifizierte Verbindungen Oxide, Hydroxide, Carbide, Halogenide und Nitrate
Hafnium	Hf	F M	Nicht spezifizierte Verbindungen Oxide, Hydroxide, Halogenide, Carbide und Nitrate
Iod	I	F	Alle
Indium	In	F M	Nicht spezifizierte Verbindungen Oxide, Hydroxide, Halogenide und Nitrate
Iridium	Ir	F M S	Nicht spezifizierte Verbindungen Metallisches Iridium, Halogenide und Nitrate Oxide und Hydroxide
Kalium	K	F	Alle
Kobalt	Co	M S	Nicht spezifizierte Verbindungen Oxide, Hydroxide, Halogenide und Nitrate
Kupfer	Cu	F M S	Nicht spezifizierte anorganische Verbindungen Sulfide, Halogenide und Nitrate Oxide und Hydroxide
Lanthan	La	F M	Nicht spezifizierte Verbindungen Oxide und Hydroxide
Lutetium	Lu	M S	Nicht spezifizierte Verbindungen Oxide, Hydroxide und Fluoride
Magnesium	Mg	F M	Nicht spezifizierte Verbindungen Oxide, Hydroxide, Carbide, Halogenide und Nitrate

Element	Symbol	Absorptions- klasse	Verbindungen
1	2	3	4
Mangan	Mn	F M	Nicht spezifizierte Verbindungen Oxide, Hydroxide, Halogenide und Nitrate
Molybdän	Mo	F S	Nicht spezifizierte Verbindungen Molybdänsulfid, Oxide und Hydroxide
Natrium	Na	F	Alle
Neptunium	Np	M	Alle
Nickel	Ni	F M	Nicht spezifizierte Verbindungen Oxide, Hydroxide und Carbide
Niob	Nb	M S	Nicht spezifizierte Verbindungen Oxide und Hydroxide
Phosphor	P	F M	Nicht spezifizierte Verbindungen Einige Phosphate: bestimmt durch verbindendes Kation
Plutonium	Pu	M S	Nicht spezifizierte Verbindungen Unlösliche Oxide
Polonium	Po	F M	Nicht spezifizierte Verbindungen Oxide, Hydroxide und Nitrate
Praseodym	Pr	M S	Nicht spezifizierte Verbindungen Oxide, Hydroxide, Carbide und Fluoride
Promethium	Pm	M S	Nicht spezifizierte Verbindungen Oxide, Hydroxide, Carbide und Fluoride
Quecksilber	Hg	F M	Sulfate, alle organischen Verbindungen Oxide, Hydroxide, Halogenide, Nitrate und Sulfide
Radium	Ra	M	Alle
Rhenium	Re	F	Nicht spezifizierte Verbindungen

Element	Symbol	Absorptions- klasse	Verbindungen
1	2	3	4
		M	Oxide, Hydroxide, Halogenide und Nitrate
Rhodium	Rh	F M S	Nicht spezifizierte Verbindungen Halogenide Oxide und Hydroxide
Ruthenium	Ru	F M S	Nicht spezifizierte Verbindungen Halogenide Oxide und Hydroxide
Schwefel	S	F M	Sulfide und Sulfate: bestimmt durch verbindendes Kation Elementarer Schwefel, Sulfide und Sulfate: bestimmt durch verbindendes Kation
Scandium	Sc	F	Alle
Selen	Se	F M	Nicht spezifizierte anorganische Verbindungen Elementares Selen, Oxide, Hydroxide und Carbide
Silber	Ag	F M S	Nicht spezifizierte Verbindungen und metallisches Silber Nitrate und Sulfide Oxide, Hydroxide und Carbide
Strontium	Sr	F S	Nicht spezifizierte Verbindungen Strontiumtitanat (SrTiO_3)
Tantal	Ta	M S	Nicht spezifizierte Verbindungen Elementares Tantal, Oxide, Hydroxide, Halogenide, Carbide, Nitrate und Nitride
Technetium	Tc	F M	Nicht spezifizierte Verbindungen Oxide, Hydroxide, Halogenide und Nitrate
Tellur	Te	F M	Nicht spezifizierte Verbindungen Oxide, Hydroxide und Nitrate

