

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.

Radionuklid	Index i	Arbeitsprozess	Index k	Inkorporationsfaktor a_k
Tc-99m	1	Tc-99m -Eluierung	1	10^{-4}
I-131	2	I-131-Lieferung (Auspacken und vermessen)	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):

$$\bar{A}_{1,1} = \frac{(9 + 7 + 6 + 5 + 3) \text{ GBq}}{5 \text{ d}}$$

$$= 6 \text{ GBqd}^{-1} \text{ Tc-99m}$$

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:

$$A_1 = 10^{-4} \cdot 6 \cdot 10^9 \text{ Bq d}^{-1} \cdot 130 \text{ d}$$

$$= 78 \text{ MBq Tc-99m}$$

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 $a_2 = 2 \cdot 10^{-6}$:

$$A_2 = 10^{-6} \cdot \bar{A}_{2,1} \text{ Bq d}^{-1} \cdot 48 \text{ d} + 2 \cdot 10^{-6} \cdot \bar{A}_{2,2} \text{ Bq d}^{-1} \cdot 130 \text{ d}$$

$$= 10^{-6} \cdot 7,5 \cdot 10^9 \text{ Bq d}^{-1} \cdot 48 \text{ d} + 2 \cdot 10^{-6} \cdot 1,5 \cdot 10^9 \text{ Bq d}^{-1} \cdot 130 \text{ d}$$

$$= 3,6 \cdot 10^5 \text{ Bq} + 3,9 \cdot 10^5 \text{ Bq}$$

$$= 7,5 \cdot 10^5 \text{ Bq I-131}$$

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:

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

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.