

Verordnung des EDI über die Personen- und Umgebungsdosimetrie (Dosimetrieverordnung)

vom ...

Entwurf Anhörung

Das Eidgenössische Departement des Innern (EDI), im Einvernehmen mit dem Eidgenössischen Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI), gestützt auf Artikel 79 Absatz 1 der Strahlenschutzverordnung vom...¹ (StSV), verordnet:

1. Kapitel: Allgemeine Bestimmungen

Art. 1 Gegenstand

Diese Verordnung regelt die technischen Bestimmungen zur Personen- und Umgebungsdosimetrie und legt die Anforderungen an die Dosimetriesysteme fest.

Art. 2 Begriffsbestimmungen

Für diese Verordnung gelten die Begriffsbestimmungen nach Artikel 2 und Anhang 1 der StSV und zusätzlich diejenigen nach Anhang 1 dieser Verordnung.

Art. 3 Aufsicht

Die anerkennenden Behörden nach Artikel 82 StSV beaufsichtigen die Personendosimetriestellen.

Art. 4 Gegenstand der Anerkennung einer Personendosimetriestelle

Die Anerkennung der Personendosimetriestelle erstreckt sich insbesondere auf folgende Gegenstände:

- a. Festlegung der Messgrössen;
- b. Strahlenarten und Radionuklide, die gemessen werden;
- c. Messmethoden, die angewendet werden;
- d. Format der Dosismeldung.

SR 814.501.43
1 SR 814.501

Art. 5 Veröffentlichung der Anerkennung

Die anerkennenden Behörden veröffentlichen die Liste der anerkannten Personendosimetriestellen.

Art. 6 Erfassung der wesentlichen Strahlungskomponenten

¹ Falls die effektive Dosis durch Photonen- oder Neutronenstrahlung nachweisbar nicht mehr als 10 Prozent zur gesamten Jahresdosis einer Person beitragen kann, so kann im Einverständnis mit der Aufsichtsbehörde die individuelle Ermittlung dieses Strahlenanteils entfallen.

² Die Erfassung der effektiven Dosis durch Inkorporation in Kontrollbereichen gemäss Artikel 91 Absatz 2 StSV wird in den nuklidspezifischen Datenblättern in Anhang 15 geregelt.

³ Für Arbeiten in Zonen nach Artikel 96 StSV kann die individuelle Ermittlung der effektiven Dosis durch Inkorporation im Einverständnis mit der Aufsichtsbehörde für die Nuklide entfallen, die zusammen nicht mehr als 1 mSv zur gesamten Jahresdosis einer Person beitragen können.

⁴ Wird in in einem Arbeitsbereich nach Artikel 95 StSV bei einer Tätigkeit mit offenen radioaktiven Quellen der jährliche, nuklidspezifische Umsatz von 200 Bewilligungsgrenzen (LA) resp. von 20 Bewilligungsgrenzen bei Tätigkeiten mit flüchtigen oder gasförmigen Quellen überschritten, muss eine Inkorporationsüberwachung durchgeführt werden.

Art. 7 Dosimetrie verpflichteter Personen bei erhöhter Radioaktivität

¹ Die ermittelten Dosiswerte von verpflichteten Personen sind zu protokollieren und zuhänden des Bundesamtes für Gesundheit (BAG) verfügbar zu halten.

² Die Dosimetrie kann von einer anerkannten Personendosimetriestelle durchgeführt werden. Das Eidgenössische Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (VBS) regelt alternative Möglichkeiten für die Dosimetrie verpflichteter Personen.

³ Falls eine Inkorporation vermutet wird, ist eine Inkorporationsüberwachung nach Artikel 34 vorzunehmen.

⁴ In hinreichend bekannten und homogenen Strahlenfeldern kann auf eine individuelle Dosismessung verzichtet werden, wenn die Dosis rechnerisch ermittelt wird.

2. Kapitel: Externe Bestrahlung von Personen**1. Abschnitt: Durchführung der Dosimetrie****Art. 8** Tragweise des Dosimeters

Das Ganzkörperdosimeter muss auf Brusthöhe, bei schwangeren Frauen auf Bauchhöhe getragen werden.

Art. 9 Tragen mehrerer Dosimeter

¹ Die überwachten Personen müssen mehrere Dosimeter tragen, wenn der Dosiswert eines einzigen Dosimeters infolge der Inhomogenität des Strahlenfeldes für die Bestimmung der effektiven Dosis nicht repräsentativ ist.

² Die Aufsichtsbehörde legt im Einzelfall fest, wie:

- a. die effektive Dosis aufgrund der Teilkörperdosen zu ermitteln ist;
- b. die Meldung an die Personendosimetriestelle zu erfolgen hat.

³ Für beruflich strahlenexponierte Personen, die sich während Arbeiten in der interventionellen Radiologie, als leitende Operateure oder Untersucher in unmittelbarer Nähe der Patientin oder des Patienten aufhalten müssen, ist das Tragen eines zweiten Dosimeters obligatorisch.

Art. 10 Tragweise mit Strahlenschutzschürze

¹ Das Dosimeter muss unter der Strahlenschutzschürze auf Brusthöhe getragen werden. Bei Verwendung eines zweiten Dosimeters muss dieses über der Strahlenschutzschürze auf Brusthöhe getragen werden. Es ist durch die Personendosimetriestelle speziell zu kennzeichnen.

² Mit zwei Dosimetern wird die totale individuelle Dosis wie folgt berechnet:

$$H_{total}(10) = H_{unter}(10) + a \cdot H_{über}(10)$$
$$H_{total}(0.07) = H_{unter}(0.07) + H_{über}(0.07)$$

wobei H_{unter} die unter der Strahlenschutzschürze und $H_{über}$ die über der Strahlenschutzschürze gemessene Dosis bedeutet und $a = 0.1$, wenn die Strahlenschutzschürze die Schilddrüse nicht schützt bzw. $a = 0.05$, wenn sie sie schützt.

³ Die Bewilligungsinhaberin oder der Bewilligungsinhaber meldet der Personendosimetriestelle:

- a. die Personen, welche ein zweites Dosimeter benötigen;
- b. ob diese einen Schilddrüsenschutz tragen.

⁴ Die Personendosimetriestelle berechnet die totale individuelle Dosis und meldet H_{unter} , $H_{über}$ und H_{total} dem Betrieb und dem zentralen Dosisregister.

Art. 11 Augenlinsendosis

¹ Die Äquivalentdosis für die Augenlinse wird der mit dem Ganzkörperdosimeter gemessenen Personen-Oberflächendosis $H_p(0.07)$ gleichgesetzt. Alternativ kann sie mit einem Augenlinsendosimeter gemessen und gemeldet werden.

² In inhomogenen Strahlenfeldern, in denen die Ganzkörperdosis für die Augenlinsendosis nicht repräsentativ ist, kann die Aufsichtsbehörde im Einzelfall verlangen, dass ein zweites Dosimeter in Augennähe getragen wird.

³ Werden zwei Ganzkörperdosimeter mit Bleischürze getragen, entspricht die Augenlinsendosis der totalen Personen-Oberflächendosis $H_{total}(0.07)$ gemäss Artikel 10 Absatz 2.

⁴ Beim Tragen einer Schutzbrille bestimmt die oder der Sachverständige im Einvernehmen mit der Aufsichtsbehörde einen individuellen Korrekturfaktor $f_L < 1$ und teilt diesen der Personendosimetriestelle mit. Die Personendosimetriestelle berechnet und meldet die individuelle Augenlinsendosis dem Betrieb und dem zentralen Dosisregister wie folgt:

$$1 \text{ Ganzkörperdosimeter: } H_{\text{Augenlinse}}(0.07) = f_L * H_p(0.07)$$

$$2 \text{ Ganzkörperdosimeter: } H_{\text{Augenlinse}}(0.07) = H_{\text{unter}}(0.07) + f_L * H_{\text{über}}(0.07)$$

wobei die Werte $H_{\text{unter}}(0.07)$ und $H_{\text{über}}(0.07)$ gemäss Artikel 10 Absatz 2 festgelegt werden.

Art. 12 Extremitätendosimeter

¹ Bei Tätigkeiten mit Strahlenquellen, bei welchen im Bereich der Hände hohe Dosisleistungen auftreten können, muss zusätzlich ein Extremitätendosimeter getragen werden. Dies ist insbesondere bei folgenden Tätigkeiten der Fall:

- a. Manipulationen in Arbeitsbereichen mit γ -Strahlern bei einem Umsatz über 200 LA pro Jahr;
- b. Manipulationen in Arbeitsbereichen mit β -Strahler mit $E_{\beta \text{ max}} > 1$ MeV im Arbeitsbereich Typ B oder bei einem Umsatz über 200 LA pro Jahr;
- c. Untersuchungen im Hochdosisbereich der interventionellen Radiologie;
- d. Justierungsarbeiten an analytischen Röntgenanlagen.

² Die Aufsichtsbehörde kann im Einzelfall verlangen, dass bei weiteren Tätigkeiten, bei welchen die Extremitätendosis pro Jahr über 25 mSv betragen kann, ein Extremitätendosimeter getragen werden muss.

³ Ein Extremitätendosimeter muss möglichst an derjenigen Stelle, an der die höchste Dosis zu erwarten ist, getragen werden.

Art. 13 Ermittlung der Extremitätendosis bei der Handhabung offener Quellen

¹ Bei der Handhabung offener Quellen wird die Extremitätendosis mit einem Korrekturfaktor aus der Fingerringdosis wie folgt berechnet:

$$H_{\text{extr}} = f_E * H_p(0.07)$$

wobei $H_p(0.07)$ die Fingerringdosis ist und f_E der Korrekturfaktor. Der Korrekturfaktor beträgt $f_E = 5$.

² Mit Einverständnis der Aufsichtsbehörde kann die Bewilligungsinhaberin oder der Bewilligungsinhaber individuelle Korrekturfaktoren mittels geeigneter Messungen festlegen und verwenden.

³ Die Bewilligungsinhaberin oder der Bewilligungsinhaber meldet der Personendosimetriestelle die Personen, die mit offenen Quellen arbeiten, und deren individuelle Korrekturfaktoren.

⁴ Die Personendosimetriestelle berechnet die individuelle Extremitätendosis und meldet $H_p(0.07)$, f_E und H_{extr} dem Betrieb und dem zentralen Dosisregister.

Art. 14 Aktive Personendosimeter als Zweitdosimeter

Die Aufsichtsbehörde kann in Einzelfällen verlangen, dass aktive Personendosimeter (APD) eingesetzt werden, insbesondere wenn:

- a. eine zeitnahe Expositionskontrolle der Personen im Strahlenfeld sicherzustellen ist (Jobdosimetrie);
- b. Massnahmen beim Erreichen oder Überschreiten von Alarmschwellen einzuleiten sind;
- c. strahlenexponierte Personen in Echtzeit über die Dosis, die sie während einer Tätigkeit erhalten, zu informieren und zu sensibilisieren sind;
- d. das Verhalten exponierter Personen im Strahlenfeld zu optimieren und damit die Individual- und Kollektivdosis zu senken sind.

Art. 15 Dosisermittlung beim Flugpersonal

¹ Der Luftfahrzeugbetreiber ermittelt die individuelle Dosis des beruflich strahlenexponierten Flugpersonals mittels einer von der Bewilligungsbehörde anerkannten Software.

² Die Software muss dem Stand der Technik entsprechen.

Art. 16 Verlängerung der Messperiode

Eine Verlängerung der Messperiode nach Artikel 73 Absatz 2 und Artikel 74 Absatz 2 StSV über einen Monat oder ein Quartal hinaus ist mit Einverständnis der Aufsichtsbehörde möglich, insbesondere wenn:

- a. die betroffenen Personen zusätzlich durch direkt ablesbare Personendosimetersysteme überwacht werden; oder
- b. eine Ortsdosimetrie mit Anzeige der Dosisleistung oder einem Alarm existiert.

2. Abschnitt: Technische Anforderungen an Dosimetriesysteme

Art. 17 Allgemeine Anforderungen

Die Messsysteme nach Artikel 80 Absatz 2 Buchstabe d StSV müssen die Bestimmung der operationellen Grössen nach Anhang 4 StSV für die Personendosimetrie bei externer Bestrahlung ermöglichen.

Art. 18 Anforderungen unter routinemässigen Bedingungen

Die Abweichung des unter routinemässigen Bedingungen ermittelten Dosiswertes H_m vom Sollwert der operationellen Grösse H_i muss für Photonenstrahlung innerhalb der im Anhang 2 festgelegten Schranken liegen.

Art. 19 Anforderungen für die Anerkennung

¹ Die Dosimetriesysteme müssen die Anforderungen nach den Anhängen 3–9 erfüllen.

² Die Abweichung des ermittelten Dosiswertes vom Sollwert unter Referenzbedingungen nach Artikel 23 darf nicht mehr als 10 Prozent betragen.

³ Die anerkennende Behörde kann im Einzelfall für die Ermittlung der Dosis die Anwendung eines Normalisierungsfaktors relativ zu den Referenzbedingungen erlauben, falls die Dosimeter in einem bekannten Strahlenfeld getragen werden, das sich erheblich vom Referenzstrahlenfeld unterscheidet.

⁴ Die anerkennende Behörde kann bezüglich der Energieabhängigkeit oder des Messbereiches Abweichungen von den Anforderungen gemäss den Anhängen 3–9 erlauben. Dazu muss von der Betreiberin oder vom Betreiber der Personendosimetriestelle nachgewiesen werden, dass:

- a. ihr oder sein Dosimetriesystem in Strahlenfeldern eingesetzt wird, die nur in einem Teilenergiebereich einen signifikanten Dosisbeitrag liefern; oder
- b. während der Strahlenexposition durch physikalische Gründe oder technische Massnahmen die Überschreitung eines bestimmten Dosishöchstwertes nicht möglich ist.

Art. 20 Zusätzliche Anforderungen für die Anerkennung von APD

¹ Ein APD muss nach den anerkannten Regeln der Technik typengeprüft sein.

² Durch geeignete Massnahmen und Vorkehrungen ist sicherzustellen, dass die Dosisdaten bis zum Transfer in den Datenspeicher der Personendosimetriestelle nicht gelöscht werden können.

³ Die Dosisleistungsabhängigkeit der Dosismessung, gegebenenfalls auch für gepulste Strahlung, muss spezifiziert sein.

⁴ Das Dosimeter muss den Anforderungen am Einsatzort gerecht werden.

Art. 21 Anforderungen an APD als Zweitdosimeter

¹ Die Anforderungen an zusätzliche APD nach Artikel 14 werden von der Aufsichtsbehörde für konkrete Anwendungen festgelegt. Die Anwendungen umfassen:

- a. die minimalen Messanforderungen;
- b. die Kalibrierung und Rückverfolgbarkeit;
- c. die Einstellung von Alarmschwellen; und
- d. die Qualitätssicherung.

² Die mit einem APD ermittelten Dosiswerte müssen nach einem Arbeitseinsatz ausgewertet und registriert werden.

Art. 22 Vergleichsmessungen

¹ Bei den Vergleichsmessungen nach Artikel 84 Absatz 2 StSV muss die Messgenauigkeit unter Referenzbedingungen nach Artikel 23 überprüft werden.

² Liegen die ermittelten Dosiswerte bei Referenzbedingungen ausserhalb von 10 Prozent des Sollwertes, so muss die Personendosimetriestelle die Ursache abklären und allenfalls eine Neukalibrierung des Dosimetriesystems vornehmen.

³ Werden bei Vergleichsmessungen ergänzende Tests durchgeführt, so müssen die Anforderungen nach Artikel 18 und den Anhängen 3–9 unter Berücksichtigung allfälliger Ausnahmen gemäss Artikel 19 Absätze 3 und 4 erfüllt sein.

3. Abschnitt: Definitionen und technische Festlegungen

Art. 23 Referenzbedingungen

Die Referenzbedingungen sind am Phantom nach Artikel 24 im Dosisbereich zwischen 2 und 10 mSv definiert für Strahlenfelder folgender Quellen:

- a. Photonen: Cäsium-137-Quelle
- b. Elektronen: Strontium/Yttrium-90-Quelle
- c. Neutronen: Americium/Beryllium-Quelle

Art. 24 Definition des Phantoms

¹ Das Phantom für Personendosimeter und Augenlinsendosimeter ist ein quaderförmiges Gefäss aus Polymethylmetacrylat/PMMA (Plexiglas) mit den Abmessungen von $30 \times 30 \times 15$ cm³ und einer Wandstärke von 10 mm (vorne: 2,5 mm). Es ist mit Wasser gefüllt.

² Das Phantom für Extremitätendosimeter ist ein Plexiglasstab mit einem Durchmesser von 19 mm und einer Länge von 300 mm.

Art. 25 Messgrössen

¹ Die operationellen Grössen für die Personendosimetrie müssen anhand von Konversionskoeffizienten nach Anhang 10 aus den folgenden Grössen abgeleitet werden:

- a. Luftkerma (K_a) für Photonen;
- b. Absorbierte Dosis (D_a) in Luft oder Elektronenfluss (Φ) für Elektronen;
- c. Neutronenfluss (Φ) für Neutronen.

² Die Rückführbarkeit der Messsysteme auf nationale Normale hat über die Grössen von Absatz 1 Buchstabe a–c zu erfolgen.

Art. 26 Bestrahlungsgeometrie für Photonen und Neutronen

Das Strahlungsfeld muss auf das Phantom zentriert und senkrecht dazu sein. Bezugspunkt ist das Zentrum der Vorderseite der Phantomoberfläche hinter dem Dosimeter. Die Distanz zwischen Quelle und Phantom muss für Photonenstrahlung mindestens 2 m betragen. Das Strahlungsfeld muss das gesamte Phantom abdecken.

Art. 27 Bestrahlungsgeometrie für Betastrahlung

Das Strahlungsfeld muss auf das Phantom zentriert und senkrecht dazu sein. Bezugspunkt ist das Zentrum der Vorderseite der Phantomoberfläche hinter dem Dosimeter. Die Distanz zwischen Quelle und Phantom muss mindestens 20 cm und höchstens 50 cm betragen. Das Strahlungsfeld muss das gesamte Phantom abdecken.

Art. 28 Referenzstrahlungsfelder

Die Referenzstrahlungsfelder nach Anhang 10 müssen den Normen ISO² 4037³ (Photonenstrahlung), ISO 8529⁴ (Neutronenstrahlung) und ISO 6980⁵ (Betastrahlung) entsprechen.

Art. 29 Bedingungen für die Kontrolle der Energieabhängigkeit

Die Energieabhängigkeit muss mit einem senkrechten Strahl auf das Phantom nach Artikel 24 und bei einem Referenzwert der operationellen Messgrösse zwischen 2 und 10 mSv geprüft werden.

Art. 30 Bedingungen für die Kontrolle der Winkelabhängigkeit

Die Winkelabhängigkeit muss mit unter verschiedenen Winkeln einfallenden Strahlen auf das Phantom nach Artikel 24 und bei einem Referenzwert der operationellen Messgrösse zwischen 2 und 10 mSv geprüft werden.

- 2 International Organization for Standardization.
Die in dieser Verordnung genannten technischen Normen der ISO können beim Bundesamt für Gesundheit, 3003 Bern, kostenlos eingesehen oder gegen Entgelt bei der Schweizerischen Normen-Vereinigung, Bürglistrasse 29, 8400 Winterthur, www.snv.ch bezogen werden.
- 3 ISO 4037-1, Ausgabe:1996-12
Röntgen- und Gamma-Referenzstrahlung für die Kalibrierung von Dosimetern und Dosisleistungsmessgeräten und die Bestimmung ihrer Energieabhängigkeit – Teil 1: Eigenschaften und Erzeugung der Strahlung.
ISO 4037-2, Ausgabe:1997-12
Röntgen- und Gamma-Referenzstrahlungen für die Kalibrierung von Dosimetern und Dosisleistungsmessgeräten und zur Bestimmung ihrer Energieabhängigkeit – Teil 2: Dosimetrie für den Strahlenschutz für die Energiebereiche von 8 keV bis 1,3 MeV und von 4 MeV bis 9 MeV.
ISO 4037-3, Ausgabe:1999-06
Röntgen- und Gamma-Referenzstrahlungsfelder für die Kalibrierung von Dosis- und Dosisleistungsmessgeräten und für die Ermittlung des Ansprechvermögens in Abhängigkeit von der Photonenenergie – Teil 3: Kalibrierung von Orts- und Personendosimetern und Messung ihres Ansprechvermögens in Abhängigkeit von Energie und Einfallswinkel.
ISO 4037-4, Ausgabe:2004-10
Röntgen- und Gamma-Referenzstrahlung zur Kalibrierung von Dosimetern und Dosisleistungsmessern und zur Bestimmung ihrer Ansprechempfindlichkeit als Funktion der Photonenenergie – Teil 4: Kalibrierung von Orts- und Personendosimetern in niedrigenergetischen Röntgen-Referenzstrahlungsfeldern.
- 4 ISO 8529-1, Ausgabe:2001-02
Neutronen-Referenzstrahlungen – Teil 1: Merkmale und Verfahren zur Erzeugung.
ISO 8529-2, Ausgabe:2000-08
Neutronen-Referenzstrahlungsfelder – Teil 2: Grundlagen für die Kalibrierung von Strahlenschutz-Messgeräten bezüglich der das Strahlungsfeld charakterisierenden Basisgrössen.
ISO 8529-3, Ausgabe:1998-11
Neutronen-Referenzstrahlungen – Teil 3: Kalibrierung von Orts- und Personendosimetern und Ermittlung ihres Ansprechvermögens in Abhängigkeit von der Neutronenenergie und des Einfallswinkels.
- 5 ISO 6980, Ausgabe:1996-10
Beta-Referenzstrahlung für die Kalibrierung von Dosis- und Dosisleistungsmessgeräten, und für die Bestimmung ihrer Energieabhängigkeit.