Element	Symbol	Absorptions- klasse	Verbindungen
1	2	3	4
Thallium	Tl	F	Alle
Thorium	Th	M S	Nicht spezifizierte Verbindungen Oxide und Hydroxide
Uran	U	F M S	Die meisten sechswertigen Verbindungen, z.B. UF_6 , UO_2F_2 und $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ Weniger gut lösliche Verbindungen, z.B. UO_3 , UF_4 , UCl_4 und die meisten anderen sechswertigen Verbindungen Hochgradig unlösliche Verbindungen, z.B. UO_2 und U_3O_8
Ytterbium	Yb	M S	Nicht spezifizierte Verbindungen Oxide, Hydroxide und Fluoride
Yttrium	Y	M S	Nicht spezifizierte Verbindungen Oxide und Hydroxide
Zink	Zn	S	Alle
Zinn	Sn	F M	Nicht spezifizierte Verbindungen Zinn(IV)-phosphat, Sulfide, Oxide, Hydroxide, Halogenide und Nitrate
Zirkon	Zr	F M S	Nicht spezifische Verbindungen Oxide, Hydroxide, Halogenide und Nitrate Zirkoncarbide

3.2.2 f₁-Werte

Element	Symbol	f ₁	Verbindungen
1	2	3	4
Chrom	Cr	1E-01	Sechswertige Verbindungen
		1E-02	Dreiwertige Verbindungen
Kobalt	Co	1E-01	Nicht spezifische Verbindungen
		5E-02	Oxide, Hydroxide und anorganische Verbindungen
Molybdän	Mo	8E-01	Nicht spezifizierte Verbindungen
		5E-02	Molybdänsulfid
Plutonium	Pu	5E-04	Nicht spezifizierte Verbindungen
		1E-04	Nitrate
		1E-05	Unlösliche Oxide
Quecksilber	Hg	2E-02	Alle anorganischen Verbindungen
		1	Methylquecksilber
		4E-01	Nicht spezifizierte organische Verbindungen
Schwefel	S	8E-01	Anorganische Verbindungen
		1E-01	Elementarer Schwefel
		1	Organischer Schwefel
Selen	Se	8E-01	Nicht spezifizierte Verbindungen
		5E-02	Elementares Selen und Selenide
Strontium	Sr	3E-01	Nicht spezifizierte Verbindungen
		1E-02	Strontiumtitanat (SrTiO ₃)
Uran	U	2E-02	Nicht spezifizierte Verbindungen
		2E-03	Die meisten vierwertigen Verbindungen, z.B. UO ₂ , U ₃ O ₈ , UF ₄
Wolfram	W	3E-01	Nicht spezifizierte Verbindungen
		1E-02	Wolframsäure

Anhang 4: Räumliche und technische Ausstattung von Inkorporationsmessstellen, einschließlich des Zeit- und Personalbedarfs für Analysen und Messungen

Die grundsätzliche Ausstattung der *Inkorporationsmessstellen* ist von der Art der eingesetzten Überwachungsverfahren abhängig.

Für alle ist jedoch für den Datenaustausch mit dem *Strahlenschutzregister* beim BfS eine geeignete EDV-Anlage zur Eingabe, Verarbeitung, Ausgabe, Sicherung und Übermittlung von personenbezogenen Messdaten erforderlich.

Die folgende Aufzählung ist für jede Messstelle verbindlich, erhebt aber andererseits nicht den Anspruch auf Vollständigkeit.

4.1 Messung der Körper- oder Organaktivität

4.1.1 Raumeinheiten und Verkehrsflächen

- Eingangsbereich mit Warteraum, Umkleidekabine, Sanitärtrakt, Stellfläche für Kontaminationsmonitor, Büroarbeitsplatz,
- Personenmessraum mit
 - niedrigem Strahlenpegel,
 - konstanten Raumklimaverhältnissen,
 - offenem (Labyrinth- oder anderes geeignetes System) oder verschließbarem und von innen zu öffnendem Zugang und
 - Platz für die Installation des Messsystems und ausreichender Verkehrsfläche,
- Auswerteraum,
- Stellfläche zur sicheren Aufbewahrung von Phantomen, radioaktiven Präparaten und Geräten.

4.1.2 Messsysteme

- Detektorsystem(e) zur Erfassung der aus dem Körper austretenden Photonen-Strahlung einschließlich notwendiger Elektronik und Datenverarbeitung,
- Probandenstuhl/-liege.

