

Verordnung über die Personendosimetrie (Dosimetrieverordnung)

Änderung vom ...

Anhörung

*Das Eidgenössische Departement des Innern und
das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und
Kommunikation,
verordnen:*

I

Die Dosimetrieverordnung vom 7. Oktober 1999¹ wird wie folgt geändert:

Art. 13 Bst. c

Die Aufsichtsbehörde kann verlangen, dass:

- c. Extremitätendosimeter getragen werden, falls die Extremitätendosis mehr als 25 mSv pro Jahr betragen kann.

Art. 14 Abs. 5 und 6

⁵ Der Bewilligungsinhaber meldet der Dosimetriestelle die Personen, welche beim Tragen einer Bleischürze ein zweites Dosimeter benötigen.

⁶ Die Dosimetriestelle berechnet die totale individuelle Dosis und meldet H_{unter} , $H_{\text{über}}$ und H_{total} dem Betrieb und dem zentralen Dosisregister.

Art. 15 Tragweise von Extremitätendosimetern

Ein Extremitätendosimeter muss möglichst an derjenigen Stelle, an der die höchste Dosis zu erwarten ist, getragen werden. Falls mehrere Dosimeter getragen werden, wird die höchste Dosis verbucht.

Art. 19 Abs. 4

⁴ Die anerkennende Behörde kann bezüglich der Energieabhängigkeit oder des Messbereiches Abweichungen von den Anforderungen gemäss den Anhängen 3-7 erlauben. Dazu muss vom Betreiber der Personendosimetriestelle nachgewiesen werden dass:

¹ SR 814.501.43

- a. 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. 27 Referenzstrahlungsfelder

Die Referenzstrahlungsfelder nach Anhang 8 müssen den Normen ISO² 4037³ (Photonenstrahlung), ISO 8529⁴ (Neutronenstrahlung) und ISO 6980⁵ (Betastrahlung) entsprechen.

II

Die Anhänge 2, 8, 9 und 10 werden gemäss Beilage geändert.

- ² International Organization for Standardization.
Die technischen Normen der ISO in dieser Verordnung können beim Bundesamt für Gesundheit, 3003 Bern, kostenlos eingesehen oder beim Schweizerischen Informationszentrum für technische Regeln (switec), Bürglistrasse 29, 8400 Winterthur oder unter der Internetadresse www.snv.ch gegen Verrechnung 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 niedrigerenergetischen 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.

III

Diese Änderung tritt am ... in Kraft.

...

Eidgenössisches Departement des Innern:

Pascal Couchepin

...

Eidgenössisches Departement für Umwelt,
Verkehr, Energie und Kommunikation:

Moritz Leuenberger

Anhang 2
(Art. 18)*Titel***Anforderungen unter routinemässigen Bedingungen für Photondosimeter** H_0 H_0 ist die tiefste Dosis, die messbar sein muss (siehe Anhänge 3 und 6)

Konversionskoeffizienten*Bst. a, Referenzen nach Tabelle***a. Konversionskoeffizienten für Photonen**Referenzen: ICRP 74¹, ISO 4037-3².¹ International Commission on Radiological Protection, www.icrp.org² International Organization for Standardization, www.iso.org*Bst. d, Referenz und Fussnote 1 nach Tabelle***d. Quellspezifische Konversionskoeffizienten für übliche
Betastandardquellen**Referenz: Mitteilung NPL¹¹ National Physical Laboratory, www.npl.co.uk

Anhang 9
(Art. 40)**Interpretation der Inkorporationsmessung***Text vor Formel 5*

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: ...

Text nach Formel 8

mit Hilfe der $m(t)$ -Werte zu berechnen. Die Zeitspanne Δt beträgt $(n+1/2)T$, 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 $\Delta t = 3T/2$ sind die Werte $k(\Delta t)$ im Anhang 10 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 10 aufgeführten Faktoren für Dauerinkorporation zu verwenden.

Anhang 10
(Art. 32, 33, 34, 39 und 40)

Nuklidspezifische Datenblätter

Tabelle Nuklidliste, Nummerierungen anpassen

Nuklidliste:	Seite
1. H-3 als HTO	25
2. C-11	26
3. C-14	27
4. O-15	28
5. F-18	29
6. P-32	30
7. P-33	31
8. S-35	32
9. Ca-45	33
10. Cr-51	34
11. Fe-59	35
12. Co-57	36
13. Co-58	37
14. Co-60	38
15. Zn-65	39
16. Ga-67	40
17. Sr-85	41
18. Sr-89	42
19. Sr-90	43
20. Y-90	44
21. Tc-99m	45
22. In-111	46
23. I-123	47
24. I-124	48
25. I-125	49
26. I-131	50
27. Cs-134	51

28. Cs-137	52
29. Sm-153	53
30. Er-169	54
31. Lu-177	55
32. Re-186	56
33. Re-188	57
34. Tl-201	58
35. Ra-226	59
36. Th-232	60
37. U-235	61
38. U-238	62
39. Np-237	63
40. Pu-239	64
41. Am-241	65

Ziff. 2

2. C-11**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. Messmethoden**Triagemessung**

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

Messschwelle: 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ vor dem Magen

Inkorporationsmessung

Wegen der kurzen physikalischen Halbwertszeit ist eine Inkorporationsmessung nicht möglich.

3. Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

TTriage: 4 Stunden	TMessung: ---	tEreignis: Sofort
--------------------	---------------	-------------------

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.