Art. 31 Bedingungen für die Prüfung der Reproduzierbarkeit

Die Reproduzierbarkeit muss unter Referenzbedingungen geprüft werden. Dazu ist die Streuung der Dosen, die von mehreren unter gleichen Bedingungen bestrahlten Dosimetern angezeigt werden, zu ermitteln.

Art. 32 Fading

Der Effekt des Fadings auf den Dosiswert muss unter den normalen Betriebsbedingungen über eine Messperiode ermittelt werden.

Art. 33 Rundung der Dosiswerte

¹ Die Messwerte in mSv sind von den Personendosimetriestellen nach Abzug des Untergrundes auf eine Nachkommastelle zu runden.

² Davon abweichend sind für Personendosimeter für Photonenstrahlung im untersten Dosisbereich (<0,1 mSv) Messwerte unterhalb 0,075 mSv auf 0 abzurunden, Messwerte von 0,075 mSv und höher auf 0,1 mSv aufzurunden.

3. Kapitel: Interne Bestrahlung von Personen**1. Abschnitt: Durchführung der Dosimetrie****Art. 34** Inkorporationsüberwachung

¹ Bei der individuellen Inkorporationsüberwachung wird die im Körper gespeicherte oder die ausgeschiedene Aktivität gemessen.

² Die Messmethode muss die Anforderungen nach Anhang 15 erfüllen.

³ Wird der anerkennenden Behörde der Nachweis erbracht, dass eine andere Messmethode oder ein anderes Überwachungsintervall gleichwertig oder besser ist als die in Anhang 15 genannten, so sind Anpassungen bei den Inkorporationsmessungen nach Artikel 35 Absatz 1 Buchstabe b zulässig.

Art. 35 Messverfahren

¹ Die Inkorporationsüberwachung ist wie folgt durchzuführen:

- a. mittels einer Triagemessung durch den Betrieb gemäss den Anforderungen der Aufsichtsbehörde; oder
- b. mittels einer Inkorporationsmessung mit geeigneter Apparatur durch eine anerkannte Personendosimetriestelle.

² Die Ergebnisse der Triagemessung werden nicht zur Dosisermittlung verwendet.

³ Liegt das Resultat einer Triagemessung über der nuklidspezifischen Messschwelle nach Anhang 15, so ist eine Inkorporationsmessung durchzuführen.

Art. 36 Überwachungsintervalle

- ¹ Die Überwachungsintervalle für bestimmte Nuklide sind im Anhang 15 festgelegt.
- ² Für Nuklide, die nicht in Anhang 15 enthalten sind, sind die Überwachungsintervalle so zu wählen, dass eine tatsächliche zu Beginn oder am Schluss des Intervalls stattgefundene Inkorporation um nicht mehr als einen Faktor 3 unter- beziehungsweise überschätzt wird.
- ³ Bei radioaktiven Stoffen mit sehr kurzen effektiven Halbwertszeiten (< 1 Tag) hat die Überwachung der Inkorporation durch häufige, zum Beispiel arbeitstägliche Triagemessungen zu erfolgen.
- ⁴ Ist der Arbeitseinsatz in einem Kontrollbereich zeitlich kürzer als das Überwachungsintervall für das dort gehandhabte Nuklid oder die dort für die Inkorporationsdosis relevanten Nuklide, so ist nach der Beendigung des Arbeitseinsatzes eine Triagemessung durchzuführen.

Art. 37 Nuklidgemische

- ¹ Ist von einer gleichbleibenden Nuklidzusammensetzung auszugehen, so kann sich die Inkorporationsmessung auf ein Leitnuklid beschränken.
- ² Die Dosisbestimmung aufgrund des überwachten Leitnuklides ist zu dokumentieren.

Art. 38 Messung der Aktivitätskonzentration in der Atemluft

In besonderen Fällen, wenn sich eine individuelle Inkorporationsüberwachung nicht eignet, kann mit Zustimmung der Aufsichtsbehörde stattdessen eine Messung der Aktivitätskonzentration in der Atemluft erfolgen.

Art. 39 Spezielle Nuklide

Bestehen für bestimmte Nuklide keine anerkannten Inkorporationsmessstellen, entscheiden die Aufsichtsbehörden, an welchen Stellen und mit welchen Verfahren (Häufigkeit und Messmethode) die entsprechenden Untersuchungen durchgeführt werden sollen.

Art. 40 Dosisermittlung bei Radonexposition

- ¹ Die Dosisermittlung bei einer Exposition durch Radon nach Artikel 63 Absatz 1 Buchstabe d StSV wird von einer für Radon anerkannten Personendosimetriestelle oder von der Bewilligungsinhaberin oder dem Bewilligungsinhaber durchgeführt.
- ² Die Dosisermittlung erfolgt nach Anhang 12.
- ³ Die Aufsichtsbehörde bestimmt in Absprache mit der Bewilligungsinhaberin oder dem Bewilligungsinhaber den Gleichgewichtsfaktor (F).
- ⁴ Die Bewilligungsinhaberin oder der Bewilligungsinhaber kann mit Einverständnis der Aufsichtsbehörde einen Gleichgewichtsfaktor (F) mittels geeigneter Messungen festlegen und verwenden.

2. Abschnitt:

Durchführung von Triagemessungen und Bedingungen für die Anerkennung von Inkorporationsmessstellen

Art. 41 Triagemessungen

¹ Die nuklidspezifische Messschwelle bei Triagemessgeräten muss mittels Kalibrierung oder einer Vergleichsmessung festgelegt und alle drei Jahre überprüft werden.

² In betriebsinternen Weisungen müssen dokumentiert werden:

- a. die für die Triagemessungen gewählte Vorgehensweise, insbesondere Dosisleistungsmessung, Urinanalyse mittels Flüssigszintillationsmessung, Schilddrüsenmessung;
- b. die Kalibrierung; und
- c. die qualitätssichernden Massnahmen.

³ Die Resultate der Triagemessungen müssen individuell protokolliert werden.

Art. 42 Anerkennung von Inkorporationsmessstellen

¹ Die Anerkennung einer Inkorporationsmessstelle nach Artikel 80 - 82 StSV erfolgt für definierte Nuklide.

² Bei der Ausscheidungsanalyse müssen die gemessenen Aktivitäten, respektive Aktivitätskonzentrationen bestimmt werden können:

- a. zwischen dem 10-fachen Wert und dem 100-fachen Wert der Messschwelle nach Anhang 13; und
- b. mit einer maximalen Abweichung zum Sollwert von 20 Prozent.

³ Für Direktmessungen muss die Aktivität in einem Phantom, das von der anerkennenden Behörde genehmigt ist, bestimmt werden können:

- a. zwischen der Messschwelle nach Anhang 15 und deren 100-fachem Wert;
- b. mit einer maximalen Abweichung vom Messwert von 20 Prozent.

⁴ Die Messsysteme müssen dem Stand der Technik entsprechen und durch eine ununterbrochene Kette von Vergleichsmessungen auf geeignete Normale rückführbar sein.

3. Abschnitt: Standardmodelle für die Berechnungen

Art. 43 Standardberechnung

¹ Die Standardberechnung der effektiven Folgedosen hat nach Anhang 11 zu erfolgen.

² Die für die Berechnungen zu verwendenden nuklidspezifischen Daten sind in Anhang 15 festgelegt.

³ Für die Berechnung der Dosis im Routinebetrieb wird angenommen, dass der Inkorporationszeitpunkt in der Mitte des Überwachungsintervalles liegt. Ist der Inkorporationszeitpunkt bekannt, so sind die tatsächlichen Zeiten zu berücksichtigen.

⁴ Falls nachgewiesen wird, dass das radioaktive Material in der verwendeten Form einen vom Standardmodell abweichenden Stoffwechsel im Körper aufweist, ist mit Einverständnis der anerkennenden Behörde für die Inkorporationsmessungen ein Modell zu verwenden, das den betreffenden Fall besser beschreibt.

4. Kapitel: Umgebungsdosimetrie

1. Abschnitt: Allgemeine Definitionen und Vorgaben

Art. 44 Zweck der Umgebungsdosimetrie

Mithilfe der Umgebungsdosimetrie ist die Ortsdosis respektive die Ortsdosisleistung ausserhalb von Betrieben zu bestimmen:

- a. zum Nachweis von Direktstrahlung (inkl. Skyshine) aus Betrieben;
- b. zum Nachweis von Abweichungen vom natürlichen Untergrund infolge radioaktiver Substanzen; und
- c. zur Ermittlung von Zusatzinformationen zu Strahlenfeldern und der Dosisverteilung nach Störfällen.

Art. 45 Dosimetriesysteme zur Durchführung der Umgebungsdosimetrie

¹ Systeme für die Umgebungsdosimetrie werden in vier Typen eingeteilt:

- a. Typ 1: ortsfeste passive Dosimeter mit einer Expositionszeit, die in der Regel bei mindestens einem Monat liegt;
- b. Typ 2: ortsfeste Dosisleistungsmessgeräte mit automatischer Messwertübertragung;
- c. Typ 3: mobile Dosisleistungsmessgeräte;
- d. Typ 4: Spektrometrie-Messsysteme mit Auswertalgorithmus für die Ortsdosisleistung.

² Die mit Umgebungsdosimetriesystemen zu ermittelnde Dosisgrösse ist das Umgebungs-Dosisäquivalent $H^*(10)$. Die Rückverfolgbarkeit der Messsysteme auf nationale Normale erfolgt nach Anhang 14 über:

- a. Luftkerma (K_a) für Photonen;
- b. Neutronenfluenz (Φ) für Neutronen.

Art. 46 Qualitätssicherung

¹ Für die Messsysteme muss ein Qualitätssicherungsprogramm bestehen.

² Die Kalibrierung muss auf nationale Normale rückführbar sein.

³ Die Prüfung der Messbeständigkeit von Umgebungsdosimetriesystemen der Typen 2 und 3 richtet sich nach Artikel 15 der Verordnung des EJPD vom 7. Dezember 2012⁶ über Messmittel für ionisierende Strahlung (StMmV).

⁴ Die Ermittlung der Ortsdosisleistung mit Umgebungsdosimetriesystemen des Typs 4 muss experimentell verifiziert werden.

Art. 47 Vergleichsmessungen und Kontrollen

¹ Bei Vergleichsmessungen von Systemen des Typs 1 muss die Messgenauigkeit unter Referenzbedingungen überprüft werden. Solche Vergleichsmessungen sind regelmässig durchzuführen.

² Liegen die ermittelten Dosiswerte bei Vergleichsmessungen und Kontrollen unter Referenzbedingungen nach Artikel 48 ausserhalb von 20 Prozent des Sollwertes, so muss der Betreiber des Umgebungsdosimetriesystems die Ursachen abklären und Korrekturmassnahmen, beispielsweise eine Nachkalibrierung, ergreifen.

³ Werden bei Vergleichsmessungen ergänzende Tests durchgeführt, so müssen die Anforderungen nach Anhang 13 erfüllt sein.

⁴ Systeme des Typs 4 sind, soweit solche vorhanden sind, ebenfalls bei Vergleichsmessungen zu prüfen.

2. Abschnitt: Technische Vorgaben

Art. 48 Referenzbedingungen

¹ Für Referenzbestrahlungen sind für Photonen und Neutronen die Strahlenfelder zu verwenden, die gemäss der StMmV für die Eichung vorgeschrieben sind.

² Die Bestrahlungsbedingungen müssen den Vorgaben der StMmV entsprechen.

³ Die Bestrahlung muss für Systeme des Typs 1 mit einer Dosis zwischen 0,5 und 5 mSv, für Systeme der Typen 2 und 3 mit einer Dosisleistung zwischen 0,1 und 10 mSv/h erfolgen.

Art. 49 Technische Anforderungen

¹ Die Umgebungsdosimetriesysteme müssen dem Stand der Technik entsprechen und die Anforderungen nach Anhang 13 erfüllen.

² Für die Ermittlung der Dosis ist die Anwendung eines Normalisierungsfaktors relativ zu den Referenzbedingungen erlaubt, falls die Dosimeter in einem bekannten Strahlenfeld aufgestellt werden, das sich erheblich vom Referenzstrahlenfeld unterscheidet.

³ Bezüglich der Energieabhängigkeit sind Abweichungen von den Anforderungen gemäss Anhang 13 erlaubt, falls das Dosimetriesystem in Strahlenfeldern eingesetzt wird, die nur in einem Teilenergiebereich einen signifikanten Dosisbeitrag liefern.

⁶ SR 941.210.5

5. Kapitel: Schlussbestimmungen

Art. 50 Aufhebung eines anderen Erlasses

Die Verordnung vom 7. Oktober 1999⁷ über die Personendosimetrie wird aufgehoben.

Art. 51 Inkrafttreten

Diese Verordnung tritt am ... in Kraft.

...

Eidgenössisches Departement des Innern:
Alain Berset

⁷ AS..2000 804; AS 2007 5699

Begriffsbestimmungen

Vorbemerkung

Die Begriffe sind in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt.

Dauerinkorporation

Andauernde Aufnahme radioaktiver Stoffe in den menschlichen Organismus durch Ingestion, Inhalation oder durch Aufnahme durch die Haut.

Fading

Differenz zwischen Messwert und Sollwert in Abhängigkeit von der Zeitspanne zwischen Bestrahlung und Auswertung relativ zum Sollwert in (%/Monat).

Fluenz

Die Fluenz in einem Punkt eines Strahlenfeldes ist die Anzahl der Teilchen, welche in eine kleine, um diesen Punkt zentrierte Kugel eintreten, dividiert durch die Querschnittsfläche dieser Kugel (cm⁻²).

Gleichgewichtsfaktor F

Der Gleichgewichtsfaktor F ist das Verhältnis von gleichgewichtsäquivalenter Radon-Aktivitätskonzentration zu realer Radon-Aktivitätskonzentration.

Für Rn-222 beträgt der Gleichgewichtsfaktor 1, wenn sich die gesamten Radon-Folgeprodukte in Luft befinden (also kein Plate-out stattfindet). Andererseits geht der Gleichgewichtsfaktor gegen Null, wenn alle Folgeprodukte aus der Luft kontinuierlich (mittels Plate-out, bspw. durch Luftreinigungssysteme) entfernt werden. Für Wohnräume wird im Allgemeinen F=0.4 angenommen

Halbwertszeit, effektive

Die *effektive* Halbwertszeit berechnet sich wie folgt aus der *biologischen* und der *physikalischen* Halbwertszeit eines Nuklides:

$$T_{1/2 \text{ eff}} = \frac{T_{1/2 \text{ biol}} \cdot T_{1/2 \text{ phys}}}{T_{1/2 \text{ biol}} + T_{1/2 \text{ phys}}}$$

Inkorporationsmessung

Bestimmung der effektiven Folgedosis E₅₀ aufgrund der gemessenen Körperaktivität oder der Aktivität in den Ausscheidungen.

Kerma

Kerma ist die Summe der Anfangswerte der kinetischen Energien der in einem Volumenelement der Materie durch indirekt ionisierende Strahlung erzeugten geladenen Teilchen pro Masseneinheit (**kinetic energy released in material**) (J/kg, Gy).

Leitnuklid

Für die Dosisbestimmung repräsentatives Nuklid in einem Nuklidgemisch.

Triagemessung

Messverfahren zur Feststellung von Inkorporationen ohne Bestimmung der entsprechenden effektiven Dosis.

Anforderungen unter routinemässigen Bedingungen an Personendosimeter für Photonenstrahlung

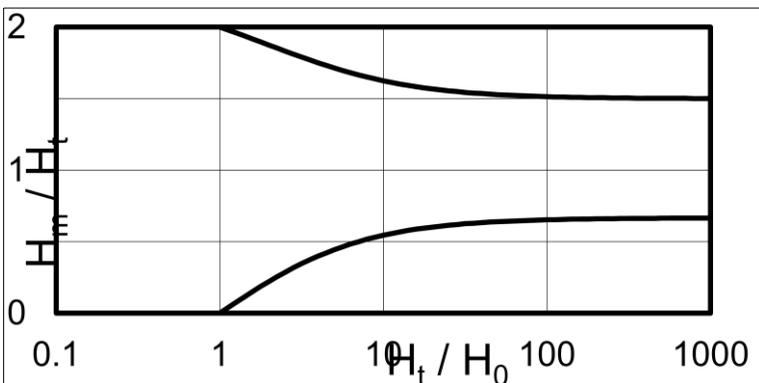
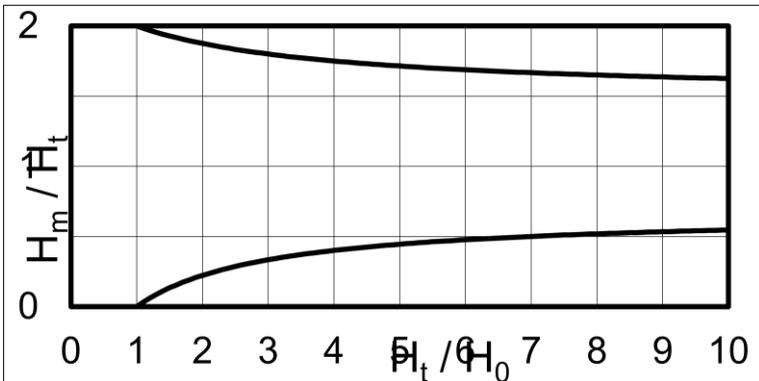
für $H_t \leq H_0$: $0 \leq H_m \leq 2H_0$

für $H_t > H_0$: $\frac{1}{1.5} \left(1 - \frac{2H_0}{H_0 + H_t} \right) \leq H_m / H_t \leq 1.5 \left(1 + \frac{H_0}{2H_0 + H_t} \right)$

H_t ist der Sollwert der operationellen Grösse

H_m ist der unter Routinebedingungen ermittelte Dosiswert

H_0 ist die tiefste Dosis, die messbar sein muss (siehe Anhänge 3 und 6)



⁸ Bereinigt gemäss Ziff. II Abs. 1 der V des EDI und UVEK vom 7. Nov. 2007, in Kraft seit 1. Jan. 2008 (AS 2007 5699).