4.1.3 Zusatzausrüstung

- Präparate für die innerbetriebliche Qualitätssicherung (*Eigenkontrolle*),
- Personenwaage und Maßband,
- Messgeräte zum Nachweis äußerer Kontaminationen von Körperoberflächen einschließlich Kopfhaar und/oder (Fuß)-Bekleidung,
- verschließbarer Schrank (feuerfest) für die Aufbewahrung von Datenträgern,
- Überwachung des Luftsauerstoffgehaltes bei Verwendung von Detektoren mit Flüssigstickstoffkühlung,
- Klimatisierung der Messräume und Filterung der Raumluft,
- Phantome zur Aktivitätskalibrierung,
- Fernsehüberwachung/Sprechverbindung in die Abschirmkammer,
- Ultraschallgerät zur Bestimmung der Gewebedicke beim Nachweis von niederenergetischen Photonenstrahlern ($E < 60 \text{ keV}$) oder gegebenenfalls zur Bestimmung von Organgrößen (optional).

4.2 Messung der Aktivität in den Ausscheidungen

4.2.1 Raumeinheiten

- Chemisches Laboratorium nach den "Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz für Laboratorien" [GUV 98]; beim Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen oberhalb der Freigrenzen nach Anlage III Tabelle 1 Spalten 2 und 3 StrlSchV entsprechend den Regeln für die Auslegung von Radionuklidlaboratorien nach DIN 25425 [DIN 95],
- Räumlichkeiten für Aufbewahrung von Chemikalien und Geräten, Probenvorbereitung sowie belüftetes Lager zur Probenaufbewahrung,
- Messraum mit niedrigem Strahlenpegel.

4.2.2 Messsysteme

Messsysteme zur Bestimmung der Aktivität von alpha-, beta- und gammastrahlenden Radionukliden, inklusive zugehöriger Elektronik und Datenverarbeitung.

4.2.3 Zusatzausrüstung

- Übliche Ausstattung eines Chemielaboratoriums,
- Einrichtung zur Trockenveraschung einschließlich Vorrichtungen gegen Geruchsbelästigung (z.B. Muffelofen mit integrierter Anlage zur katalytischen Nachverbrennung),
- radioaktive Standards für die Qualitätssicherung,
- verschließbarer Schrank (feuerfest) für die Aufbewahrung von Datenträgern,
- Schutzbehälter und Sicherheitsschränke zur Aufbewahrung von radioaktiven und gefährlichen Arbeitsstoffen gemäß Strahlenschutz- bzw. Gefahrstoffverordnung.

4.3 Werte für den Zeit- und Personalbedarf der Analysen und Messungen

Art der Messung / Analyse	Anzahl der pro Person und Jahr durchführbaren Messungen / Analysen der jeweiligen Art ^{a)}	Zeitspanne (in Arbeitstagen) vom Untersuchungsbeginn bis zum Vorliegen des Messergebnisses
<u>1. Körperaktivitätsmessungen:</u>		
Ganzkörpermessung	1200	1
Schilddrüsenmessung	1200	1
Lungenmessung	1000	4
Sonstige Teilkörpermessungen	500	3
<u>2. Ausscheidungsmessungen:</u>		
α -Spektrometrie, Urin/Stuhl	200	5 – 20
β -Messungen, Urin ohne bzw. mit einfacher Aufbereitung ^{b)}	1200	2 – 5
β -Messungen, Urin mit aufwändiger Aufbereitung ^{c)}	300	3 – 20
Massenspektrometrie (ICP-MS), mit einfacher Aufbereitung ^{b)}	1000	2-10
Massenspektrometrie (ICP-MS), Urin mit aufwändiger Aufbereitung ^{c)}	500	5-15
Neutronenaktivierung/Messung verzögerter Neutronen	1000	2-10
Ra-226 (Emanometrie)	400	15
<u>3. Raumluftaktivitätsmessungen:</u>		
Aktiniden	d)	7
Radiojodisotope	d)	1
Übrige Nuklide	d)	1

a) Bei dem Jahreswert sind durchschnittliche Aufwandszeiten für Kalibrierung, Gerätewartung, interne und externe Qualitätssicherung usw. berücksichtigt. Die Angaben beziehen sich auf eine Vollzeitstelle und auf je ein Messverfahren und Radionuklid. Außerdem wird davon ausgegangen, dass ausreichend Labor- und Messkapazitäten vorhanden sind, um parallel laufende Probenaufbereitungen und Messungen zu ermöglichen.

