

## 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):

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

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

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  $800 \text{ Bq m}^{-3}$ . 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.