Anforderungen an ein Personendosimeter für Photonenstrahlung

- a. Messgrößen
 $H_p(10)$ und $H_p(0,07)$
- b. Tiefste Dosis, die messbar sein muss
 $H_0 = 0,1$ mSv für $H_p(10)$
 $H_0 = 1$ mSv für $H_p(0,07)$
- c. Messbereich
 H_0 bis 5 Sv
- d. Linearität
Abweichung $< 15\%$ im Bereich [1 mSv, 5 Sv]
- e. Energieabhängigkeit
Für Photonenstrahlung mit Energien zwischen 20 keV und 5 MeV

$$0,7 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 1,3 \quad \text{für } H_p(10)$$

Für Photonenstrahlung mit Energien zwischen 10 keV und 300 keV; unter Sekundärelektronengleichgewicht bis 5 MeV

$$0,7 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 1,3 \quad \text{für } H_p(0,07)$$

- f. Winkelabhängigkeit
 $< 20\%$ bis 60° für Energien > 60 keV
- g. Reproduzierbarkeit
Standardabweichung $s \leq 10\%$ für $H_p(10)$ und $H_p(0,07)$
- h. Fading
Effekt $< 10\%$ /Monat

Anhang 4
(Art. 19 und 22 Abs. 3)

Anforderungen an ein Personendosimeter für Betastrahlung

- a. Messgrösse:
 $H_p(0,07)$
- b. Tiefste Dosis, die messbar sein muss
 $H_0 = 1 \text{ mSv}$
- c. Messbereich
 H_0 bis 5 Sv
- d. Linearität
Abweichung $< 15 \%$ im Bereich [1 mSv, 5 Sv]
- e. Energieabhängigkeit
Für Betastrahlung von Thallium-204 oder Krypton-85:

$$0,1 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 2,0$$

Falls das System mit Photonenstrahlung kalibriert wurde, gilt zusätzlich für Betastrahlung von Strontium-90/Yttrium-90:

$$0,5 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 2,0$$

- f. Reproduzierbarkeit
Standardabweichung $s \leq 10\%$
- g. Fading
Effekt $< 10 \%$ /Monat

Anhang 5
(Art. 19 und 22 Abs. 3)

Anforderungen an ein Personendosimeter für Neutronenstrahlung

- a. Messgrösse
 $H_p(10)$
- b. Tiefste Dosis, die messbar sein muss
 $H_0 = 0,5 \text{ mSv}$
- c. Messbereich
 H_0 bis 5 Sv
- d. Linearität
Abweichung < 30 % im Bereich [1 mSv; 5 Sv]
- e. Energieabhängigkeit

$$0,3 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 3,0$$

für realistische Feldspektren im Einsatzbereich des Dosimeters

- f. Reproduzierbarkeit
Standardabweichung $s \leq 50\%$
- g. Fading
Effekt < 30 %/Monat

Anhang 6
(Art. 19 und 22 Abs. 3)

Anforderungen an ein Extremitätendosimeter für Photonenstrahlung

- a. Messgrösse
 $H_p(0,07)$
- b. Tiefste Dosis, die messbar sein muss
 $H_0 = 1 \text{ mSv}$
- c. Messbereich
 H_0 bis 5 Sv
- d. Linearität
Abweichung $< 15 \%$ im Bereich [1 mSv, 5 Sv]
- e. Energieabhängigkeit
Für Photonenstrahlung mit Energien zwischen 10 keV und 300 keV; unter Sekundärelektronengleichgewicht bis 1,5 MeV

$$0,5 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 2,0$$

- f. Winkelabhängigkeit
 $< 20 \%$ bis 60° für Energien $> 60 \text{ keV}$
- g. Reproduzierbarkeit
Standardabweichung $s \leq 15\%$
- h. Fading
Effekt $< 10 \%$ /Monat

Anhang 7
(Art. 19 und 22 Abs. 3)

Anforderungen an ein Extremitätendosimeter für Betastrahlung

- a. Messgrösse:
 $H_p(0,07)$
- b. Tiefste Dosis, die messbar sein muss
 $H_0 = 1 \text{ mSv}$
- c. Messbereich
 H_0 bis 5 Sv
- d. Linearität
Abweichung $< 15 \%$ im Bereich [1 mSv, 5 Sv]
- e. Energieabhängigkeit
Für Betastrahlung von Thallium-204 oder Krypton-85:

$$0,1 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 2,0$$

Falls das System mit Photonenstrahlung kalibriert wurde, gilt zusätzlich für Betastrahlung von Strontium-90/Yttrium-90:

$$0,5 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 2,0$$

- f. Reproduzierbarkeit
Standardabweichung $s \leq 15\%$
- g. Fading
Effekt $< 10 \%$ /Monat

Anhang 8
(Art. 19 und 22)

Anforderungen an ein Augenlinsendosimeter für Photonenstrahlung

- a. Messgrösse
 $H_p(0,07)$
- b. Tiefste Dosis, die messbar sein muss
 $H_0 = 0.1 \text{ mSv}$
- c. Messbereich
 H_0 bis 5 Sv
- d. Linearität
Abweichung $< 15 \%$ im Bereich [1 mSv, 5 Sv]
- e. Energieabhängigkeit
Für Photonenstrahlung mit Energien zwischen 10 keV und 300 keV; unter Sekundärelektronengleichgewicht bis 1,5 MeV

$$0,5 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 2,0$$

- f. Winkelabhängigkeit
 $< 20 \%$ bis 60° für Energien $> 60 \text{ keV}$
- g. Reproduzierbarkeit
Standardabweichung $s \leq 15\%$
- h. Fading
Effekt $< 10 \%$ /Monat

Anforderungen an ein Augenlinsendosimeter für Betastrahlung

- a. Messgrösse:
 $H_p(0,07)$
- b. Tiefste Dosis, die messbar sein muss
 $H_0 = 1 \text{ mSv}$
- c. Messbereich
 H_0 bis 5 Sv
- d. Linearität
Abweichung < 15 % im Bereich [1 mSv, 5 Sv]
- e. Energieabhängigkeit
Für Betastrahlung von Thallium-204 oder Krypton-85:

$$0,1 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 2,0$$

Falls das System mit Photonenstrahlung kalibriert wurde, gilt zusätzlich für Betastrahlung von Strontium-90/Yttrium-90:

$$0,5 \leq \frac{H_m}{H_t} \leq 2,0$$

- f. Reproduzierbarkeit
Standardabweichung $s \leq 15\%$
- g. Fading
Effekt < 10 %/Monat

Anhang 10⁹
(Art. 25 und 28)

Konversionskoeffizienten für die Personendosimetrie

a. Konversionskoeffizienten für Photonen

Konversionskoeffizienten von Luftkerma in Personen-Tiefendosen $H_p(10)$ und Personen-Oberflächendosen $H_p(0,07)$ im Quaderphantom (Art. 24) für Personendosimeter

Qualität/ Quelle	Mittlere Energie (keV)	Konversionskoeffizienten (Sv/Gy)									
		$h_p(10; \alpha)$ für Winkel α von					$h_p(0,07; \alpha)$ für Winkel α von				
		0°	15°	30°	45°	60°	0°	15°	30°	45°	60°
N-15	12						0,96	0,95	0,95	0,95	0,93
N-20	16						0,98	0,98	0,98	0,98	0,97
N-25	20	0,55	0,54	0,50	0,41	0,28	1,03	1,03	1,03	1,02	1,02
N-30	24	0,79	0,77	0,74	0,65	0,49	1,10	1,10	1,10	1,09	1,07
N-40	33	1,17	1,15	1,12	1,02	0,85	1,27	1,26	1,26	1,23	1,19
N-60	48	1,65	1,63	1,59	1,47	1,27	1,55	1,54	1,53	1,49	1,42
Am-241	59	1,89	1,87	1,83	1,72	1,50	1,72	1,71	1,69	1,65	1,57
N-80	65	1,88	1,86	1,83	1,71	1,50	1,72	1,70	1,70	1,65	1,58
N-100	83	1,88	1,87	1,82	1,73	1,53	1,72	1,70	1,70	1,66	1,60
N-120	100	1,81	1,79	1,76	1,68	1,51	1,67	1,66	1,65	1,62	1,58
N-150	118	1,73	1,71	1,68	1,61	1,46	1,61	1,60	1,60	1,58	1,54
N-200	164	1,57	1,56	1,55	1,49	1,38	1,49	1,49	1,49	1,49	1,46
N-250	208	1,48	1,48	1,47	1,42	1,33	1,42	1,42	1,42	1,43	1,43
N-300	250	1,42	1,42	1,41	1,38	1,30	1,38	1,38	1,38	1,40	1,40
Cs-137	662	1,21	1,22	1,22	1,22	1,19	1,21	1,21	1,22	1,23	1,26
Co-60	1250	1,15	1,15	1,15	1,16	1,14	1,15	1,15	1,15	1,16	1,14
Ti (Target)	5140	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11

Referenzen: ICRP 74¹, ISO 4037-3².

¹ International Commission on Radiological Protection, www.icrp.org

² International Organization for Standardization, www.iso.org

Konversionskoeffizienten von Luftkerma in Personen-Oberflächendosen $H_p(0,07)$ im ISO-Plexiglas-Stabphantom (Art. 24) für Extremitätendosimeter

Qualität	Mittlere Energie (keV)	Konversionskoeffizienten $h_p(0,07)$ (Sv/Gy)
N-15	12	0,95
N-20	16	0,98
N-25	20	1,00
N-30	24	1,03
N-40	33	1,07
N-60	48	1,11
Am-241	59	1,14
N-80	65	1,15

⁹ Bereinigt gemäss Ziff. II Abs. 1 der V des EDI und UVEK vom 7. Nov. 2007, in Kraft seit 1. Jan. 2008 (AS 2007 5699).

Qualität	Mittlere Energie (keV)	Konversionskoeffizienten $h_p(0,07)$ (Sv/Gy)
N-100	83	1,17
N-120	100	1,17
N-150	118	1,17
N-200	164	1,16
N-250	208	1,15
N-300	250	1,14
Cs-137	662	1,12

Referenzen: ISO 4037-3, Grosswendt, Radiat. Prot. Dosim. 59 (1995), 165–179.

b. Konversionskoeffizienten für Neutronen

Konversionskoeffizienten $h_{pb}(10; \alpha)$ von Neutronenfluenz Φ in Personen-Tiefendosis $H_p(10)$ im Quaderphantom (Art. 24) für Personendosimeter

Neutronenquelle/ Neutronen-Energie (MeV)	$h_{pb}(10; \alpha)$ in pSvcm ² für Winkel α von				
	0°	15°	30°	45°	60°
²⁵² Cf (D ₂ O-modertiert)	110	109	109	102	87,4
²⁵² Cf	400	397	409	389	346
²⁴¹ Am-Be (α, n)	411	409	424	415	383
Thermische Neutronen	11,4	10,6	9,11	6,61	4,04
0,024	20,2	19,9	17,2	13,6	7,85
0,144	134	131	121	102	69,9
0,250	215	214	201	173	125
0,57	355	349	347	313	245
1,2	433	427	440	412	355
2,5	437	434	454	441	410
2,8	433	431	451	441	412
3,2	429	427	447	439	412
5,0	420	418	437	435	409
14,8	561	563	581	572	576
19,0	600	596	621	614	620
30	515	515	515	515	515
50	400	400	400	400	400
75	330	330	330	330	330
100	285	285	285	285	285

Referenzen: ISO 8529-3, ICRP 74.

Erläuterung:

Die Werte oberhalb von 30 MeV wurden den Konversionskoeffizienten für $H^*(10)$ gleichgesetzt.

c. Konversionskoeffizienten für Elektronen

Energie (MeV)	Konversionskoeffizienten $H_p(0,07)/\Phi$ (nSvcm ²)
0,10	1,661
0,15	1,229
0,20	0,834
0,30	0,542
0,40	0,455
0,50	0,403
0,60	0,366
0,70	0,344
0,80	0,329
1,00	0,312
1,50	0,287
2,00	0,279
2,50	0,278
3,00	0,276

Referenz: ICRP 74

d. Quellspezifische Konversionskoeffizienten für übliche Betastandardquellen

Quelle	Konversionskoeffizienten $H_p(0,07)/D_a$ (Sv/Gy)
Strontium/Yttrium-90	1,24
Thallium-204	1,20
Krypton-85	1,16
Promethium-147	0,23

Referenz: Mitteilung NPL¹¹ National Physical Laboratory, www.npl.co.uk

Anhang II¹⁰
(Art. 43)

Interpretation der Inkorporationsmessung

Für die Interpretation im Normalfall wird angenommen, dass die Inkorporation über den Inhalationspfad erfolgte. In diesem Fall wird die effektive Folgedosis E_{50} , die operationelle Dosisgrösse bei innerer Bestrahlung, als Produkt der inkorporierten Aktivität I und der Beurteilungsgrösse e_{inh} (siehe Anhang 3 StSV) wie folgt ermittelt:

$$E_{50} = e_{inh} \cdot I \quad (1)$$

Der zur Zeit t nach der Inkorporation in einem Organ oder in den Ausscheidungen vorhandene Bruchteil der inhalierten Aktivität wird durch die Funktion $m(t)$ abgeleitet. Man erhält so:

$$M(t) = I \cdot m(t) \quad (2)$$

wobei $M(t)$ für die Aktivität in einem Organ oder in den Ausscheidungen steht (Messwert). Aus der Aktivität $M(t)$ berechnet sich eine effektive Folgedosis E_{50} von:

$$E_{50} = e_{inh} \cdot I = e_{inh} \frac{M(t)}{m(t)} = M(t) \cdot \frac{e_{inh}}{m(t)} \quad (3)$$

Ist der Zeitraum t zwischen der Inkorporation und der Messung bekannt (spezielle Überwachung), so lässt sich die effektive Folgedosis E_{50} mit Hilfe der Messgrösse $M(t)$ und der Beziehung (3) berechnen.

Bei der Routineüberwachung wird angenommen, dass die Inkorporation in der Mitte des Überwachungsintervalles T stattgefunden hat (d. h. $t = T/2$). Die effektive Folgedosis E_{50} lässt sich mit Hilfe der Messgrösse M , den tabellierten Faktoren $e_{inh}/m(t)$ und folgender Beziehung abschätzen:

$$E_{50} = e_{inh} \cdot \frac{M(t)}{m(T/2)} = M(t) \cdot \frac{e_{inh}}{m(T/2)} \quad (4)$$

Falls eine Inkorporation deutlich über der Nachweisgrenze liegt und die effektive Halbwertszeit vergleichbar oder eindeutig länger ist als das Überwachungsintervall, wird eine solche Inkorporation den nächsten Messwert beeinflussen. In diesem Fall muss bei weiteren Inkorporationsmessungen der Beitrag der vorangehenden Inkorporation berechnet und vom neuen Messwert abgezogen werden. Diese Korrektur berechnet sich aus der Extrapolation der vorangehenden Inkorporation I_a auf den Zeitpunkt der neuen Messung mit Hilfe des Faktors $m(\Delta t)$. Δt ist das Zeitintervall zwischen dem (angenommenen) Zeitpunkt der vorangehenden Inkorporation und der neuen Messung. Der Anteil M_n des neuen Messwertes $M(t)$, der auf eine neue Inkorporation zurückzuführen ist, wird mit dem Messwert M_a der vorangehenden Messung wie folgt berechnet:

$$M_n(t) = M(t) - I_a \cdot m(\Delta t) = M(t) - \frac{M_a}{m(T/2)} \cdot m(\Delta t) \quad (5)$$

Die auf eine neue Inkorporation zurückzuführende effektive Folgedosis E_{50}^n errechnet sich dann gemäss Formel (4) wie folgt:

$$E_{50}^n = M_n(t) \cdot \frac{e_{inh}}{m(T/2)} = M(t) \cdot \frac{e_{inh}}{m(T/2)} - M_a \cdot \frac{e_{inh}}{m(T/2)} \cdot \frac{m(\Delta t)}{m(T/2)} \quad (6)$$

oder mit Hilfe der effektiven Folgedosis E_{50}^g der vorangehenden Inkorporation:

$$E_{50}^n = M(t) \cdot \frac{e_{inh}}{m(T/2)} - E_{50}^g \cdot \frac{m(\Delta t)}{m(T/2)} = M(t) \cdot \frac{e_{inh}}{m(T/2)} - E_{50}^g \cdot k(\Delta t) \quad (7)$$

Für die Korrektur bei der Routineüberwachung sind die Faktoren

$$k(\Delta t) = m(\Delta t) / m(T/2) \quad (8)$$

mit Hilfe der $m(t)$ -Werte zu berechnen. Die Zeitspanne Δt beträgt $(n+1/2) \cdot T$, wobei n die Zahl der Intervalle bezeichnet, die die Inkorporation zurückliegt. Die $m(t)$ -Werte sind in tabellierter oder in grafischer Form in ICRP-Publikation 78 angegeben. Für den Fall $\Delta t = 3 \cdot T/2$ sind die Werte $k(\Delta t)$ im Anhang 15 speziell aufgeführt. In der Praxis sind diese Korrekturen erst zu berücksichtigen, wenn die Korrektur mehr als 10 % der resultierenden Dosis ausmacht.

Wo in der Praxis von einer chronischen Inkorporation ausgegangen werden kann (z. B. H-3, I-125), sind die im Anhang 15 aufgeführten Faktoren für Dauerinkorporation zu verwenden.

Dosiermittlung als Folge einer Radonexposition

Die effektive Dosis des Personals muss ermittelt werden, falls die integrierte Radongaskonzentration während der effektiven monatlichen Arbeitszeit am Arbeitsplatz 170 kBq/m³ überschreitet. Als Grundlage für die entsprechende Konversion dient der nominelle Risikoeffizient für eine Radonexposition einer Person am Arbeitsplatz aus der ICRP-Publikation 115 (2010) und der totale Risikoeffizient für Krebs und erbliche Effekte aus der ICRP-Publikation 103 (2007).

Der Dosiskonversionsfaktor für eine Radonkonzentration im Gleichgewicht (Gleichgewichtsfaktor F=1) beträgt:

$$c_B = 1.87 \times 10^{-5} \text{ mSv/Bqhm}^{-3}$$

Der Gleichgewichtsfaktor F ist das Verhältnis von gleichgewichtsäquivalenter Radon-Aktivitätskonzentration zu realer Radon-Aktivitätskonzentration. Für Rn-222 beträgt der Gleichgewichtsfaktor 1, wenn sich die gesamten Radon-Folgeprodukte in Luft befinden. Andererseits geht der Gleichgewichtsfaktor gegen Null, wenn alle Folgeprodukte aus der Luft kontinuierlich (z.B. durch Luftreinigungssysteme) entfernt werden.

Die in einem Monat akkumulierte effektive Folgedosis ist mit folgender Formel zu berechnen:

$$E = F \times c_B \times \text{monatlich integrierte Radongaskonzentration (kBqhm}^{-3}\text{)}$$

Die in einem Jahr akkumulierte effektive Folgedosis ergibt sich aus der in einem Monat akkumulierten effektiven Folgedosis multipliziert mit der Anzahl Monate, in denen die Person exponiert ist.

Fallbeispiel für die einem Jahr akkumulierte effektive Folgedosis einer Person, welche das ganze Jahr (12 Monate) einer monatlich integrierten Radongaskonzentration von 170 kBq/m³ ausgesetzt ist:

Gleichgewichtsfaktor	Effektive Folgedosis [mSv/a]
F = 0.1	3.8
F = 0.2	7.6
F = 0.4	15.3
F = 0.8	38.2

Anforderungen an Umgebungsdosimetriesysteme

A Typ 1

1 Photonenstrahlung

- a. Messgrösse:
H*(10)
- b. Messbereich:
0.05 mSv bis 100 mSv
- c. Linearität:
Abweichung < 15 % im Bereich von 0.1 mSv bis 100 mSv
- d. Energieabhängigkeit:
Abweichung < 30 % im Bereich von 50 keV bis 5 MeV
- e. Winkelabhängigkeit:
Abweichung < 20 % für Energien > 50 keV
- f. Reproduzierbarkeit:
Standardabweichung $s < 10$ %
- g. Fading:
Effekt < 20 % / Expositionsperiode

2 Neutronenstrahlung

- a. Messgrösse:
H*(10)
- b. Messbereich:
0.05 mSv bis 10 mSv
- c. Linearität:
Abweichung < 30 % im Bereich von 0.1 mSv und 10 mSv
- d. Energieabhängigkeit:
Abweichung < Faktor 2 für realistische Feldspektren im Einsatzbereich des Dosimeters
- e. Reproduzierbarkeit:
Standardabweichung $s < 30$ %
- f. Fading:
Effekt < 20 % / Expositionsperiode

B Typ 2 und 3

Photonenstrahlung

- a. Messgrösse:
 $H^*(10)$
- b. Messbereich:
50 nSv/h bis 100 mSv/h
- c. Linearität:
Abweichung < 15 % bis 100 mSv/h
- d. Energieabhängigkeit:
Abweichung < 30 % im Bereich von 50 keV bis 5 MeV
- e. Winkelabhängigkeit:
Abweichung < 20% für Energien > 50 keV

Neutronenstrahlung

- a. Messgrösse:
 $H^*(10)$
- b. Messbereich:
100 nSv/h bis 100 mSv/h
- c. Linearität:
Abweichung < 30 % bis 100 mSv/h
- d. Energieabhängigkeit:
Abweichung < Faktor 2 für realistische Feldspektren im Einsatzbereich des Dosimeters

C Typ 4

Photonenstrahlung

- a. Messgrösse:
 $H^*(10)$
- b. Messbereich:
50 nSv/h bis 10 μ Sv/h

Konversionskoeffizienten für die Umgebungsdosimetrie

a. Konversionskoeffizienten für Photonen

Konversionskoeffizienten von Luftkerma in Umgebungs-Dosisäquivalent $H^*(10)$

Quelle Qualität	Mittlere Energie (keV)	$h^*(10)$ (Sv/Gy)
N - 60	48	1.59
Am - 241	59	1.74
N - 80	65	1.73
N - 100	83	1.71
N - 120	100	1.64
N - 150	118	1.58
N - 200	164	1.46
N - 250	208	1.39
N - 300	250	1.35
Cs - 137	662	1.20
Co - 60	1250	1.16
Ti (Target)	5140	1.11

Referenzen: ICRP 74, ISO 4037-3

b. Konversionskoeffizienten für Neutronen

Konversionskoeffizienten $h^*\Phi(10)$ zur Umrechnung von Neutronenfluenz Φ in Umgebungs-Dosisäquivalent $H^*(10)$

Neutronenquelle/ Neutronen-Energie (MeV)	$h^*\Phi(10)$ pSv.cm ²
²⁵² Cf (D2O-moderiert)	105
²⁵² Cf	385
²⁴¹ Am-Be (α,n)	391
Thermische Neutronen	10.6
0,024	19.3
0,144	127
0,250	203
0,57	343
1,2	425
2,5	416
2,8	413
3,2	411
5,0	405
14,8	536
19	584
30	515
50	400
75	330
100	285
150	245
200	260

Referenzen: ISO 8529-3, ICRP 74.