Bei ungünstigen Messbedingungen und Vorhaltung und/oder Durchführung mehrerer Analysen/Messmethoden kann die Anzahl ca. um den Faktor 2 kleiner und die Zeitspanne bis zum Vorliegen des Ergebnisses bis um den Faktor 2 länger sein.

b) Einfache Aufarbeitung: z.B. Destillation, Fällung, einfacher Aufschluss; die Angabe bezieht sich auf den Einsatz eines Messgerätes.

c) Aufwändige Aufarbeitung: radiochemischer Trennungsgang, z.B. für Sr-90, Am-241.

d) Da die Messungen weitgehend automatisierbar sind, ist die Anzahl der durchführbaren Messungen von der Anzahl der vorhandenen Messplätze sowie dem Sammel- und Messmodus (kontinuierlich/diskontinuierlich) abhängig.

Anhang 5: Mitzuteilende Überwachungsdaten

Liste der wichtigsten Merkmale (Auszug aus der INKFORM, ohne Wertelisten):	Mitteilungen an die Messstelle	Mitteilungen an den Auf- traggeber	Mitteilungen an das Strahlenschutz- register ¹⁵	Mitteilungen an die zuständige Behörde
Name	x	x	x	x
Vornamen	x	x	x	x
Titel	x	x	x	x
Letzter früherer Name	x	x	x	x
Geburtsdatum	x	x	x	x
Geburtsort	x	x	x	x
Geschlecht	x	x	x	x
Personenbezogene Beschäfti- gungskategorie	x	x	x	x
Registriernummer des Strahlen- passes	x	x	x	x
Anlass der Überwachung	x	x	x	x
Überwachungsintervall	x	x	x	x
Anfangsmonat des Zeitraums, dem die Dosis zuzurechnen ist	x	x	x	x
Endmonat des Zeitraums, dem die Dosis zuzurechnen ist	x	x	x	x
Auswerteverfahren		x	x	x
Effektive Dosis		x	x	x
Organ der Organdosis		x	x	x
Organdosis: Dosiswert		x	x	x
Anschrift des Betriebes	x	x	x	x
Strahlenschutzbeauftragter	x	x	x	x
Betriebskategorie	x	x	x	x
Messergebnis: Radionuklid, Aktivi- tät, Datum der Messung		x		x
Zugeführtes Radionuklid		x	x	x
Im Überwachungsintervall zuge- führte Aktivität des Radionuklid		x	x	x
Zu Grunde gelegter Zufuhrpfad		x	x	x
Zu Grunde gelegter Zeitverlauf der Zufuhr		x	x	x
Bei Radionuklidgemischen: Leitradionuklid		x	x	x
Bei Isotopengemisch: chemisches Element		x	x	x
Berechnungsbasis zur Dosis- bestimmung		x	x	x

¹⁵ Die erforderlichen Daten, Formate und Verfahren für die Übermittlung an das Strahlenschutzregister sind in der "Formatanforderung für die Übermittlung von Inkorporationsfeststellungen auf Datenträgern – INKFORM" festgelegt.

Anhang 6: Daten zur Eignung von Analysen- und Messverfahren

6.1 Berechnungsverfahren für die praktisch erreichbaren Nachweisgrenze

Bei der behördlichen Bestimmung der Messstelle sind die für die vorgesehenen Messverfahren erreichbaren *Nachweisgrenzen*, wie im Folgenden angegeben, zu berechnen.

6.1.1 Raumluftüberwachung

Bei angenähert konstanter Nulleffektzählrate der Messeinrichtung im Analysenlabor, d.h., bei poissonverteilter Zählrate, gilt gemäß DIN 25 482 Teil 1:

$$A_{N,RL} = \frac{K_G}{V_P} \cdot \left[(k_{1-\alpha} + k_{1-\beta}) \cdot \sqrt{R_0 \cdot \left(\frac{1}{t_0} + \frac{1}{t_b} \right)} + 0,25 \cdot (k_{1-\alpha} + k_{1-\beta})^2 \cdot \left(\frac{1}{t_0} + \frac{1}{t_b} \right) \right]$$

mit den Bezeichnungen:

$A_{N,RL}$	<i>Nachweisgrenze</i> für die Aktivitätskonzentration in der Raumluft
K_G	Kalibrierfaktor der Messeinrichtung (Aktivität pro Zählrate)
V_P	Volumen der über das Filter geleiteten Luft
R_0	Nulleffektzählrate der nicht beaufschlagten Filter
t_0	Dauer der Messung der nicht beaufschlagten Filter
t_b	Dauer der Messung der beaufschlagten Filter
$k_{1-\alpha}$	statistischer Faktor für Fehler 1. Art; für $\alpha = 0,05$ ist $k_{1-\alpha} = 1,645$
$k_{1-\beta}$	statistischer Faktor für Fehler 2. Art; für $\beta = 0,05$ ist $k_{1-\beta} = 1,645$

6.1.2 Körperaktivitätsmessung

Bei Verwendung von Detektoren mit hohem Energieauflösungsvermögen, z.B. HPGe-Detektoren, gilt gemäß DIN 25 482 Teil 5 [DIN 89]:

$$A_{N,DMh} = K_G \cdot (k_{1-\alpha} + k_{1-\beta}) \cdot \sqrt{\frac{R_0}{t} \cdot \left(1 + \frac{b}{2l} \right)}$$

mit den Bezeichnungen

$A_{N,DMh}$	<i>Nachweisgrenze</i> für die Körperaktivität bei der Messung mit Detektoren mit hohem Energieauflösungsvermögen
K_G	Kalibrierfaktor der Messeinrichtung für das jeweilige Radionuklid (Aktivität pro Zählrate)
R_0	Erwartungswert der Untergrundzählrate im Peakbereich der Breite b , ermittelt aus den an den Peakbereich angrenzenden Seitenbereichen der Länge l . Dabei müssen die Breite des Peakbereichs das 2,5fache und die Breite der Seitenbereiche jeweils das 1,25fache der Halbwertsbreite des Peaks betragen.
t	Messzeit für die zu untersuchende Person

Bei Verwendung von Detektoren mit niedrigem Energieauflösungsvermögen, z.B. NaI(Tl)-Detektoren, gilt gemäß DIN 25 482 Teil 1:

$$A_{N,DMn} = K_G \cdot (k_{1-\alpha} + k_{1-\beta}) \cdot \sqrt{R_0 \cdot \left(\frac{1}{t_0} + \frac{1}{t_b} \right)}$$

mit zusätzlich

- $A_{N,DMn}$ Nachweisgrenze für die Körperaktivität bei der Messung mit Detektoren mit niedrigem Energieauflösungsvermögen
 R_0 Zählrate eines Referenzphantoms ohne zusätzlicher Aktivität in dem Energiebereich, auf den sich der Kalibrierfaktor bezieht¹⁶ Dabei muss die Breite des Peakbereichs das 2,5fache der Halbwertsbreite des Peaks betragen
 t_0 Messzeit für das Referenzphantom
 t_b Messzeit für die zu untersuchende Person, im allgemeinen ist $t_b = t_0$

6.1.3 Ausscheidungsmessung

Bei Blindprobenmessungen mit Impulszahlen $N \geq 10$, d.h., Normalverteilung der Blindproben kann angenommen werden, gilt gemäß DIN 25482, Teil 6 [DIN 89]:

$$A_{N,Ex} = \frac{K_G \cdot m}{R \cdot d \cdot m_A} \cdot \left[t_{1-\alpha, f} + 1,6 \cdot \sqrt{1 + \frac{t_{1-\alpha, f}^2}{2 \cdot f}} \right] \cdot \sqrt{\frac{s_0^2}{n_b} + \frac{s_b^2}{n_0}}$$

mit den Beziehungen

$$s_0^2 = \frac{1}{n_0 - 1} \cdot \sum_{i=1}^{n_0} (R_{0,i} - \bar{R}_0)^2$$

$$s_b^2 = \frac{1}{n_b - 1} \cdot \sum_{i=1}^{n_b} (R_{b,i} - \bar{R}_b)^2$$

und

- $A_{N,Ex}$ Nachweisgrenze für die Aktivität in der Ausscheidung
 K_G Kalibrierfaktor der Messeinrichtung für das jeweilige Radionuklid (Aktivität pro Zählrate)
 R chemische Ausbeute der Probenaufbereitung
 d Anzahl der vollen Tage zu 24 h, an denen die zu untersuchende Ausscheidungsprobe gesammelt wurde
 m Menge (Volumen oder Masse) der gesammelten Ausscheidungsprobe
 m_A analysierter bzw. gemessener Aliquot (Volumen oder Masse) der gesamten Ausscheidungsprobe
 f Freiheitsgrad der Studentverteilung ($f = n_0 + n_b - 2$)

¹⁶ Das Referenzphantom soll dem Referenzmenschen mit einem Körpergewicht von 70 kg, einer Körpergröße von 170 cm und einem Kaliumgehalt von ca. 140 g entsprechen.