Anhang 15
(Art. 34, 35, 36, 42 und 43)

Nuklidspezifische Datenblätter

A. Übersicht über die Datenblätter

Nuklidliste:

1. H-3 als HTO
2. C-11
3. C-14
4. O-15
5. F-18
6. P-32
7. P-33
8. S-35
9. Ca-45
10. Cr-51
11. Fe-59
12. Co-57
13. Co-58
14. Co-60
15. Zn-65
16. Ga-67
17. Ga-68
18. Sr-85
19. Sr-89
20. Sr-90
21. Y-90
22. Tc-99m
23. In-111
24. I-123
25. I-124
26. I-125
27. I-131
28. Ba-133
29. Cs-134
30. Cs-137
31. Eu-152
32. Sm-153

Nuklidliste:

- 33. Eu-154
 - 34. Er-169
 - 35. Lu-177
 - 36. Re-186
 - 37. Re-188
 - 38. Tl-201
 - 39. Ra-223
 - 40. Ra-226
 - 41. Th-232
 - 42. U-235
 - 43. U-238
 - 44. Np-237
 - 45. Pu-239
 - 46. Am-241
-

B Datenblätter

1. H-3 als HTO

1.1 Stoffwechsel

An Wasser gebundenes Tritium kann durch Inhalation, Ingestion oder Absorption durch die Haut aufgenommen werden. 97 % des Tritiums mischt sich rasch mit dem Körperwasser und wird mit einer Halbwertszeit von 10 Tagen primär im Urin ausgeschieden. Nur die restlichen 3 % werden organisch gebunden und mit einer Halbwertszeit von 40 Tagen ausgeschieden. Die Strahlenexposition ist deshalb praktisch proportional zur Tritiumkonzentration im Urin. Arbeitskräfte, die Tritium-Leuchtfarbe oder mit Tritium-Leuchtfarbe beschichtete Zeiger und Zifferblätter verarbeiten, sind einer dauernden Tritium-Inkorporation ausgesetzt. In diesem Fall entsteht im Körperwasser und damit im Urin ein Gleichgewichtszustand, und die Dosis muss gemäss dem Modell für dauernde Inkorporation berechnet werden.

1.2 Messmethoden

Triagemessung
 Direkte Messung einer Urinprobe mittels Flüssigszintillationszähler.
Messschwelle: 42 000 Bq/l

Inkorporationsmessung
 Messung der Tritiumkonzentration C_u im Urin in Bq/l mittels Flüssigszintillationszähler

1.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T_{Triage} : 30 Tage	T_{Messung} : 30 Tage	t_{Ereignis} : 1 Tag
-------------------------------	--------------------------------	-------------------------------

1.4 Interpretation für einmalige Inkorporation

<p>$E_{50} = C_u \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$</p> <p>$E_{50}$: 50-Jahre-Folgedosis in Sv</p> <p>C_u: Messwert in Bq/l</p> <p>e_{inh}: Dosisfaktor in Sv/Bq</p> <p>$m(t)$: Ausscheidungsanteil im Tagesurin (=1,4 l) in l⁻¹</p> <p>t: Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist $t = T/2$</p>	t	
	[Tage]	$e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv·l/Bq]
	1	$0,78 \times 10^{-9}$
	2	$0,86 \times 10^{-9}$
	3	$0,90 \times 10^{-9}$
	4	$0,95 \times 10^{-9}$
	5	$1,1 \times 10^{-9}$
	6	$1,1 \times 10^{-9}$
	7	$1,2 \times 10^{-9}$
Überwachungsintervall T = 30 Tage	15	$2,0 \times 10^{-9}$
	30	$5,3 \times 10^{-9}$
	45	13×10^{-9}

1.5 Interpretation für dauernde Inkorporation

Überwachungsintervall T = 30 Tage: $E_{50} = C_u \cdot 1,4 \cdot 10^{-9}$ (Sv pro Überwachungsintervall)

2. C-11

2.1 Stoffwechsel

Aufgrund der Kurzlebigkeit (Halbwertszeit 20,38 Min.) zerfällt dieses Nuklid zum grössten Teil vollständig im Körper, bevor es ausgeschieden wird. Des Weiteren verursacht inhaliertes oder über Ingestion aufgenommenes C-11 den grössten Dosisbeitrag in der Lunge (Inhalation) bzw. im Magen-Darm-Trakt (Ingestion).

2.2 Messmethoden

Triagemessung (obligatorisch)

Direkte Messung der Strahlung vor dem Magen/Abdomen mindestens alle 4 Stunden oder kontinuierliche Überwachung der Raumluft (4000Bq/m³) und direkte Messung der Strahlung vor dem Magen/Abdomen nach jedem Alarm).

Messschwelle: 1 µSv/h vor dem Magen

Inkorporationsmessung

Wegen der kurzen physikalischen Halbwertszeit ist eine Inkorporationsmessung nicht möglich.

2.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} :	4 Stunden	T _{Messung} :	–	t _{Ereignis} :	Sofort
-----------------------	-----------	------------------------	---	-------------------------	--------

2.4 Interpretation

Nach einer Überschreitung der Messschwelle ist eine spezielle Untersuchung und Interpretation der Daten zur Ermittlung der effektiven Folgedosis E₅₀ durch einen Sachverständigen im Einvernehmen mit der Aufsichtsbehörde erforderlich.

3. C-14

3.1 Stoffwechsel

Das Standardmodell wurde entwickelt für Kohlenstoffverbindungen, die vom Körper als Baustoffe oder Energiequelle (Nahrungskohlenstoff) verwertbar sind. Es wird vorausgesetzt, dass solche inhalede Verbindungen zu 100 % vom Körper aufgenommen und gleichmässig via Blutbahn über den Körper verteilt werden und mit einer biologischen Halbwertszeit von 40 Tagen zu 1,7 % über den Urin ausgeschieden werden. Viele mit C-14 markierte organische Verbindungen werden vom Körper nicht aufgenommen und mit biologischen Halbwertszeiten von Stunden bis Tagen primär über den Urin ausgeschieden.

3.2 Messmethoden

Triagemessung (obligatorisch, ausgenommen Nahrungskohlenstoff)
 Direkte Messung einer Urinprobe mittels Flüssigszintillationszähler.
Messschwelle: 200 Bq/l.
 Tägliche Triagemessungen, falls die Messschwelle überschritten wird. Eine Inkorporationsmessung wird erforderlich, falls die Messschwelle während einer Woche überschritten bleibt.
Inkorporationsmessung
 Messung der C-14-Konzentration C_u im Urin in Bq/l mittels Flüssigszintillationszähler

3.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} :	1 Woche	T _{Messung} :	30 Tage	t _{Ereignis} :	1 Tag
-----------------------	---------	------------------------	---------	-------------------------	-------

3.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation.

Falls die biologische Halbwertszeit wesentlich kleiner als 40 Tage ist, wird nach Artikel 43 Absatz 4 eine fallspezifische Dosisberechnung vorgenommen.

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [Tage]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv·l/Bq]
	1	$4,3 \times 10^{-6}$
E ₅₀ : 50-Jahre-Folgedosis in Sv	2	$2,9 \times 10^{-6}$
C _u : Messwert in Bq/l	3	$2,9 \times 10^{-6}$
e _{inh} : Dosisfaktor in Sv/Bq	4	$2,9 \times 10^{-6}$
m(t): Ausscheidungsanteil im Tagesurin (=1,4 l) in l ⁻¹	5	$3,0 \times 10^{-6}$
t: Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist t = T/2	6	$3,0 \times 10^{-6}$
	7	$3,1 \times 10^{-6}$
Überwachungsintervall T = 30 Tage	15	$3,5 \times 10^{-6}$
	30	$4,5 \times 10^{-6}$
	45	$5,8 \times 10^{-6}$

3.5 Korrektur für vorangehende Inkorporation

Überwachungsintervall T = 30 Tage: $E_{50} = C_u \cdot 3,5 \cdot 10^{-6} - E_{50}^g \cdot 0,60$

4. O-15

4.1 Stoffwechsel

Aufgrund der Kurzlebigkeit (Halbwertszeit 122.2 s) zerfällt inkorporiertes O-15 im Körper, bevor es ausgeschieden wird. Des Weiteren verursacht inhaliertes und über Ingestion aufgenommenes O-15 den grössten Dosisbeitrag in der Lunge (Inhalation) resp. im Magen-Darm-Trakt (Ingestion). 80 % des bei Inhalation in die Lunge gelangenden Sauerstoffes werden wieder ausgeatmet, ohne weiter in den Körper aufgenommen zu werden, der Rest gelangt über die Blutbahn in den gesamten Körper.

4.2 Messmethoden

Triagemessung (obligatorisch)

Direkte Messung der Strahlung vor dem Magen/Abdomen oder kontinuierliche Überwachung der Raumluft (4000Bq/m³) und direkte Messung der Strahlung vor dem Magen/Abdomen nach jedem Alarm).

Messschwelle: 1 µSv/h vor dem Magen

Inkorporationsmessung

Wegen der kurzen physikalischen Halbwertszeit ist eine Inkorporationsmessung nicht möglich.

4.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} :	bei Alarm	T _{Messung} :	–	t _{Ereignis} :	Sofort
-----------------------	-----------	------------------------	---	-------------------------	--------

4.4 Interpretation

Nach einer Überschreitung der Messschwelle ist eine spezielle Untersuchung und Interpretation der Daten zur Ermittlung der effektiven Folgedosis E₅₀ durch einen Sachverständigen im Einvernehmen mit der Aufsichtsbehörde erforderlich.

5. F-18

5.1 Stoffwechsel

Aufgrund der Kurzlebigkeit (Halbwertszeit 109.77 Min.) zerfällt dieses Nuklid zum grössten Teil vollständig im Körper, bevor es ausgeschieden wird. Des Weiteren verursacht inhaliertes oder über Ingestion aufgenommenes F-18 den grössten Dosisbeitrag in der Lunge (Inhalation) bzw. im Magen-Darm-Trakt (Ingestion).

5.2 Messmethoden

Triagemessung (obligatorisch)

Direkte Messung der Strahlung vor dem Magen/Abdomen oder kontinuierliche Überwachung der Raumluft (4000Bq/m³) und direkte Messung der Strahlung vor dem Magen/Abdomen nach jedem Alarm).

Messschwelle: 1 µSv/h vor dem Magen

Inkorporationsmessung

Wegen der kurzen physikalischen Halbwertszeit ist eine Inkorporationsmessung nicht möglich.

5.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} :	4 Stunden	T _{Messung} :	---	t _{Ereignis} :	Sofort
-----------------------	-----------	------------------------	-----	-------------------------	--------

5.4 Interpretation

Nach einer Überschreitung der Messschwelle ist eine spezielle Untersuchung und Interpretation der Daten zur Ermittlung der effektiven Folgedosis E₅₀ durch einen Sachverständigen im Einvernehmen mit der Aufsichtsbehörde erforderlich.

6. P-32

6.1 Stoffwechsel

Inhalieretes Phosphat (Absorptionsklasse Typ M) wird zu etwa 70 % via Nase, Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_1 = 0,8$) und Urin rasch wieder ausgeschieden. Phosphat, das in die Blutbahn gelangt, wird zu etwa 70 % vom Weichgewebe und den Knochen aufgenommen. Die Verweilzeit dieses Anteils wird durch die physikalische Halbwertszeit, sowie die relativ rasche Ausscheidung aus dem Weichgewebe über den Urin (Halbwertszeit = 19 Tage) bestimmt.

6.2 Messmethoden

Triagemessung

Direkte Messung einer Urinprobe mittels Flüssigszintillationszähler.

Messschwelle: 200 Bq/l

Inkorporationsmessung

Messung der P-32-Konzentration C_u im Urin in Bq/l mittels Flüssigszintillationszähler

6.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T_{Triage} :	30 Tage	T_{Messung} :	30 Tage	t_{Ereignis} :	2 Tage
-----------------------	---------	------------------------	---------	-------------------------	--------

6.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$	t [Tage]	$e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv·l/Bq]
	1	$0,011 \times 10^{-5}$
E_{50} : 50-Jahre-Folgedosis in Sv	2	$0,018 \times 10^{-5}$
C_u : Messwert in Bq/l	3	$0,029 \times 10^{-5}$
e_{inh} : Dosisfaktor in Sv/Bq	4	$0,043 \times 10^{-5}$
$m(t)$: Ausscheidungsanteil im Tagesurin (=1,4 l) in l ⁻¹	5	$0,056 \times 10^{-5}$
t: Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist $t = T/2$	6	$0,073 \times 10^{-5}$
	7	$0,090 \times 10^{-5}$
Überwachungsintervall T = 30 Tage	15	$0,27 \times 10^{-5}$
	30	$0,92 \times 10^{-5}$
	45	$3,1 \times 10^{-5}$

6.5 Korrektur für vorangehende Inkorporation

Überwachungsintervall T = 30 Tage: $E_{50} = C_u \cdot 2,7 \cdot 10^{-6} - E_{50}^a \cdot 0,09$

7. P-33

7.1 Stoffwechsel

Inhalieretes Phosphat (Absorptionsklasse Typ M) wird zu etwa 70 % via Nase, Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_1 = 0,8$) und Urin rasch wieder ausgeschieden. Phosphat, das in die Blutbahn gelangt, wird zu etwa 70 % vom Weichgewebe und den Knochen aufgenommen. Die Verweilzeit dieses Anteils wird durch die physikalische Halbwertszeit, sowie die relativ rasche Ausscheidung aus dem Weichgewebe über den Urin (Halbwertszeit = 19 Tage) bestimmt.

7.2 Messmethoden

Triagemessung

Direkte Messung einer Urinprobe mittels Flüssigszintillationszähler.

Messschwelle: 200 Bq/l

Inkorporationsmessung

Messung der P-33-Konzentration C_u im Urin in Bq/l mittels Flüssigszintillationszähler

7.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} :	30 Tage	T _{Messung} :	30 Tage	t _{Ereignis} :	2 Tage
-----------------------	---------	------------------------	---------	-------------------------	--------

7.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [Tage]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv·l/Bq]
	1	$0,049 \times 10^{-6}$
E ₅₀ : 50-Jahre-Folgedosis in Sv	2	$0,079 \times 10^{-6}$
C _u : Messwert in Bq/l	3	$0,12 \times 10^{-6}$
e _{inh} : Dosisfaktor in Sv/Bq	4	$0,18 \times 10^{-6}$
m(t): Ausscheidungsanteil im Tagesurin (=1,4 l) in l ⁻¹	5	$0,23 \times 10^{-6}$
t: Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist t = T/2	6	$0,28 \times 10^{-6}$
	7	$0,34 \times 10^{-6}$
Überwachungsintervall T = 30 Tage	15	$0,87 \times 10^{-6}$
	30	$2,2 \times 10^{-6}$
	45	$5,4 \times 10^{-6}$

7.5 Korrektur für vorangehende Inkorporation

Überwachungsintervall T = 30 Tage: $E_{50} = C_u \cdot 0,87 \cdot 10^{-6} - E_{50}^a \cdot 0,16$

8. S-35

8.1 Stoffwechsel

Inhalierete anorganische Schwefelverbindungen (Absorptionsklasse Typ M) werden zu rund 85 % via Nase, Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_1 = 0,8$) und Urin rasch wieder ausgeschieden. Was in die Blutbahn gelangt, wird lediglich zu 20 % längerfristig gespeichert, primär im Weichgewebe. Die biologische Halbwertszeit dieser Komponente beträgt 20 Tage. Nur wenig wird lange gespeichert und zerfällt mit der physikalischen Halbwertszeit von 87 Tagen.

8.2 Messmethoden

Triagemessung

Direkte Messung einer Urinprobe mittels Flüssigszintillationszähler.

Messschwelle: 150 Bq/l

Inkorporationsmessung

Messung der S-35-Konzentration C_u im Urin in Bq/l mittels Flüssigszintillationszähler nach chemischer Extraktion (Sulfatfällung).

8.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T_{Triage} :	60 Tage	T_{Messung} :	60 Tage	t_{Ereignis} :	1 Tag
-----------------------	---------	------------------------	---------	-------------------------	-------

8.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$	t [Tage]	$e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv·l/Bq]
	1	$0,0070 \times 10^{-6}$
E_{50} : 50-Jahre-Folgedosis in Sv	2	$0,057 \times 10^{-6}$
C_u : Messwert in Bq/l	3	$0,42 \times 10^{-6}$
e_{inh} : Dosisfaktor in Sv/Bq	4	$0,77 \times 10^{-6}$
$m(t)$: Ausscheidungsanteil im Tagesurin (=1,4 l) in l ⁻¹	5	$0,81 \times 10^{-6}$
t: Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist $t = T/2$	6	$0,86 \times 10^{-6}$
	7	$0,91 \times 10^{-6}$
	15	$1,2 \times 10^{-6}$
Überwachungsintervall T = 60 Tage	30	$2,1 \times 10^{-6}$
	60	$5,7 \times 10^{-6}$
	90	14×10^{-6}

8.5 Korrektur für vorangehende Inkorporation

Überwachungsintervall T = 60 Tage: $E_{50} = C_u \cdot 2,1 \cdot 10^{-6} - E_{50}^a \cdot 0,15$

9. Ca-45

9.1 Stoffwechsel

Inhalieretes Calcium (Absorptionsklasse Typ M) wird zu etwa 90 % via Nase und Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_1 = 0,3$) rasch ausgeschieden. Calcium, das in die Blutbahn gelangt, wird von den Knochen und vom Weichgewebe aufgenommen. Im Fall von Ca-45 bestimmt beim erwachsenen Menschen die physikalische Halbwertszeit von 163 Tagen die Verweilzeit im Knochen. Die biologische Halbwertszeit bestimmt die Verweilzeit im Weichgewebe. Von dort wird Calcium etwa zu gleichen Teilen via Urin und Verdauungstrakt ausgeschieden.

9.2 Messmethoden

Triagemessung
 Direkte Messung einer Urinprobe mittels Flüssigszintillationszähler.
Messschwelle: 150 Bq/l

Inkorporationsmessung
 Messung der Ca-45-Konzentration C_u im Urin in Bq/l mittels Flüssigszintillationszähler.

9.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} :	30 Tage	T _{Messung} :	30 Tage	t _{Ereignis} :	2 Tage
-----------------------	---------	------------------------	---------	-------------------------	--------

9.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

<p>$E_{50} = C_u \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$</p> <p>E₅₀: 50-Jahre-Folgedosis in Sv C_u: Messwert in Bq/l e_{inh}: Dosisfaktor in Sv/Bq m(t): Ausscheidungsanteil im Tagesurin (=1,4 l) in l⁻¹ t: Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist t = T/2</p>	t	
	[Tage]	e _{inh} /m(t) [Sv·l/Bq]
	1	0,29×10 ⁻⁶
	2	0,63×10 ⁻⁶
	3	0,87×10 ⁻⁶
	4	1,1×10 ⁻⁶
	5	1,2×10 ⁻⁶
	6	1,5×10 ⁻⁶
7	1,6×10 ⁻⁶	
Überwachungsintervall T = 30 Tage	15	3,2×10 ⁻⁶
	30	8,1×10 ⁻⁶
	45	17×10 ⁻⁶

9.5 Korrektur für vorangehende Inkorporation

Überwachungsintervall T = 30 Tage: $E_{50} = C_u \cdot 3,2 \cdot 10^{-6} - E_{50}^a \cdot 0,19$

10. Cr-51

10.1 Stoffwechsel

Je nach chemischer Form (Cr III oder Cr VI) wird Chrom vom Körper verschieden aufgenommen und zurückgehalten. Da das dosimetrische Modell darauf basiert, dass einerseits die kleinen Mengen inhaliertes Cr III in der Lunge zu Cr VI oxidiert werden und dass andererseits aber Cr VI in Zirkulation zu Cr III reduziert wird, verschwinden diese Unterschiede weitgehend. Inhaliertes Chrom (Absorptionsklasse Typ M) wird zu etwa 90 % via Nase und Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_I = 0,1$) rasch wieder ausgeschieden. Chrom, das in die Blutbahn gelangt, wird zu 25 % längerfristig im ganzen Körper gespeichert. Dies wird im Fall von Cr-51 durch die physikalische Halbwertszeit von 28 Tagen verhindert.

10.2 Messmethoden

Triagemessung

Direkte Messung der Gammastrahlung mit einem Thoraxmessgerät.

Messschwelle: 120 000 Bq

Inkorporationsmessung

Messung der Cr-51-Aktivität M in Bq mit einem Ganzkörperzähler.

10.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T_{Triage} :	30 Tage	T_{Messung} :	30 Tage	t_{Ereignis} :	Sofort
-----------------------	---------	------------------------	---------	-------------------------	--------

10.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

$E_{50} = M \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$	t	$e_{\text{inh}}/m(t)$
	[Tage]	[Sv/Bq]
E_{50} : 50-Jahre-Folgedosis in Sv M: Messwert in Bq e_{inh} : Dosisfaktor in Sv/Bq $m(t)$: Retentionsanteil t : Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist $t = T/2$	1	$0,071 \times 10^{-9}$
	2	$0,13 \times 10^{-9}$
	3	$0,23 \times 10^{-9}$
	4	$0,31 \times 10^{-9}$
	5	$0,37 \times 10^{-9}$
	6	$0,41 \times 10^{-9}$
	7	$0,45 \times 10^{-9}$
Überwachungsintervall T = 30 Tage	15	$0,67 \times 10^{-9}$
	30	$1,2 \times 10^{-9}$
	45	$2,0 \times 10^{-9}$

10.5 Korrektur für vorangehende Inkorporation

Überwachungsintervall T = 30 Tage: $E_{50} = M \cdot 0,67 \cdot 10^{-9} - E_{50}^a \cdot 0,34$

11. Fe-59

11.1 Stoffwechsel

Inhalieretes Eisen (Absorptionsklasse Typ M) wird zu etwa 10 % vom Körper aufgenommen, der Rest wird via Nase oder Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_1=0,1$) im Verlauf weniger Stunden und Tage ausgeschieden. Vom Körper aufgenommenes Eisen wird zu rund 70 % ins Hämoglobin (rotes Blutprotein) eingebaut, der Rest in verschiedenen Organen gespeichert. Einmal aufgenommenes Eisen wird vom Körper sorgfältig zurückgehalten; bei einem Eisen-depot von rund 3,5 g werden täglich nur etwa 0,6 mg ausgeschieden. Somit bestimmt beim Fe-59 die physikalische Halbwertszeit von 44,5 Tagen die Verweilzeit des aufgenommenen Eisens im Körper.

11.2 Messmethoden

Triagemessung
 Direkte Messung der Gammastrahlung mit einem Thoraxmessgerät.
Messschwelle: 2500 Bq

Inkorporationsmessung
 Messung der Fe-59-Aktivität M in Bq mit einem Ganzkörperzähler.

11.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} :	30 Tage	T _{Messung} :	30 Tage	t _{Ereignis} :	Sofort
-----------------------	---------	------------------------	---------	-------------------------	--------

11.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

<p>E₅₀ = M · {e_{inh}/m(t)}</p> <p>E₅₀: 50-Jahre-Folgedosis in Sv M: Messwert in Bq e_{inh}: Dosisfaktor in Sv/Bq m(t): Retentionsanteil t: Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist t = T/2</p>	t [Tage]	e _{inh} /m(t) [Sv/Bq]	
	1	0,64×10 ⁻⁸	
	2	1,1×10 ⁻⁸	
	3	1,8×10 ⁻⁸	
	4	2,3×10 ⁻⁸	
	5	2,7×10 ⁻⁸	
	6	2,7×10 ⁻⁸	
	7	2,9×10 ⁻⁸	
	Überwachungsintervall T = 30 Tage	15	3,4×10 ⁻⁸
		30	4,4×10 ⁻⁸
	45	5,8×10 ⁻⁸	
	60	7,4×10 ⁻⁸	

11.5 Korrektur für vorangehende Inkorporation

Überwachungsintervall T = 30 Tage: $E_{50} = M \cdot 3,4 \cdot 10^{-8} - E_{50}^a \cdot 0,59$

12. Co-57

12.1 Stoffwechsel

Inhalieres Kobalt (Absorptionsklasse Typ S) wird zu 90 % via Nase, Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_1=0,05$) und Urin im Verlauf von Stunden bis Tagen wieder ausgeschieden. Knapp 10 % bleiben längerfristig im Körper, primär in der Lunge. Die Verweilzeit dieses Anteils im Körper wird für Co-57 primär durch die physikalische Halbwertszeit von 271 Tagen bestimmt.

12.2 Messmethoden

Triagemessung

Direkte Messung der Gammastrahlung mit einem Thoraxmessgerät.

Messschwelle: 25 000 Bq

Inkorporationsmessung

Messung der Co-57-Aktivität M in Bq mit einem Ganzkörperzähler.

12.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T_{Triage} :	180 Tage	T_{Messung} :	180 Tage	t_{Ereignis} :	Sofort
-----------------------	----------	------------------------	----------	-------------------------	--------

12.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

$E_{50} = M \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$	t [Tage]	$e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv/Bq]	
E_{50} : 50-Jahre-Folgedosis in Sv M: Messwert in Bq e_{inh} : Dosisfaktor in Sv/Bq $m(t)$: Retentionsanteil t: Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist $t = T/2$	1	$1,22 \times 10^{-9}$	
	2	$2,40 \times 10^{-9}$	
	3	$4,29 \times 10^{-9}$	
	4	$6,19 \times 10^{-9}$	
	5	$7,58 \times 10^{-9}$	
	6	$8,37 \times 10^{-9}$	
	7	$8,78 \times 10^{-9}$	
	15	$10,1 \times 10^{-9}$	
	30	$12,0 \times 10^{-9}$	
	60	$15,3 \times 10^{-9}$	
	Überwachungsintervall T = 180 Tage	90	$18,4 \times 10^{-9}$
		180	$27,5 \times 10^{-9}$
		270	$38,2 \times 10^{-9}$

12.5 Korrektur für vorangehende Inkorporation

Überwachungsintervall T = 180 Tage: $E_{50} = M \cdot 1,84 \cdot 10^{-8} - E_{50}^a \cdot 0,48$

13. Co-58

13.1 Stoffwechsel

Inhalieretes Kobalt (Absorptionsklasse Typ S) wird zu 90 % via Nase, Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_1=0,05$) und Urin im Verlauf von Stunden bis Tagen wieder ausgeschieden. Knapp 10 % bleiben längerfristig im Körper, primär in der Lunge. Die Verweilzeit dieses Anteils im Körper wird für Co-58 primär durch die physikalische Halbwertszeit von 70,8 Tagen bestimmt.

13.2 Messmethoden

Triagemessung
 Direkte Messung der Gammastrahlung mit einem Thoraxmessgerät.
Messschwelle: 2600 Bq

Inkorporationsmessung
 Messung der Co-58-Aktivität M in Bq mit einem Ganzkörperzähler.

13.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} : 30 Tage	T _{Messung} : 30 Tage	t _{Ereignis} : Sofort
-------------------------------	--------------------------------	--------------------------------

13.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

<p>E₅₀ = M · {e_{inh}/m(t)}</p> <p>E₅₀: 50-Jahre-Folgedosis in Sv M: Messwert in Bq e_{inh}: Dosisfaktor in Sv/Bq m(t): Retentionsanteil t: Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist t = T/2</p>	t [Tage]	e _{inh} /m(t) [Sv/Bq]	
	1	0,35×10 ⁻⁸	
	2	0,68×10 ⁻⁸	
	3	1,2×10 ⁻⁸	
	4	1,8×10 ⁻⁸	
	5	2,2×10 ⁻⁸	
	6	2,5×10 ⁻⁸	
	7	2,6×10 ⁻⁸	
	Überwachungsintervall T = 30 Tage	15	3,2×10 ⁻⁸
		30	4,3×10 ⁻⁸
	45	5,3×10 ⁻⁸	
	60	6,8×10 ⁻⁸	
	90	10×10 ⁻⁸	

13.5 Korrektur für vorangehende Inkorporation

Überwachungsintervall T = 30 Tage: $E_{50} = M \cdot 3,2 \cdot 10^{-8} - E_{50}^a \cdot 0,60$

14. Co-60

14.1 Stoffwechsel

Inhalieres Kobalt (Absorptionsklasse Typ S) wird zu 90 % via Nase, Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_1=0,05$) und Urin im Verlauf von Stunden bis Tagen wieder ausgeschieden. Knapp 10 % bleiben längerfristig im Körper, primär in der Lunge. Die Verweilzeit dieses Anteils im Körper wird wegen der langen physikalischen Halbwertszeit primär durch die Mechanismen der Lungenclearance bestimmt.

14.2 Messmethoden

Triagemessung

Direkte Messung der Gammastrahlung mit einem Thoraxmessgerät.

Messschwelle: 1200 Bq

Inkorporationsmessung

Messung der Co-60-Aktivität M in Bq mit einem Ganzkörperzähler.

14.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} :	180 Tage	T _{Messung} :	180 Tage	t _{Ereignis} :	Sofort
-----------------------	----------	------------------------	----------	-------------------------	--------

14.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

<p>E₅₀ = M · {e_{inh}/m(t)}</p> <p>E₅₀: 50-Jahre-Folgedosis in Sv M: Messwert in Bq e_{inh}: Dosisfaktor in Sv/Bq m(t): Retentionsanteil t: Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist t = T/2</p>	t [Tage]	e _{inh} /m(t) [Sv/Bq]
	1	0,35×10 ⁻⁷
	2	0,68×10 ⁻⁷
	3	1,2×10 ⁻⁷
	4	1,7×10 ⁻⁷
	5	2,1×10 ⁻⁷
	6	2,3×10 ⁻⁷
	7	2,5×10 ⁻⁷
	15	2,8×10 ⁻⁷
	30	3,1×10 ⁻⁷
	60	3,8×10 ⁻⁷
	Überwachungsintervall T = 180 Tage	90
		4,3×10 ⁻⁷
		180
		5,3×10 ⁻⁷
		270
		6,1×10 ⁻⁷

14.5 Korrektur für vorangehende Inkorporation

Überwachungsintervall T = 180 Tage: $E_{50} = M \cdot 4,3 \cdot 10^{-7} - E_{50}^a \cdot 0,70$

15. Zn-65

15.1 Stoffwechsel

Inhalierter Zink (Absorptionsklasse Typ S) wird zu etwa 90 % via Nase und Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_1=0,5$) rasch wieder ausgeschieden. Der Rest verteilt sich über das Blut zu 80 % im ganzen Körper und zu 20 % im Skelett. Die im Skelett und 70 % der im ganzen Körper gespeicherten Aktivität werden mit einer biologischen Halbwertszeit von 400 Tagen ausgeschieden. Der Rest wird mit einer biologischen Halbwertszeit von 20 Tagen ausgeschieden.

15.2 Messmethoden

Triagemessung

Direkte Messung der Gammastrahlung mit einem Thoraxmessgerät.

Messschwelle: 25 000 Bq

Inkorporationsmessung

Messung der Zn-65-Aktivität M in Bq mit einem Ganzkörperzähler.

15.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} :	180 Tage	T _{Messung} :	180 Tage	t _{Ereignis} :	Sofort
-----------------------	----------	------------------------	----------	-------------------------	--------

15.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

$E_{50} = M \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$ E ₅₀ : 50-Jahre-Folgedosis in Sv M: Messwert in Bq e _{inh} : Dosisfaktor in Sv/Bq m(t): Retentionsanteil t: Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist $t = T/2$	t [Tage]	e _{inh} /m(t) [Sv/Bq]	
	1	5,19×10 ⁻⁹	
	2	7,39×10 ⁻⁹	
	3	9,06×10 ⁻⁹	
	4	10,0×10 ⁻⁹	
	5	10,4×10 ⁻⁹	
	6	10,7×10 ⁻⁹	
	7	10,9×10 ⁻⁹	
	15	11,8×10 ⁻⁹	
	30	13,5×10 ⁻⁹	
	Überwachungsintervall T = 180 Tage	90	19,4×10 ⁻⁹
		180	29,4×10 ⁻⁹
		270	43,4×10 ⁻⁹
	360	63,6×10 ⁻⁹	

15.5 Korrektur für vorangehende Inkorporation

Überwachungsintervall T = 180 Tage:
$$E_{50} = M \cdot 1,94 \cdot 10^{-8} - E_{50}^a \cdot 0,45$$

16. Ga-67

16.1 Stoffwechsel

Inhalieres Gallium (Annahme: Oxide; Absorptionsklasse Typ M) wird via Nase und Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_1=0.001$) im Verlaufe von Stunden bis Tagen wieder ausgeschieden. Gallium, das ins Blut gelangt, wird primär im ganzen Körper verteilt. 30 % wird sehr rasch ausgeschieden. Der Rest wird mit einer biologischen Halbwertszeit von 50 Tagen aus dem Körper ausgeschieden.

16.2 Messmethoden

Triagemessung

Direkte Messung der Gammastrahlung mit einem Thoraxmessgerät.

Messschwelle: 5500 Bq

Inkorporationsmessung

Messung der Ga-67-Aktivität M in Bq mit einem Ganzkörperzähler.

16.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T_{Triage} :	7 Tage	T_{Messung} :	7 Tage	t_{Ereignis} :	Sofort
-----------------------	--------	------------------------	--------	-------------------------	--------

16.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

$E_{50} = M \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$ E_{50} : 50-Jahre-Folgedosis in Sv M: Messwert in Bq e_{inh} : Dosisfaktor in Sv/Bq $m(t)$: Retentionsanteil t: Tage zwischen Messung und Inkorporation.		t [Tage]	$e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv/Bq]
		1	$0,70 \times 10^{-9}$
		2	$1,65 \times 10^{-9}$
		3	$3,55 \times 10^{-9}$
	Überwachungsintervall T = 7 Tage	4	$6,32 \times 10^{-9}$
		5	$9,49 \times 10^{-9}$
		6	$12,9 \times 10^{-9}$
		7	$16,7 \times 10^{-9}$
		8	$21,2 \times 10^{-9}$
		9	$26,7 \times 10^{-9}$
		10	$33,3 \times 10^{-9}$
		14	$81,6 \times 10^{-9}$

16.5 Korrektur für vorangehende Inkorporation

Überwachungsintervall T = 7 Tage:
$$E_{50} = M \cdot 3,55 \cdot 10^{-9} - E_{50}^a \cdot 0,11$$

17. Ga-68

17.1 Stoffwechsel

Aufgrund der Kurzlebigkeit (Halbwertszeit 68 Min.) zerfällt dieses Nuklid zum grössten Teil vollständig im Körper, bevor es ausgeschieden wird. Des Weiteren verursacht inhaliertes oder über Ingestion aufgenommenes Ga-68 den grössten Dosisbeitrag in der Lunge (Inhalation) bzw. im Magen-Darm-Trakt (Ingestion).

17.2 Messmethoden

Triagemessung (obligatorisch)

Direkte Messung der Strahlung vor dem Magen / Abdomen mindestens alle 4 Stunden.

Messschwelle: 1 $\mu\text{Sv/h}$ vor dem Magen

Inkorporationsmessung

Wegen der kurzen physikalischen Halbwertszeit ist eine Inkorporationsmessung nicht möglich.

17.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T_{Triage} :	4 Stunden	T_{Messung} :	–	t_{Ereignis} :	Sofort
-----------------------	-----------	------------------------	---	-------------------------	--------

17.4 Interpretation

Nach einer Überschreitung der Messschwelle ist eine spezielle Untersuchung und Interpretation der Daten zur Ermittlung der effektiven Folgedosis E_{50} durch einen Sachverständigen im Einvernehmen mit der Aufsichtsbehörde erforderlich.

18. Sr-85

18.1 Stoffwechsel

Inhalierter Sr-85 (Absorptionsklasse Typ S) wird zu 90 % via Nase und Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_1=0,01$) im Verlauf von Stunden bis Tagen wieder ausgeschieden. Etwa 5 % bleiben längerfristig in der Lunge. Die Verweilzeit dieses Anteils im Körper wird durch die physikalische Halbwertszeit des Sr-85 bestimmt. Die geringe Menge Strontium, die ins Blut gelangt, wird in die Knochen eingebaut oder, primär über den Urin, wieder ausgeschieden.

18.2 Messmethoden

Triagemessung

Direkte Messung der Gammastrahlung mit einem Thoraxmessgerät.

Messschwelle: 6400 Bq

Inkorporationsmessung

Messung der Sr-85-Aktivität M in Bq mit einem Ganzkörperzähler.

18.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T_{Triage} :	30 Tage	T_{Messung} :	30 Tage	t_{Ereignis} :	Sofort
-----------------------	---------	------------------------	---------	-------------------------	--------

18.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

$E_{50} = M \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$	t [Tage]	$e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv/Bq]
E_{50} : 50-Jahre-Folgedosis in Sv M: Messwert in Bq e_{inh} : Dosisfaktor in Sv/Bq $m(t)$: Retentionsanteil t: Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist $t = T/2$	1	$0,13 \times 10^{-8}$
	2	$0,26 \times 10^{-8}$
	3	$0,49 \times 10^{-8}$
	4	$0,72 \times 10^{-8}$
	5	$0,90 \times 10^{-8}$
	6	$1,0 \times 10^{-8}$
	7	$1,1 \times 10^{-8}$
Überwachungsintervall T = 30 Tage	15	$1,3 \times 10^{-8}$
	30	$1,7 \times 10^{-8}$
	45	$2,2 \times 10^{-8}$
	60	$2,8 \times 10^{-8}$
	90	$4,3 \times 10^{-8}$

18.5 Korrektur für vorangehende Inkorporation

Überwachungsintervall T = 30 Tage: $E_{50} = M \cdot 1,3 \cdot 10^{-8} - E_{50}^a \cdot 0,59$

19. Sr-89

19.1 Stoffwechsel

Inhalirtes Sr-89 (Absorptionsklasse Typ S) wird zu 90 % via Nase und Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_1=0,01$) im Verlauf von Stunden bis Tagen wieder ausgeschieden. Etwa 5 % bleiben längerfristig in der Lunge. Die Verweilzeit dieses Anteils im Körper wird durch die physikalische Halbwertszeit des Sr-89 bestimmt. Die geringe Menge Strontium, die ins Blut gelangt, wird in die Knochen eingebaut oder, primär über den Urin, wieder ausgeschieden.

19.2 Messmethoden

Triagemessung

Messung einer Urinprobe mittels Flüssigszintillationszähler.

Messschwelle: 0,5 Bq/l

Inkorporationsmessung

Messung der Sr-89 Konzentration C_u im Urin in Bq/l mittels Flüssigszintillationszähler nach chemischer Aufbereitung.