$t_{1-\alpha, f}$	Tabellenwert der Studentverteilung, z.B. DIN 25482 Teil 6 Tabelle 4 [DIN 89], mit $\alpha = 0,05$
n_0	Anzahl der Blindproben ($n_0 \geq 10$), repräsentativ verteilt ¹⁷
n_b	Anzahl der Analysenproben pro Ausscheidungsprobe ¹⁸
\bar{R}_0	Arithmetisches Mittel der Zählraten $R_{0,i}$ der n_0 Blindproben
\bar{R}_b	Arithmetisches Mittel der Zählraten $R_{b,i}$ der n_b Analysenproben pro Ausscheidungsprobe

Bei Blindprobenmessungen mit Impulszahlen $N < 10$ und geringem Einfluss der Probenbehandlung, d.h., es kann Poissonverteilung angenommen werden, gilt gemäß DIN 25 482 Teil 1:

$$A_{N, Ex} = \frac{K_G \cdot m}{R \cdot d \cdot m_A} \cdot \left[(k_{1-\alpha} + k_{1-\beta}) \cdot \sqrt{\bar{R}_0 \cdot \left(\frac{1}{n_0 \cdot t_0} + \frac{1}{n_b \cdot t_b} \right)} + 0,25 \cdot (k_{1-\alpha} + k_{1-\beta})^2 \cdot \left(\frac{1}{n_0 \cdot t_0} + \frac{1}{n_b \cdot t_b} \right) \right]$$

mit zusätzlich

t_0	Messzeit der Blindproben
t_b	Messzeit der Analysenproben

6.2 Akzeptanzkriterien für Richtigkeit und Präzision

Als Maß der *Richtigkeit* der Ergebnisse des Analysen- und Messverfahrens dient die mittlere relative Abweichung B vom Soll- oder *Referenzwert*. Die *Richtigkeit* ist ausreichend, wenn dafür das Kriterium erfüllt ist:

$$-0,25 < B < 0,5$$

mit

$$B = \frac{1}{m} \cdot \sum_{j=1}^m B_j$$

und

$$B_j = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n B_{i,j}$$

und

$$B_{i,j} = \frac{A_{i,j}}{A_{a,j}} - 1$$

Dabei ist

i	Laufindex der Wiederholmessungen
j	Laufindex (bei <i>Eigenkontrolle</i> Index für die Probenreihe, bei <i>Ringversuchen</i> Index für die teilnehmenden Messstellen)
$A_{a,j}$	Testaktivität der Probenreihe j bzw. Ringversuchsaktivität

¹⁷ Dabei können beliebig viele frühere Messungen aus der Routine, deren Ergebnisse unterhalb der *Erkennungsgrenze* liegen, einbezogen werden.

¹⁸ Für den Fall $n_b = 1$ und unter der Voraussetzung, dass die Streuung der Analysenproben sich nicht wesentlich von der der Blindproben unterscheidet, ist $s_b = s_0$ zu setzen.

$A_{i,j}$	Messwert i der Messstelle j für die Testaktivität $A_{a,j}$
n	Anzahl der Wiederholmessungen in der Messstelle ($n \geq 5$)
m	Anzahl der Probenserien bzw. der teilnehmenden Messstellen

Als Maß für die *Präzision* des Analysen- und Messverfahrens einer Messstelle dient die Standardabweichung s_A bezogen auf n Messungen der Testaktivität A_a . Die *Präzision* ist ausreichend, wenn dafür das Kriterium erfüllt ist:

$$s_A = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n \left(\frac{A_i}{A_a} - 1 \right)^2} \leq 0,4$$

Die Größe s_B ist ein Maß für die Präzision aller Testergebnisse bei der *Eigenkontrolle* bzw. der Ringversuchsergebnisse der teilnehmenden Messstellen:

$$s_B = \sqrt{\frac{1}{m-1} \cdot \sum_{j=1}^m (B_j - B)^2} \leq 0,4$$