19.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} :	30 Tage	T _{Messung} :	30 Tage	t _{Ereignis} :	1 Tag
-----------------------	---------	------------------------	---------	-------------------------	-------

19.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [Tage]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv·l/Bq]
	1	$0,0098 \times 10^{-3}$
E_{50} : 50-Jahre-Folgedosis in Sv	2	$0,024 \times 10^{-3}$
C_u : Messwert in Bq/l	3	$0,037 \times 10^{-3}$
e_{inh} : Dosisfaktor in Sv/Bq	4	$0,049 \times 10^{-3}$
$m(t)$: Ausscheidungsanteil im Tagesurin (=1,4 l) in l ⁻¹	5	$0,065 \times 10^{-3}$
t: Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist $t = T/2$	6	$0,080 \times 10^{-3}$
	7	$0,096 \times 10^{-3}$
Überwachungsintervall T = 30 Tage	15	$0,26 \times 10^{-3}$
	30	$0,65 \times 10^{-3}$
	45	$1,5 \times 10^{-3}$
	60	$2,6 \times 10^{-3}$

19.5 Korrektur für vorangehende Inkorporation

Überwachungsintervall T = 30 Tage: $E_{50} = C_u \cdot 0,26 \cdot 10^{-3} - E_{50}^a \cdot 0,17$

20. Sr-90

20.1 Stoffwechsel

Inhalierter Sr-90 (Absorptionsklasse Typ S) wird zu 90 % via Nase und Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_1=0,01$) im Verlauf von Stunden bis Tagen wieder ausgeschieden. Etwa 5 % bleiben längerfristig in der Lunge. Die Verweilzeit dieses Anteils im Körper wird wegen der langen physikalischen Halbwertszeit durch die Mechanismen der Lungenclearance bestimmt. Strontium, das ins Blut gelangt, wird in die Knochen eingebaut oder, primär über den Urin, wieder ausgeschieden.

20.2 Messmethoden

Triagemessung

Messung einer Urinprobe mittels Flüssigszintillationszähler.

Messschwelle: 0,05 Bq/l

Inkorporationsmessung

Messung der Sr-90-Konzentration C_u im Urin in Bq/l mittels Flüssigszintillationszähler nach chemischer Aufbereitung.

20.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} :	30 Tage	T _{Messung} :	30 Tage	t _{Ereignis} :	1 Tag
-----------------------	---------	------------------------	---------	-------------------------	-------

20.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

E₅₀ = C_u{e_{inh}/m(t)}	t	e_{inh}/m(t)
	[Tage]	[Sv·l/Bq]
E ₅₀ :	50-Jahre-Folgedosis in Sv	1
C _u :	Messwert in Bq/l	2
e _{inh} :	Dosisfaktor in Sv/Bq	3
m(t):	Ausscheidungsanteil im Tagesurin (=1,4 l) in l ⁻¹	4
t:	Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist t = T/2	5
	Überwachungsintervall T = 30 Tage	6
		7
		15
		30
		45
		60

20.5 Korrektur für vorangehende Inkorporation

Überwachungsintervall T = 30 Tage:

$$E_{50} = C_u \cdot 2,7 \cdot 10^{-3} - E_{50}^a \cdot 0,25$$

21. Y-90

21.1 Stoffwechsel

Inhalierteres Yttrium (Absorptionsklasse Typ M) wird via Nase und Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_1=0.0001$) rasch ausgeschieden. Etwa 5 % bleiben längerfristig in der Lunge. Die Verweilzeit dieses Anteils im Körper wird durch die physikalische Halbwertszeit von 2.67 Tagen bestimmt. Die geringe Menge Yttrium, die ins Blut gelangt, wird hauptsächlich in die Knochen und die Leber eingebaut (65 %) oder direkt wieder ausgeschieden.

21.2 Messmethoden

Triagemessung
Messung der Kontamination der Hände nach Ausziehen der Handschuhe mit einem Kontaminationsmonitor.
Messschwelle: 3000 Bq cm⁻²

Inkorporationsmessung
Messung der Y-90-Konzentration C_u im Urin in Bq/l mittels Proportionalzähler nach chemischer Aufbereitung.

21.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} :	nach jeder Anwendung	T _{Messung} :	bei Überschreitung der Messschwelle	t _{Ereignis} :	1 Tag
-----------------------	----------------------	------------------------	-------------------------------------	-------------------------	-------

21.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

E ₅₀ = C _u ·{e/m(t)}	t	e _{inh} /m(t)
	[Tage]	[Sv·l/Bq]
	1	9,48×10 ⁻⁷
E ₅₀ : 50-Jahre-Folgedosis in Sv	2	1,30×10 ⁻⁵
C _u : Messwert in Bq/l	3	1,01×10 ⁻⁴
e _{inh} : Dosisfaktor in Sv/Bq	4	1,95×10 ⁻⁴
m(t): Ausscheidungsanteil im Tagesurin (=1,4 l) in l ⁻¹	5	2,64×10 ⁻⁴
t: Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist t = T/2	6	3,48×10 ⁻⁴
	7	4,59×10 ⁻⁴
	10	1,05×10 ⁻³
	15	4,13×10 ⁻³
	20	1,63×10 ⁻²
	30	2,49×10 ⁻¹

22. Tc-99m

22.1 Stoffwechsel

Das Technetium fixiert sich aktiv in der Schilddrüse, der Speicheldrüse, im Magen und Darm. Man nimmt an, dass der Rest der Aktivität sich gleichmässig im ganzen Organismus verteilt. Die Ausscheidung erfolgt über Stuhl und Urin (Resorptionsanteil $f_1=0,8$).

22.2 Messmethoden

Triagemessung (obligatorisch)

Direkte Messung der Strahlung vor dem Magen respektive vor der Schilddrüse.

Messschwelle: 1 $\mu\text{Sv/h}$

Inkorporationsmessung

Messung der Tc-99m-Aktivität in Bq mit einem Ganzkörperzähler.

22.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T_{Triage} :	am Tagesende	T_{Messung} :	(bei Überschreitung der Messschwelle)	t_{Ereignis} :	Sofort
-----------------------	--------------	------------------------	---------------------------------------	-------------------------	--------

22.4 Interpretation

Wegen der kurzen physikalischen Halbwertszeit (6h) ist eine Standardinterpretation der Messdaten nicht möglich. Inkorporationen im Normalfall (kBq) führen nur zu kleinen Dosen (10^{-5} mSv). Bei einem Unfall oder nach Überschreitung der Messschwelle sind eine spezielle Untersuchung und Interpretation der Daten erforderlich.

23. In-111

23.1 Stoffwechsel

Inhalierter Indium (Absorptionsklasse Typ M) wird via Nase und Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_1=0.02$) rasch ausgeschieden. Indium, das ins Blut gelangt, verteilt sich relativ gleichmässig im ganzen Körper. Es wird angenommen, dass dieser Anteil nicht mehr ausgeschieden wird. Die Verweilzeit des kurzlebigen In-111 im Körper wird somit durch die physikalische Halbwertszeit von 2.8 Tagen bestimmt.

23.2 Messmethoden

Triagemessung
 Direkte Messung der Gammastrahlung mit einem Thoraxmessgerät.
Messschwelle: 5000 Bq

Inkorporationsmessung
 Messung der In-111-Aktivität in M in Bq mit einem Ganzkörperzähler.

23.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} : 7 Tage	T _{Messung} : 7 Tage	t _{Ereignis} : Sofort
------------------------------	-------------------------------	--------------------------------

23.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

$E_{50} = M \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [Tage]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv/Bq]
E ₅₀ : 50-Jahre-Folgedosis in Sv	1	$0,80 \times 10^{-9}$
	2	$1,88 \times 10^{-9}$
	3	$3,99 \times 10^{-9}$
Überwachungsintervall T = 7 Tage	4	$6,97 \times 10^{-9}$
M: Messwert in Bq	5	$10,4 \times 10^{-9}$
	6	$14,2 \times 10^{-9}$
e _{inh} : Dosisfaktor in Sv/Bq	7	$18,7 \times 10^{-9}$
m(t): Retentionsanteil	8	$24,2 \times 10^{-9}$
t: Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist $t = T/2$	9	$31,2 \times 10^{-9}$
	10	$40,1 \times 10^{-9}$
	14	109×10^{-9}

23.5 Korrektur für vorangehende Inkorporation

Überwachungsintervall T = 7 Tage:
$$E_{50} = M \cdot 3.99 \cdot 10^{-9} - E_{50}^a \cdot 0,10$$

24. I-123

24.1 Stoffwechsel

Inhalieres Jod (Absorptionsklasse Typ F) wird zu 50 % wieder ausgeatmet. Die andere Hälfte gelangt rasch ins Blut (Resorptionsanteil $f_1=1$). Davon werden 30 % im Verlauf eines Tages in die Schilddrüse eingebaut, 70 % werden über den Urin ausgeschieden. Die biologische Halbwertszeit in der Schilddrüse beträgt 80 Tage. Die Verweilzeit des kurzlebigen I-123 in der Schilddrüse wird somit durch die physikalische Halbwertszeit von 13,2 Stunden bestimmt.

24.2 Messmethoden

Triagemessung

Direkte Messung der Schilddrüse mit einem Kontaminationsmonitor.

Messschwelle: 1400 Bq

Inkorporationsmessung

Messung der I-123-Aktivität M in Bq mit einem Schilddrüsenmonitor.

24.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T_{Triage} :	am Tagesende (= 12 h)	T_{Messung} :	bei Überschreitung der Messschwelle	t_{Ereignis} :	6–12 h
-----------------------	--------------------------	------------------------	--	-------------------------	--------

24.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

$E_{50} = M \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$	t [Tage]	$e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv/Bq]
	1/4	$0,0022 \times 10^{-6}$
E_{50} :	50-Jahre-Folgedosis in Sv	$0,0020 \times 10^{-6}$
M:	Messwert in Bq	$0,0029 \times 10^{-6}$
e_{inh} :	Dosisfaktor in Sv/Bq	$0,0052 \times 10^{-6}$
$m(t)$:	Retentionsanteil	$0,010 \times 10^{-6}$
t:	Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist $t = T/2$	$0,034 \times 10^{-6}$
	4	$0,12 \times 10^{-6}$
	5	$0,44 \times 10^{-6}$
	6	$1,5 \times 10^{-6}$
	7	$5,5 \times 10^{-6}$

25. I-124

25.1 Stoffwechsel

Inhalierteres Jod (Absorptionsklasse Typ F) wird zu 50 % wieder ausgeatmet. Die andere Hälfte gelangt rasch ins Blut (Resorptionsanteil $f_1=1$). Davon werden 30 % im Verlauf eines Tages in die Schilddrüse eingebaut, 70 % werden über den Urin ausgeschieden. Die biologische Halbwertszeit in der Schilddrüse beträgt 80 Tage. Die Verweilzeit des kurzlebigen I-124 in der Schilddrüse wird somit durch die physikalische Halbwertszeit von 4,2 Tagen bestimmt.

25.2 Messmethoden

Triagemessung

Direkte Messung der Schilddrüse mit einem Kontaminationsmonitor.

Messschwelle: 3000 Bq

Inkorporationsmessung

Messung der I-124-Aktivität M in Bq mit einem Schilddrüsenmonitor.

25.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} : 7 Tage	T _{Messung} : 14 Tage	t _{Ereignis} : 6–12 h
------------------------------	--------------------------------	--------------------------------

25.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

$E_{50} = M \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [Tage]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv/Bq]
	1	$0,56 \times 10^{-7}$
E ₅₀ : 50-Jahre-Folgedosis in Sv	2	$0,62 \times 10^{-7}$
M: Messwert in Bq	3	$0,74 \times 10^{-7}$
e _{inh} : Dosisfaktor in Sv/Bq	4	$0,88 \times 10^{-7}$
m(t): Retentionsanteil	5	$1,04 \times 10^{-7}$
	6	$1,24 \times 10^{-7}$
Überwachungsintervall T = 14 Tage	7	$1,48 \times 10^{-7}$
	10	$2,49 \times 10^{-7}$
t: Tage zwischen Messung und Inkorporation Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist $t = T/2$	14	$5,00 \times 10^{-7}$
	15	$5,94 \times 10^{-7}$
	21	$14,1 \times 10^{-7}$

25.5 Korrektur für vorangehende Inkorporation

Überwachungsintervall T = 14 Tage:

$$E_{50} = M \cdot 1,48 \cdot 10^{-7} - E_{50}^a \cdot 0,10$$

26. I-125

26.1 Stoffwechsel

Inhalieres Jod (Absorptionsklasse Typ F) wird zu 50 % wieder ausgeatmet. Die andere Hälfte gelangt rasch ins Blut (Resorptionsanteil $f_1=1$). Davon werden 30 % im Verlauf eines Tages in die Schilddrüse eingebaut, 70 % werden über den Urin ausgeschieden. Die biologische Halbwertszeit in der Schilddrüse beträgt 80 Tage und die physikalische Halbwertszeit 60 Tage.

26.2 Messmethoden

Triagemessung

Direkte Messung der Schilddrüse mit einem Kontaminationsmonitor.

Messschwelle: 1 300 Bq

Inkorporationsmessung

Messung der I-125-Aktivität M in Bq mit einem Schilddrüsenmonitor.

26.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T_{Triage} :	30 Tage	T_{Messung} :	90 Tage	t_{Ereignis} :	6–12 h
-----------------------	---------	------------------------	---------	-------------------------	--------

26.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

$E_{50} = M \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$	t [Tage]	$e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv/Bq]
E_{50} :	1	$0,56 \times 10^{-7}$
M:	2	$0,52 \times 10^{-7}$
e_{inh} :	3	$0,52 \times 10^{-7}$
m(t):	4	$0,56 \times 10^{-7}$
t:	5	$0,56 \times 10^{-7}$
	6	$0,56 \times 10^{-7}$
	7	$0,56 \times 10^{-7}$
	15	$0,66 \times 10^{-7}$
	30	$0,90 \times 10^{-7}$
Überwachungsintervall T = 90 Tage	45	$1,2 \times 10^{-7}$
	60	$1,6 \times 10^{-7}$
	90	$2,6 \times 10^{-7}$
	135	$6,1 \times 10^{-7}$

26.5 Interpretation für vorangehende Inkorporation

Überwachungsintervall T = 90 Tage: $E_{50} = M \cdot 1,2 \cdot 10^{-7} - E_{50}^a \cdot 0,20$

27. I-131

27.1 Stoffwechsel

Inhalierteres Jod (Absorptionsklasse Typ F) wird zu 50 % wieder ausgeatmet. Die andere Hälfte gelangt rasch ins Blut (Resorptionsanteil $f_1=1$). Davon werden 30 % im Verlauf eines Tages in die Schilddrüse eingebaut, 70 % werden über den Urin ausgeschieden. Die biologische Halbwertszeit in der Schilddrüse beträgt 80 Tage. Die Verweilzeit des I-131 in der Schilddrüse wird somit durch die physikalische Halbwertszeit von 8 Tagen bestimmt.

27.2 Messmethoden

Triagemessung

Direkte Messung der Schilddrüse mit einem Kontaminationsmonitor.

Messschwelle: 2000 Bq

Inkorporationsmessung

Messung der I-131-Aktivität M in Bq mit einem Schilddrüsenmonitor.

27.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} : 7 Tage	T _{Messung} : 30 Tage	t _{Ereignis} : 6–12 h
------------------------------	--------------------------------	--------------------------------

27.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

$E_{50} = M \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t [Tage]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv/Bq]
	1	$0,092 \times 10^{-6}$
E ₅₀ : 50-Jahre-Folgedosis in Sv	2	$0,092 \times 10^{-6}$
M: Messwert in Bq	3	$0,10 \times 10^{-6}$
e _{inh} : Dosisfaktor in Sv/Bq	4	$0,11 \times 10^{-6}$
m(t): Retentionsanteil	5	$0,12 \times 10^{-6}$
t: Tage zwischen Messung und Inkorporation.	6	$0,13 \times 10^{-6}$
Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist $t = T/2$	7	$0,15 \times 10^{-6}$
Überwachungsintervall T = 30 Tage	15	$0,31 \times 10^{-6}$
	30	$1,3 \times 10^{-6}$
	45	$5,2 \times 10^{-6}$

27.5 Korrektur für vorangehende Inkorporation

Überwachungsintervall T = 30 Tage:
$$E_{50} = M \cdot 0,31 \cdot 10^{-6} - E_{50}^a \cdot 0,06$$

28. Ba-133

28.1 Stoffwechsel

Der Stoffwechsel von Barium im Körper hängt sehr stark von der Löslichkeit der jeweiligen Verbindung ab, grundsätzlich verhält sich Barium aber ähnlich wie Ca oder Sr. Lösliche Bariumverbindungen (Absorptionsklasse Typ F) gelangen sehr schnell fast vollständig in die Blutbahn, schwer lösliche Bariumverbindungen werden zu je etwa 50% über die Blutbahn und den Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_1 = 0,1$) im Verlauf von wenigen Tagen aus der Lunge entfernt und teilweise über den Stuhl ausgeschieden. Barium, das in die Blutbahn gelangt, wird in die Knochen eingebaut oder, primär über den Urin, wieder ausgeschieden.

28.2 Messmethoden

Triagemessung

Direkte Messung der Gammastrahlung mit einem Thoraxmessgerät.

Messschwelle: 6000 Bq

Inkorporationsmessung

Messung der Ba-133-Aktivität M in Bq mit einem Ganzkörperzähler.

28.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T_{Triage} :	180 Tage	T_{Messung} :	180 Tage	t_{Ereignis} :	sofort
-----------------------	----------	------------------------	----------	-------------------------	--------

28.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

$E_{50} = M \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$	t [Tage]	$e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv/Bq]
	1	$3,69 \times 10^{-9}$
E_{50} : 50-Jahre-Folgedosis in Sv	2	$6,60 \times 10^{-9}$
M : Messwert in Bq	3	$1,10 \times 10^{-8}$
e_{inh} : Dosisfaktor in Sv/Bq	4	$1,64 \times 10^{-8}$
$m(t)$: Retentionsanteil	5	$2,20 \times 10^{-8}$
t : Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist $t = T/2$	6	$2,75 \times 10^{-8}$
	7	$3,24 \times 10^{-8}$
	15	$4,79 \times 10^{-8}$
	30	$5,78 \times 10^{-8}$
	60	$6,89 \times 10^{-8}$
	90	$7,99 \times 10^{-8}$
	180	$1,06 \times 10^{-7}$
	270	$1,25 \times 10^{-7}$

29. Cs-134

29.1 Stoffwechsel

Inhalierter Cäsium (Absorptionsklasse Typ F) wird zu 50 % wieder ausgeatmet. Die andere Hälfte gelangt rasch ins Blut (Resorptionsanteil $f_1=1$). Dieser Anteil verteilt sich gleichmässig über den ganzen Körper. 10 % dieser Aktivität wird mit einer biologischen Halbwertszeit von 2 Tagen primär im Urin ausgeschieden, die restlichen 90 % mit einer solchen von 110 Tagen bei Männern, etwa 70 Tagen bei Frauen. Zur Inkorporationsüberwachung wird die für Männer bestimmte Halbwertszeit verwendet.

29.2 Messmethoden

Triagemessung

Direkte Messung der Gammastrahlung mit einem Thoraxmessgerät. Da Cäsium aus der Lunge rasch in den Körper gelangt, kann nicht erwartet werden, dass das Thoraxmessgerät das inhalierte Cäsium total erfasst. Um das zu korrigieren, wird davon ausgegangen, dass die Thoraxmessung nur 50 % der inkorporierten Menge erfasst.

Messschwelle: 6 000 Bq

Inkorporationsmessung

Messung der Cs-134-Aktivität M in Bq mit einem Ganzkörperzähler.

29.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} :	180 Tage	T _{Messung} :	180 Tage	t _{Ereignis} :	Sofort
-----------------------	----------	------------------------	----------	-------------------------	--------

29.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

E₅₀ = M · {e_{inh}/m(t)}	t	e_{inh}/m(t)
	[Tage]	[Sv/Bq]
	1	0,16 × 10 ⁻⁷
E ₅₀ : 50-Jahre-Folgedosis in Sv	2	0,19 × 10 ⁻⁷
M: Messwert in Bq	3	0,21 × 10 ⁻⁷
e _{inh} : Dosisfaktor in Sv/Bq	4	0,22 × 10 ⁻⁷
m(t): Retentionsanteil	5	0,22 × 10 ⁻⁷
t: Tage zwischen Messung und Inkorporation.	6	0,23 × 10 ⁻⁷
Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist t = T/2	7	0,23 × 10 ⁻⁷
	15	0,25 × 10 ⁻⁷
	30	0,27 × 10 ⁻⁷
	60	0,34 × 10 ⁻⁷
Überwachungsintervall T = 180 Tage	90	0,42 × 10 ⁻⁷
	180	0,80 × 10 ⁻⁷
	270	1,5 × 10 ⁻⁷

29.5 Korrektur für vorangehende Inkorporation

Überwachungsintervall T = 180 Tage:
$$E_{50} = M \cdot 0,42 \cdot 10^{-7} - E_{50}^a \cdot 0,28$$

30. Cs-137

30.1 Stoffwechsel

Inhalieres Cäsium (Absorptionsklasse Typ F) wird zu 50 % wieder ausgeatmet. Die andere Hälfte gelangt rasch ins Blut (Resorptionsanteil $f_1=1$). Dieser Anteil verteilt sich gleichmässig über den ganzen Körper. 10 % dieser Aktivität wird mit einer biologischen Halbwertszeit von 2 Tagen primär im Urin ausgeschieden, die restlichen 90 % mit einer solchen von 110 Tagen bei Männern, etwa 70 Tagen bei Frauen. Zur Inkorporationsüberwachung wird die für Männer bestimmte Halbwertszeit verwendet.

30.2 Messmethoden

Triagemessung

Direkte Messung der Gammastrahlung mit einem Thoraxmessgerät. Da Cäsium aus der Lunge rasch in den Körper gelangt, kann nicht erwartet werden, dass das Thoraxmessgerät das inhalierte Cäsium total erfasst. Um das zu korrigieren, wird davon ausgegangen, dass die Thoraxmessung nur 50 % der inkorporierten Menge erfasst.

Messschwelle: 9 000 Bq

Inkorporationsmessung

Messung der Cs-137-Aktivität M in Bq mit einem Ganzkörperzähler.

30.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} :	180 Tage	T _{Messung} :	180 Tage	t _{Ereignis} :	Sofort
-----------------------	----------	------------------------	----------	-------------------------	--------

30.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

E₅₀ = M · {e_{inh}/m(t)}	t [Tage]	e _{inh} /m(t) [Sv/Bq]
	1	1,1×10 ⁻⁸
E ₅₀ : 50-Jahre-Folgedosis in Sv	2	1,3×10 ⁻⁸
M: Messwert in Bq	3	1,5×10 ⁻⁸
e _{inh} : Dosisfaktor in Sv/Bq	4	1,5×10 ⁻⁸
m(t): Retentionsanteil	5	1,6×10 ⁻⁸
t: Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist t = T/2	6	1,6×10 ⁻⁸
	7	1,6×10 ⁻⁸
	15	1,7×10 ⁻⁸
	30	1,9×10 ⁻⁸
	60	2,2×10 ⁻⁸
Überwachungsintervall T = 180 Tage	90	2,8×10 ⁻⁸
	180	4,8×10 ⁻⁸
	270	8,6×10 ⁻⁸

30.5 Korrektur für vorangehende Inkorporation

Überwachungsintervall T = 180 Tage: $E_{50} = M \cdot 2,8 \cdot 10^{-8} - E_{50}^a \cdot 0,33$

31. Eu-152

31.1 Stoffwechsel

Inhalierter Europium (Absorptionsklasse Typ M) wird zu einem grossen Teil via Nase und Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_1 = 0,005$) rasch wieder ausgeschieden. Europium, das in die Blutbahn gelangt, wird zu je etwa 40% in die Knochen eingebaut oder gelangt in die Leber (biologische Halbwertszeit 3500 Tage), 6% gelangen in die Nieren, wo sie mit einer biologischen Halbwertszeit von etwa 10 Tagen ausgeschieden werden.

31.2 Messmethoden

Triagemessung
 Direkte Messung der Gammastrahlung mit einem Thoraxmessgerät.
Messschwelle: 1000 Bq

Inkorporationsmessung
 Messung der Eu-152-Aktivität M in Bq mit einem Ganzkörperzähler.

31.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} :	180 Tage	T _{Messung} :	180 Tage	t _{Ereignis} :	sofort
-----------------------	----------	------------------------	----------	-------------------------	--------

31.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

<p>E₅₀ = M · {e_{inh}/m(t)}</p> <p>E₅₀: 50-Jahre-Folgedosis in Sv</p> <p>M: Messwert in Bq</p> <p>e_{inh}: Dosisfaktor in Sv/Bq</p> <p>m(t): Retentionsanteil</p> <p>t: Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist t = T/2</p>	t	
	[Tage]	e _{inh} /m(t) [Sv/Bq]
	1	5.48×10^{-8}
	2	1.04×10^{-7}
	3	1.80×10^{-7}
	4	2.52×10^{-7}
	5	3.02×10^{-7}
	6	3.27×10^{-7}
	7	3.39×10^{-7}
	15	3.65×10^{-7}
	30	4.01×10^{-7}
	60	4.49×10^{-7}
	90	4.81×10^{-7}
180	5.29×10^{-7}	
270	5.64×10^{-7}	

32. Sm-153

32.1 Stoffwechsel

Inhalierendes Samarium (Absorptionsklasse Typ M) wird via Nase und Verdauungstrakt rasch wieder ausgeschieden (Resorptionsanteil $f_1=0.0005$). Die geringe Menge Samarium, die ins Blut gelangt, wird zu 90 % in die Knochen und in die Leber eingebaut, mit einer biologischen Halbwertszeit von 3500 Jahren. Die Verweilzeit von Samarium-153 im Körper wird somit durch die physikalische Halbwertszeit von 46.7 Stunden bestimmt.

32.2 Messmethoden

Triagemessung (obligatorisch)

Messung der Kontamination der Hände nach Ausziehen der Handschuhe mit einem Kontaminationsmonitor.

Messschwelle: 3000 Bq cm⁻²

Inkorporationsmessung

Messung der Sm-153-Aktivität M in Bq mit einem Ganzkörperzähler.

32.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} :	nach jeder Anwendung	T _{Messung} :	bei Überschreitung der Messschwelle	t _{Ereignis} :	sofort
-----------------------	----------------------	------------------------	-------------------------------------	-------------------------	--------

32.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

E₅₀ =	M · {e_{inh}/m(t)}	t	e _{inh} /m(t)
		[Tage]	[Sv/Bq]
		1	1,96 × 10 ⁻⁹
E ₅₀ :	50-Jahre-Folgedosis in Sv	2	5,31 × 10 ⁻⁹
M:	Messwert in Bq	3	1,30 × 10 ⁻⁸
e _{inh} :	Dosifaktor in Sv/Bq	4	2,61 × 10 ⁻⁸
m(t):	Retentionsanteil	5	4,42 × 10 ⁻⁸
t:	Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist t = T/2	6	6,83 × 10 ⁻⁸
		7	1,01 × 10 ⁻⁷
		10	3,05 × 10 ⁻⁷
		15	1,87 × 10 ⁻⁶
		20	1,14 × 10 ⁻⁵
		30	4,22 × 10 ⁻⁴

33. Eu-154

33.1 Stoffwechsel

Inhalierter Europium (Absorptionsklasse Typ M) wird zu einem grossen Teil via Nase und Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_1 = 0,005$) rasch wieder ausgeschieden. Europium, das in die Blutbahn gelangt, wird zu je etwa 40% in die Knochen eingebaut oder gelangt in die Leber (biologische Halbwertszeit 3500 Tage), 6% gelangen in die Nieren, wo sie mit einer biologischen Halbwertszeit von etwa 10 Tagen ausgeschieden werden.

33.2 Messmethoden

Triagemessung
 Direkte Messung der Gammastrahlung mit einem Thoraxmessgerät.
Messschwelle: 800 Bq

Inkorporationsmessung
 Messung der Eu-154-Aktivität M in Bq mit einem Ganzkörperzähler.

33.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} :	180 Tage	T _{Messung} :	180 Tage	t _{Ereignis} :	sofort
-----------------------	----------	------------------------	----------	-------------------------	--------

33.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

<p>E₅₀ = M · {e_{inh}/m(t)}</p> <p>E₅₀: 50-Jahre-Folgedosis in Sv</p> <p>M: Messwert in Bq</p> <p>e_{inh}: Dosisfaktor in Sv/Bq</p> <p>m(t): Retentionsanteil</p> <p>t: Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist t = T/2</p>	t	
	[Tage]	e _{inh} /m(t) [Sv/Bq]
	1	7.10×10^{-8}
	2	1.35×10^{-7}
	3	2.33×10^{-7}
	4	3.27×10^{-7}
	5	3.92×10^{-7}
	6	4.24×10^{-7}
	7	4.40×10^{-7}
	15	4.74×10^{-7}
	30	5.21×10^{-7}
	60	5.85×10^{-7}
	90	6.27×10^{-7}
180	6.95×10^{-7}	
270	7.46×10^{-7}	

34. Er-169

34.1 Stoffwechsel

Inhalieres Erbium (Absorptionsklasse Typ M) wird via Nase und Verdauungstrakt rasch wieder ausgeschieden (Resorptionsanteil $f_1=0.0005$). Etwa 5 % bleiben längerfristig in der Lunge. Die Verweilzeit dieses Anteils wird durch die physikalische Halbwertszeit von 9.4 Tagen bestimmt. Die geringe Menge Erbium, die ins Blut gelangt, wird zu 65 % in die Knochen und in die Leber eingebaut oder direkt wieder ausgeschieden.

34.2 Messmethoden

Triagemessung (obligatorisch)

Messung der Kontamination der Hände nach Ausziehen der Handschuhe mit einem Kontaminationsmonitor.

Messschwelle: 10 000 Bq cm⁻²

Inkorporationsmessung

Messung der Er-169-Konzentration Cu im Urin in Bq/l mittels Proportionalzähler nach chemischer Aufbereitung.

34.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} :	nach jeder Anwendung	T _{Messung} :	bei Überschreitung der Messschwelle	t _{Ereignis} :	1 Tag
-----------------------	----------------------	------------------------	-------------------------------------	-------------------------	-------

34.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	T [Tage]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv·l/Bq]
	1	$4,25 \times 10^{-7}$
E ₅₀ : 50-Jahre-Folgedosis in Sv	2	$4,75 \times 10^{-6}$
Cu: Messwert in Bq/l	3	$2,95 \times 10^{-5}$
e _{inh} : Dosisfaktor in Sv/Bq	4	$4,60 \times 10^{-5}$
m(t): Ausscheidungsanteil im Tagesurin (=1,4 l) in l ⁻¹	5	$5,17 \times 10^{-5}$
t: Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist t = T/2	6	$5,65 \times 10^{-5}$
	7	$6,16 \times 10^{-5}$
	10	$8,05 \times 10^{-5}$
	15	$1,24 \times 10^{-4}$
	20	$1,91 \times 10^{-4}$
	30	$4,47 \times 10^{-4}$

35. Lu-177

35.1 Stoffwechsel

Inhalieretes Lutetium (Absorptionsklasse Typ M) wird via Nase und Verdauungstrakt rasch wieder ausgeschieden (Resorptionsanteil $f_1=0.0005$). Die geringe Menge Lutetium, die ins Blut gelangt, wird zu etwa 62 % vom Körper (hauptsächlich von den Knochen) aufgenommen, mit einer biologischen Halbwertszeit von 3500 Jahren. Der Rest wird etwa zu gleichen Teilen via Stuhl und Urin ausgeschieden. Die Verweilzeit vom Lutetium-177 im Körper wird durch die physikalische Halbwertszeit von 6.7 Tagen bestimmt.

35.2 Messmethoden

Triagemessung (obligatorisch)
 Messung der Kontamination der Hände nach Ausziehen der Handschuhe mit einem Kontaminationsmonitor.
Messschwelle: 3000 Bq cm⁻²

Inkorporationsmessung
 Messung der Lu-177-Aktivität M in Bq mit einem Ganzkörperzähler.

35.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} : nach jeder Anwendung	T _{Messung} : nach Überschreitung der Messschwelle	t _{Ereignis} : sofort
--	---	--------------------------------

35.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

<p>E₅₀ = M · {e_{inh}/m(t)}</p> <p>E₅₀: 50-Jahre-Folgedosis in Sv</p> <p>M: Messwert in Bq</p> <p>e_{inh}: Dosisfaktor in Sv/Bq</p> <p>m(t): Retentionsanteil</p> <p>t: Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist t = T/2</p>	t		
	[Tage]	e _{inh} /m(t)	
		[Sv/Bq]	
		1	3,48×10 ⁻⁹
		2	7,63×10 ⁻⁹
		3	1,56×10 ⁻⁸
		4	2,58×10 ⁻⁸
		5	3,57×10 ⁻⁸
		6	4,38×10 ⁻⁸
		7	5,08×10 ⁻⁸
		10	7,27×10 ⁻⁸
		15	1,27×10 ⁻⁷
	20	2,23×10 ⁻⁷	
	30	6,75×10 ⁻⁷	

36. Re-186

36.1 Stoffwechsel

Inhalieres Rhenium (Absorptionsklasse Typ M) gelangt rasch in die Schilddrüse, den Magen, die Leber und den Darm. Man nimmt an, dass der Rest der Aktivität sich gleichmässig im ganzen Organismus verteilt. Etwa 70 % des Rhenium wird mit einer biologischen Halbwertszeit von 1.6 Tagen zu gleichen Teilen via Stuhl und Urin ausgeschieden (Resorptionsanteil $f_1 = 0.8$).

36.2 Messmethoden

Triagemessung

Messung der Kontamination der Hände nach Ausziehen der Handschuhe mit einem Kontaminationsmonitor.

Messschwelle: 3000 Bq cm⁻²

Inkorporationsmessung

Messung der Re-186-Aktivität M in Bq mit einem Ganzkörperzähler.

36.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T_{Triage} :	nach jeder Anwendung	T_{Messung} :	bei Überschreitung der Messschwelle	t_{Ereignis} :	sofort
-----------------------	----------------------	------------------------	-------------------------------------	-------------------------	--------

36.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

$E_{50} = M \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$	t [Tage]	$e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv/Bq]
	1	$2,74 \times 10^{-9}$
E_{50} :	2	$4,90 \times 10^{-9}$
M:	3	$8,22 \times 10^{-9}$
e_{inh} :	4	$1,30 \times 10^{-8}$
$m(t)$:	5	$1,94 \times 10^{-8}$
t:	6	$2,80 \times 10^{-8}$
	7	$3,90 \times 10^{-8}$
	10	$9,09 \times 10^{-8}$
	15	$2,89 \times 10^{-7}$
	20	$8,28 \times 10^{-7}$
	30	$6,22 \times 10^{-6}$

37. Re-188

37.1 Stoffwechsel

Inhalierter Rhenium (Absorptionsklasse Typ M) gelangt rasch in die Schilddrüse, den Magen, die Leber und den Darm. Man nimmt an, dass der Rest der Aktivität sich gleichmässig im ganzen Organismus verteilt. Etwa 70 % des Rhenium wird mit einer biologischen Halbwertszeit von 1.6 Tagen zu gleichen Teilen via Stuhl und Urin ausgeschieden (Resorptionsanteil $f_1 = 0.8$).

37.2 Messmethoden

Triagemessung
 Messung der Kontamination der Hände nach Ausziehen der Handschuhe mit einem Kontaminationsmonitor.
Messschwelle: 3000 Bq cm⁻²

Inkorporationsmessung
 Messung der Re-188-Aktivität M in Bq mit einem Ganzkörperzähler.

37.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} : nach jeder Anwendung	T _{Messung} : bei Überschreitung der Messschwelle	t _{Ereignis} : sofort
--	--	--------------------------------

37.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

E₅₀ = M·{e_{inh}/m(t)}	t	e_{inh}/m(t)
	[Tage]	[Sv/Bq]
E ₅₀ : 50-Jahre-Folgedosis in Sv	1	3,75×10 ⁻⁹
M: Messwert in Bq	2	1,49×10 ⁻⁸
e _{inh} : Dosisfaktor in Sv/Bq	3	5,53×10 ⁻⁸
m(t): Retentionsanteil	4	1,93×10 ⁻⁷
t: Tage zwischen Messung und Inkorporation.	5	6,43×10 ⁻⁷
Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist t = T/2	6	2,06×10 ⁻⁶
	7	6,33×10 ⁻⁶
	10	1,61×10 ⁻⁴
	15	2,75×10 ⁻²

38. Tl-201

38.1 Stoffwechsel

Inhalieres Thallium (Absorptionsklasse Typ F) wird zu 50 % wieder ausgeatmet. Der andere Teil gelangt rasch ins Blut (Resorptionsanteil $f_1=1$). Dieser Anteil wird zu 97 % gleichmässig über den ganzen Körper verteilt und 3 % gehen in die Nieren. Das Thallium wird mit einer biologischen Halbwertszeit von 10 Tagen ausgeschieden.

38.2 Messmethoden

Triagemessung

Direkte Messung der Gammastrahlung mit einem Thoraxmessgerät.

Messschwelle: 55 000 Bq

Inkorporationsmessung

Messung der Tl-201-Aktivität M in Bq mit einem Ganzkörperzähler.

38.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T_{Triage} :	14 Tage	T_{Messung} :	14 Tage	t_{Ereignis} :	Sofort
-----------------------	---------	------------------------	---------	-------------------------	--------

38.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

$E_{50} = M \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$	t [Tage]	$e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv/Bq]
	1	$0,16 \times 10^{-9}$
E_{50} : 50-Jahre-Folgedosis in Sv	2	$0,25 \times 10^{-9}$
M: Messwert in Bq	3	$0,35 \times 10^{-9}$
e_{inh} : Dosisfaktor in Sv/Bq	4	$0,48 \times 10^{-9}$
$m(t)$: Retentionsanteil	5	$0,66 \times 10^{-9}$
	6	$0,89 \times 10^{-9}$
	Überwachungsintervall T = 14 Tage.	
	7	$1,19 \times 10^{-9}$
	8	$1,61 \times 10^{-9}$
t: Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist $t = T/2$	9	$2,16 \times 10^{-9}$
	10	$2,91 \times 10^{-9}$
	14	$9,55 \times 10^{-9}$
	21	$56,7 \times 10^{-9}$

39. Ra-223

39.1 Stoffwechsel

Inhalieres Radium (Absorptionsklasse Typ M) wird via Nase und Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_1=0.2$) im Verlauf von Stunden bis Tagen wieder ausgeschieden. Etwa 5 % bleiben längerfristig in der Lunge. Die Verweilzeit in der Lunge wird durch die Mechanismen der Lungenclearance bestimmt. Radium, das ins Blut gelangt, wird primär in die Knochen eingebaut.

39.2 Messmethoden

Triagemessung
 Messung der Kontamination der Hände nach Ausziehen der Handschuhe mit einem Kontaminationsmonitor.
Messschwelle: 300 Bq cm⁻²

Inkorporationsmessung
 Messung der Aktivitätskonzentration C_u im Urin in Bq/l des Ra-223 und der Folgenuklide.

39.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} :	nach jeder Anwendung	T _{Messung} :	bei Überschreitung der Messschwelle	t _{Ereignis} :	1 Tag
-----------------------	----------------------	------------------------	-------------------------------------	-------------------------	-------

39.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

E₅₀ = $C_u \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$	t	e_{inh}/m(t)
	[Tage]	[Sv ⁻¹ /Bq]
E ₅₀ :	1	5.23×10^{-3}
C _u :	2	3.05×10^{-2}
e _{inh} :	3	4.79×10^{-2}
m(t):	4	7.16×10^{-2}
	5	1.06×10^{-1}
t:	6	1.54×10^{-1}
	7	2.20×10^{-1}
	8	3.06×10^{-1}
	9	4.16×10^{-1}
	10	5.48×10^{-1}
	30	5.21
	40	1.10×10^1

40. Ra-226

40.1 Stoffwechsel

Inhalieres Radium (Absorptionsklasse Typ M) wird via Nase und Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_1=0.2$) im Verlauf von Stunden bis Tagen wieder ausgeschieden. Etwa 5 % bleiben längerfristig in der Lunge. Die Verweilzeit in der Lunge wird durch die Mechanismen der Lungenclearance bestimmt. Radium, das ins Blut gelangt, wird primär in die Knochen eingebaut.

40.2 Messmethoden

Triagemessung

Messung der α -Aktivitätskonzentration der Raumluft am Arbeitsplatz.

Messschwelle: 380 Bq h/m³ (Integralwert über 1 Jahr)

Inkorporationsmessung

Messung der Aktivitätskonzentration C_u im Urin in Bq/l des Ra-226 und der Folgenuklide.

40.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T_{Triage} :	–	T_{Messung} :	180 Tage	t_{Ereignis} :	Sofort
-----------------------	---	------------------------	----------	-------------------------	--------

40.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$	t [Tage]	$e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv·l/Bq]
E_{50} : 50-Jahre-Folgedosis in Sv	1	$0,20 \times 10^{-2}$
C_u : Messwert in Bq/l	2	$0,99 \times 10^{-2}$
E_{inh} : Dosisfaktor in Sv/Bq	3	$1,50 \times 10^{-2}$
$m(t)$: Ausscheidungsanteil im Tagesurin (=1,4 l) in l ⁻¹	4	$2,11 \times 10^{-2}$
t: Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist $t = T/2$	5	$2,93 \times 10^{-2}$
	6	$4,03 \times 10^{-2}$
	7	$5,42 \times 10^{-2}$
	15	$17,6 \times 10^{-2}$
	30	$32,6 \times 10^{-2}$
	60	$48,8 \times 10^{-2}$
Überwachungsintervall T = 180 Tage	90	$68,8 \times 10^{-2}$
	180	151×10^{-2}
	270	275×10^{-2}

40.5 Korrektur für vorangehende Inkorporation

Überwachungsintervall T = 180 Tage: $E_{50} = M \cdot 6,9 \cdot 10^{-1} - E_{50}^a \cdot 0,25$

41. Th-232

41.1 Stoffwechsel

Inhalirtes Th-232 (Annahmen: Oxid oder Hydroxid, Absorptionsklasse Typ S) wird zu 90 % via Nase und Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_1=2 \times 10^{-4}$) im Verlauf von Stunden bis Tagen wieder ausgeschieden. Etwa 5 % bleiben längerfristig in der Lunge. Die Verweilzeit in der Lunge wird, wegen der langen physikalischen Halbwertszeit, durch die Mechanismen der Lungen clearance bestimmt. Thorium, das ins Blut gelangt, wird primär im Knochen langfristig deponiert, wobei wegen des andauernden Knochenumbaus auch das Knochenmark einer relativ hohen Dosis ausgesetzt wird.

41.2 Messmethoden

Triagemessung (obligatorisch)
 Messung der Th-232-Konzentration in der Luft am Arbeitsplatz (Atemluftüberwachung).
Messschwelle: 70 Bq·h/m³ (Integralwert über 1 Jahr)
 Bei Überschreitung der Messschwelle ist während den ersten 3 Tagen der Stuhl und Urin zu sammeln und auszumessen. Ab der 10-fachen Messschwelle ist auch eine Ganzkörpermessung durchzuführen.
 Als Ergänzung der Triagemessungen ist einmal pro Jahr eine Messung der Th-232 Konzentration C_U im Urin in Bq/l durchzuführen.

41.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} :	–	T _{Messung} :	360 Tage	t _{Ereignis} :	Sofort
-----------------------	---	------------------------	----------	-------------------------	--------

41.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

Jeder positive Befund ist individuell abzuklären.

	t [Tage]	Urin $e_{inh}/m(t)$ [Sv l/Bq]	Stuhl $e_{inh}/m(t)$ [Sv d/Bq]	GK $e_{inh}/m(t)$ [Sv/Bq]
E₅₀ = $C_U \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$ bei Urinmessungen E₅₀ = $M_{st} \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$ bei Stuhlmessungen E₅₀ = $M \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$ bei Ganzkörpermessungen	1	1,3	$0,011 \times 10^{-2}$	$0,24 \times 10^{-4}$
E ₅₀ : 50-Jahre-Folgedosis in Sv	2	5,1	$0,0075 \times 10^{-2}$	$0,48 \times 10^{-4}$
C _U : Messwert in Bq/l (Urin-Messung)	3	8,8	$0,014 \times 10^{-2}$	$0,86 \times 10^{-4}$
M _{st} : Messwert in Bq/d (Stuhl-Messung)	4	11	$0,034 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^{-4}$
M: Messwert in Bq (GK-Messung)	5	12	$0,086 \times 10^{-2}$	$1,6 \times 10^{-4}$
e _{inh} : Dosisfaktor in Sv/Bq	6	13	$0,21 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-4}$
m(t): Ausscheidungsanteil im Tagesurin (=1,4 l) in l ⁻¹ ; oder im Stuhl in d ⁻¹ ; oder GK-Retentionsanteil	7	15	$0,48 \times 10^{-2}$	$1,9 \times 10^{-4}$
	15	22	$2,4 \times 10^{-2}$	$2,1 \times 10^{-4}$
	30	28	$3,4 \times 10^{-2}$	$2,4 \times 10^{-4}$
t: Tage zwischen Messung und Inkorporation.	45	34	$4,8 \times 10^{-2}$	$2,6 \times 10^{-4}$
Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist $t = T/2$	90	44	11×10^{-2}	$3,1 \times 10^{-4}$
	180	53	32×10^{-2}	$3,6 \times 10^{-4}$

42. U-235

42.1 Stoffwechsel

Inhalieres Uranium (Annahme Oxid, Absorptionsklasse Typ S) wird zu rund 90 % via Nase und Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_1=2\times 10^{-3}$) im Verlauf von Stunden bis Tagen wieder ausgeschieden. Etwa 5 % bleiben längerfristig in der Lunge. Die Verweilzeit in der Lunge wird durch die Mechanismen der Lungenclearance bestimmt. Uranium, das ins Blut gelangt, wird über die Nieren recht effizient ausgeschieden. Die Lungendosis dominiert; die Retention im Knochen ist unwichtig. Speziell bei löslichen Uranverbindungen wie UF_6 ist die chemische Toxizität zu beachten.

42.2 Messmethoden

Triagemessung

Messung der U-235-Konzentration in der Luft am Arbeitsplatz (Atemluftüberwachung).

Messschwelle: 140 Bq·h/m³ (Integralwert über 1 Jahr)

Bei Überschreitung der Messschwelle ist während den ersten 3 Tagen der Stuhl und Urin zu sammeln und auszumessen.

Inkorporationsmessung

Messung der U-235-Konzentration C_U im Urin in Bq/l.

42.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T_{Triage} :	–	T_{Messung} :	90 Tage	t_{Ereignis} :	Sofort
-----------------------	---	------------------------	---------	-------------------------	--------

42.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

Jeder positive Befund ist individuell abzuklären

$E_{50} = C_U \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$ $E_{50} = M_{\text{st}} \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$	t [Tage]	Urin $e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv·l/Bq]	Stuhl $e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv·d/Bq]
	1	0,012	$0,055\times 10^{-3}$
E_{50} : 50-Jahre-Folgedosis in Sv	2	0,19	$0,038\times 10^{-3}$
C_U : Messwert in Bq/l (Urin-Messung)	3	0,33	$0,073\times 10^{-3}$
M_{st} : Messwert in Bq/d (Stuhl-Messung)	4	0,36	$0,17\times 10^{-3}$
e_{inh} : Dosisfaktor in Sv/Bq	5	0,39	$0,44\times 10^{-3}$
$m(t)$: Ausscheidungsanteil im Tagesurin (=1,4 l) in l ⁻¹ oder im Stuhl in d ⁻¹	6	0,43	$1,1\times 10^{-3}$
	7	0,45	$2,4\times 10^{-3}$
t : Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist $t = T/2$	15	0,71	12×10^{-3}
	30	1,1	17×10^{-3}
	45	1,4	24×10^{-3}
	90	2,0	55×10^{-3}
	180	2,6	165×10^{-3}

43. U-238

43.1 Stoffwechsel

Inhalieretes Uranium (Annahme Oxid, Absorptionsklasse Typ S) wird zu rund 90 % via Nase und Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_1=2 \times 10^{-3}$) im Verlauf von Stunden bis Tagen wieder ausgeschieden. Etwa 5 % bleiben längerfristig in der Lunge. Die Verweilzeit in der Lunge wird durch die Mechanismen der Lungenclearance bestimmt. Uranium, das ins Blut gelangt, wird über die Nieren recht effizient ausgeschieden. Die Lungendosis dominiert; die Retention im Knochen ist unwichtig. Speziell bei löslichen Uranverbindungen wie UF_6 dominiert die chemische Toxizität.

43.2 Messmethoden

Triagemessung
 Messung der U-238-Konzentration in der Luft am Arbeitsplatz (Atemluftüberwachung).
Messschwelle: 150 Bq·h/m³ (Integralwert über 1 Jahr)
 Bei Überschreitung der Messschwelle ist während den ersten 3 Tagen der Stuhl und Urin zu sammeln und auszumessen.

Inkorporationsmessung
 Messung der U-238-Konzentration C_u im Urin in Bq/l.

43.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} :	-	T _{Messung} :	90 Tage	t _{Ereignis} :	Sofort
-----------------------	---	------------------------	---------	-------------------------	--------

43.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

Jeder positive Befund ist individuell abzuklären

	t [Tage]	Urin $e_{inh}/m(t)$ [Sv·l/Bq]	Stuhl $e_{inh}/m(t)$ [Sv·d/Bq]
E₅₀ = C_u {e_{inh}/m(t)} E₅₀ = M_{st} {e_{inh}/m(t)}	1	0,011	0,052×10 ⁻³
E ₅₀ : 50-Jahre-Folgedosis in Sv	2	0,18	0,036×10 ⁻³
C _u : Messwert in Bq/l (Urin-Messung)	3	0,31	0,068×10 ⁻³
M _{st} : Messwert in Bq/d (Stuhl-Messung)	4	0,33	0,16×10 ⁻³
e _{inh} : Dosisfaktor in Sv/Bq	5	0,36	0,41×10 ⁻³
m(t): Ausscheidungsanteil im Tagesurin (=1,4 l) in l ⁻¹ oder im Stuhl in d ⁻¹	6	0,40	1,0×10 ⁻³
	7	0,42	2,3×10 ⁻³
t: Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist t = T/2	15	0,67	12×10 ⁻³
	30	1,0	16×10 ⁻³
	45	1,3	23×10 ⁻³
	90	1,9	52×10 ⁻³
	180	2,4	154×10 ⁻³

44. Np-237

44.1 Stoffwechsel

Inhalieretes Neptunium (Annahme: Typ M) wird zu rund 90 % via Nase und Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_1=5 \times 10^{-4}$) im Verlauf von Stunden bis Tagen wieder ausgeschieden. Etwa 5 % bleiben längerfristig in der Lunge. Die relativ kurze Verweilzeit in der Lunge wird durch die Mechanismen der Lungenclearance bestimmt. Neptunium, das ins Blut gelangt, wird im Knochen und in der Leber langfristig deponiert. Relativ hohe Dosen erhalten auch das Knochenmark und die Keimzellen. Bei fortgeschrittener Lungenclearance erfolgt die Ausscheidung primär über den Urin.

44.2 Messmethoden

Triagemessung

Messung der Np-237-Konzentration der Raumluft am Arbeitsplatz (Atemluftüberwachung).

Messschwelle: 60 Bq·h/m³ (Integralwert über 1 Jahr)

Bei Überschreitung der Messschwelle ist während den ersten 3 Tagen der Stuhl und Urin zu sammeln und auszumessen.

Inkorporationsmessung

Messung der Np-237-Konzentration C_u im Urin in Bq/l.

44.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} :	–	T _{Messung} :	90 Tage	t _{Ereignis} :	Sofort
-----------------------	---	------------------------	---------	-------------------------	--------

44.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

Jeder positive Befund ist individuell abzuklären.

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$ bei Urinmessungen $E_{50} = M_{st} \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$ bei Stuhlmessungen $E_{50} = M \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$ bei Lungenmessungen	t [Tage]	Urin $e_{inh}/m(t)$ [Sv·l/Bq]	Stuhl $e_{inh}/m(t)$ [Sv·d/Bq]	Lunge $e_{inh}/m(t)$ [Sv/Bq]
	1	$3,4 \times 10^{-3}$	$0,014 \times 10^{-2}$	$2,6 \times 10^{-4}$
E ₅₀ : 50-Jahre-Folgedosis in Sv	2	$1,6 \times 10^{-2}$	$0,010 \times 10^{-2}$	$2,7 \times 10^{-4}$
C _u : Messwert in Bq/l (Urin-Messung)	3	$3,0 \times 10^{-2}$	$0,019 \times 10^{-2}$	$2,7 \times 10^{-4}$
M _{st} : Messwert in Bq/d (Stuhl-Messung)	4	$4,4 \times 10^{-2}$	$0,045 \times 10^{-2}$	$2,8 \times 10^{-4}$
M: Messwert in Bq (Lungen-Messung)	5	$6,2 \times 10^{-2}$	$0,12 \times 10^{-2}$	$2,8 \times 10^{-4}$
e _{inh} : Dosisfaktor in Sv/Bq	6	$8,1 \times 10^{-2}$	$0,28 \times 10^{-2}$	$2,8 \times 10^{-4}$
m(t): Ausscheidungsanteil im Tagesurin (=1,4 l) in l ⁻¹ ; oder im Stuhl in d ⁻¹ ; oder Lungen-Retentionsanteil	7	0,11	$0,65 \times 10^{-2}$	$2,9 \times 10^{-4}$
	15	0,21	$3,6 \times 10^{-2}$	$3,3 \times 10^{-4}$
	30	0,27	$5,4 \times 10^{-2}$	$3,9 \times 10^{-4}$
t: Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist $t = T/2$	45	0,32	$7,9 \times 10^{-2}$	$4,5 \times 10^{-4}$
	90	0,48	0,23	$6,8 \times 10^{-4}$
	180	0,78	1,0	13×10^{-4}

45. Pu-239

45.1 Stoffwechsel

Inhalieres Plutonium (Annahme Oxid, Absorptionsklasse Typ S) wird zu rund 90 % via Nase und Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_1=1 \times 10^{-5}$) im Verlauf von Stunden bis Tagen wieder ausgeschieden. Etwa 5 % bleiben längerfristig in der Lunge. Die Verweilzeit in der Lunge wird durch die Mechanismen der Lungenclearance bestimmt. Plutonium, das ins Blut gelangt, wird im Knochen und in der Leber langfristig deponiert, wobei, wegen dem andauernden Knochenumbau, auch das Knochenmark zu den stärker bestrahlten Organen gehört.

45.2 Messmethoden

Triagemessung (obligatorisch)
 Messung der Pu-239-Konzentration in der Luft am Arbeitsplatz (Atemluftüberwachung).
Messschwelle: 100 Bq·h/m³ (Integralwert über 1 Jahr)
 Bei Überschreitung der Messschwelle ist während den ersten 3 Tagen der Stuhl und Urin zu sammeln und auszumessen.
 Als Ergänzung der Triagemessungen ist einmal pro Jahr eine Messung der Pu-239-Konzentration C_u im Urin in Bq/l durchzuführen.

45.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T _{Triage} :	–	T _{Messung} :	360 Tage	t _{Ereignis} :	Sofort
-----------------------	---	------------------------	----------	-------------------------	--------

45.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

Jeder positive Befund ist individuell abzuklären

		Urin $e_{inh}/m(t)$ [Sv·l/Bq]	Stuhl $e_{inh}/m(t)$ [Sv·d/Bq]
E₅₀ = C_u {$e_{inh}/m(t)$} bei Urinmessungen	E₅₀ = M_{st} {$e_{inh}/m(t)$} bei Stuhlmessungen		
	t [Tage]		
	1	5,1	$0,0075 \times 10^{-2}$
E ₅₀ : 50-Jahre-Folgedosis in Sv	2	8,3	$0,0052 \times 10^{-2}$
C _u : Messwert in Bq/l (Urin-Messung)	3	14	$0,0099 \times 10^{-2}$
M _{st} : Messwert in Bq/d (Stuhl-Messung)	4	20	$0,024 \times 10^{-2}$
e _{inh} : Dosisfaktor in Sv/Bq	5	26	$0,059 \times 10^{-2}$
m(t): Ausscheidungsanteil im Tagesurin (=1,4 l) in l ⁻¹ ; oder im Stuhl in d ⁻¹	6	31	$0,15 \times 10^{-2}$
	7	37	$0,33 \times 10^{-2}$
t: Tage zwischen Messung und Inkorporation.	15	61	$1,7 \times 10^{-2}$
Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist $t = T/2$	30	68	$2,4 \times 10^{-2}$
	45	68	$3,3 \times 10^{-2}$
	90	73	$7,5 \times 10^{-2}$
	180	73	22×10^{-2}

46. Am-241

46.1 Stoffwechsel

Inhalierendes Americium (alle Verbindungen; Annahme: Absorptionsklasse Typ M) wird zu rund 90 % via Nase und Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_1=5 \times 10^{-4}$) im Verlauf von Stunden bis Tagen wieder ausgeschieden. Etwa 5 % bleiben längerfristig in der Lunge. Die relativ kurze Verweilzeit in der Lunge wird durch die Mechanismen der Lungenclearance bestimmt. Americium, das ins Blut gelangt, wird im Knochen und in der Leber langfristig deponiert. Relativ hohe Dosen erhalten auch das Knochenmark und die Keimzellen. Bei fortgeschrittener Lungenclearance erfolgt die Ausscheidung primär über den Urin.

46.2 Messmethoden

Triagemessung

Messung der Am-241-Konzentration in der Luft am Arbeitsplatz (Atemluftüberwachung).

Messschwelle: 30 Bq·h/m³ (Integralwert über 1 Jahr)

Bei Überschreitung der Messschwelle ist während den ersten 3 Tagen der Stuhl und Urin zu sammeln und auszumessen. Falls der Messwert die 10fache Messschwelle überschreitet, ist die Americium-Aktivität in der Lunge mit einem Thoraxmessgerät zu bestimmen.

Inkorporationsmessung

Messung der Am-241-Konzentration C_u im Urin in Bq/l.

46.3 Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

T_{Triage} :	–	T_{Messung} :	90 Tage	t_{Ereignis} :	Sofort
-----------------------	---	------------------------	---------	-------------------------	--------

46.4 Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

Jeder positive Befund ist individuell abzuklären.

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$ $E_{50} = M_{\text{st}} \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$ $E_{50} = M \cdot \{e_{\text{inh}}/m(t)\}$	bei Urinmessungen bei Stuhlmessungen bei Lungenmessungen	t [Tage]	Urin $e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv·l/Bq]	Stuhl $e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv·d/Bq]	Lunge $e_{\text{inh}}/m(t)$ [Sv/Bq]
		1	0,021	$0,025 \times 10^{-2}$	$4,7 \times 10^{-4}$
E_{50} :	50-Jahre-Folgedosis in Sv	2	0,16	$0,018 \times 10^{-2}$	$4,8 \times 10^{-4}$
C_u :	Messwert in Bq/l (Urin-Messung)	3	0,29	$0,034 \times 10^{-2}$	$4,9 \times 10^{-4}$
M_{st} :	Messwert in Bq/d (Stuhl-Messung)	4	0,42	$0,082 \times 10^{-2}$	$5,0 \times 10^{-4}$
M:	Messwert in Bq (Lungen-Messung)	5	0,53	$0,21 \times 10^{-2}$	$5,1 \times 10^{-4}$
e_{inh} :	Dosisfaktor in Sv/Bq	6	0,60	$0,51 \times 10^{-2}$	$5,1 \times 10^{-4}$
$m(t)$:	Ausscheidungsanteil im Tagesurin (=1,4 l) in l ⁻¹ ; oder im Stuhl in d ⁻¹ ; oder Lungen-Retentionsanteil	7	0,65	$1,2 \times 10^{-2}$	$5,2 \times 10^{-4}$
		15	0,97	$6,4 \times 10^{-2}$	$5,9 \times 10^{-4}$
		30	1,5	$9,6 \times 10^{-2}$	$7,1 \times 10^{-4}$
t:	Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist $t = T/2$	45	1,8	14×10^{-2}	$8,2 \times 10^{-4}$
		90	2,4	41×10^{-2}	12×10^{-4}
		180	3,4	159×10^{-2}	23×10^{-4}

C Erläuterungen zu den Datenblättern

Die nuklidspezifischen Datenblätter sind nach einem einheitlichen Schema aufgebaut. Jedes Blatt besteht aus 5 Teilen. Im ersten Teil wird kurz und als Übersicht das Stoffwechselverhalten des Isotops zusammengefasst. Im zweiten Teil sind die Messmethoden bei der Inkorporation- und Triagemessung aufgeführt. Wird die angegebene Messschwelle nie überschritten, so kann in der Regel angenommen werden, dass die jährliche effektive Folgedosis 1 mSv nicht übersteigt. In einem weiteren Abschnitt sind die Überwachungsintervalle zusammengefasst. Die zwei letzten Abschnitte dienen der Interpretation der Messwerte nach Anhang 9.

Referenzen:	1. Stoffwechsel:	ICRP 30 ¹ , ICRP 78, ICRP 119
	2. m(t):	ICRP 78, BfS ²
	3. e _{inh} :	ICRP 68 (identisch mit BSS ³ - und Richtlinie 96/29/Euratom ⁴)

¹ International Commission on Radiological Protection, www.icrp.org

² Deutsches Bundesamt für Strahlenschutz, www.bfs.de

³ International Atomic Energy Agency (IAEA): International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources (1996), Safety Series No. 115, www.iaea.org.

⁴ 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 29.6.1996, S. 1 ff.