Ziff. 4

4. O-15**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.

2. Messmethoden**Überwachung**

Kontinuierliche Überwachung der Raumabluft. Alarm bei Überschreitung einer Luftkonzentration von 4000 Bq/m³.

Triagemessung

Direkte Messung der Strahlung mit einem Dosisleistungsmessgerät vor dem Magen / Abdomen nach jedem Alarm bei der Überwachung.

Messschwelle: 0,1 µSv/h vor dem Magen

Inkorporationsmessung

Wegen der kurzen physikalischen Halbwertszeit ist eine Inkorporationsmessung nicht möglich.

3. Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

TTriage: bei Alarm	TMessung: ---	tEreignis: Sofort
--------------------	---------------	-------------------

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.

Ziff. 5

5. F-18**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).

2. Messmethoden**Triagemessung**

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

Messschwelle: 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ vor dem Magen

Inkorporationsmessung

Wegen der kurzen physikalischen Halbwertszeit ist eine Inkorporationsmessung nicht möglich.

3. Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

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

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.

Ziff.12

12. Co-57**1. Stoffwechsel**

Inhalierter Kobalt (Absorptionsklasse Typ S) wird zu 90% via Nase, Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_i=0,05$) 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.

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.

3. Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

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

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	$1,22 \times 10^{-9}$
E_{50} : 50-Jahre-Folgedosis in Sv	2	$2,40 \times 10^{-9}$
M: Messwert in Bq	3	$4,29 \times 10^{-9}$
e_{inh} : Dosisfaktor in Sv/Bq	4	$6,19 \times 10^{-9}$
$m(t)$: Retentionsanteil	5	$7,58 \times 10^{-9}$
t: Tage zwischen Messung und Inkorporation.	6	$8,37 \times 10^{-9}$
Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist $t = T/2$	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	$38,2 \times 10^{-9}$

5. Korrektur für vorangehende Inkorporation

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

Ziff. 15

15. Zn-65**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 zerfällt mit einer biologischen Halbwertszeit von 20 Tagen.

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.

3. Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

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

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

5. Korrektur für vorangehende Inkorporation

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

Ziff. 16

16. Ga-67**1. Stoffwechsel**

Inhalieres Gallium (Annahme: Oxide; Absorptionsklasse Typ M) wird via Nase und Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_i=0.001$) 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.

2. Messmethoden**Triagemessung**

Direkte Messung der Gammastrahlung mit einem Thoraxmessgerät.

Messschwelle: 5'500 Bq

Inkorporationsmessung

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

3. Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

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

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	$3,55 \times 10^{-9}$
	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	$81,6 \times 10^{-9}$
Überwachungsintervall T = 7 Tage		

5. Korrektur für vorangehende Inkorporation

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

Ziff. 20

20. Y-90**1. Stoffwechsel**

Inhaliertes 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.

2. Messmethoden**Triagemessung**

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

Messschwelle: 3'000 Bq auf 100 cm²

Inkorporationsmessung

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

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
-----------------------	----------------------	------------------------	-------------------------------------	-------------------------	-------

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 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 $t = T/2$		1	$9,48 \times 10^{-7}$
		2	$1,30 \times 10^{-5}$
		3	$1,01 \times 10^{-4}$
		4	$1,95 \times 10^{-4}$
		5	$2,64 \times 10^{-4}$
		6	$3,48 \times 10^{-4}$
		7	$4,59 \times 10^{-4}$
		10	$1,05 \times 10^{-3}$
		15	$4,13 \times 10^{-3}$
		20	$1,63 \times 10^{-2}$
		30	$2,49 \times 10^{-1}$

Ziff. 21.2

21. Tc-99m

2. Messmethoden

Triagemessung (obligatorisch)

Direkte Messung der Strahlung mit einem Dosisleistungsmessgerät vor dem Magen respektive vor der Schilddrüse.

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

Inkorporationsmessung

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

Ziff. 22

22. In-111

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.

2. Messmethoden

Triagemessung

Direkte Messung der Gammastrahlung mit einem Thoraxmessgerät.

Messschwelle: 5'000 Bq

Inkorporationsmessung

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

3. Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

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

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

5. Korrektur für vorangehende Inkorporation

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

Ziff. 24

24. I-124**1. Stoffwechsel**

Inhalierendes Jod (Absorptionsklasse Typ F) wird zu 50% wieder ausgeatmet. Die andere Hälfte gelangt rasch ins Blut (Resorptionsanteil $f_i=1$). 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.

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.

3. Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

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

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

5. Korrektur für vorangehende Inkorporation

Überwachungsintervall T = 14 Tage:

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

Ziff. 29

29. Sm-153**1. Stoffwechsel**

Inhalierteres Samarium (Absorptionsklasse Typ M) wird via Nase und Verdauungstrakt rasch wieder ausgeschieden (Resorptionsanteil $f_i=0.0005$). 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.

2. Messmethoden**Triagemessung**

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

Messschwelle: 3'000 Bq auf 100 cm²

Inkorporationsmessung

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

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
-----------------------	----------------------	------------------------	-------------------------------------	-------------------------	--------

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	$1,96 \times 10^{-9}$
E_{50} :	2	$5,31 \times 10^{-9}$
M:	3	$1,30 \times 10^{-8}$
e_{inh} :	4	$2,61 \times 10^{-8}$
m(t):	5	$4,42 \times 10^{-8}$
t:	6	$6,83 \times 10^{-8}$
	7	$1,01 \times 10^{-7}$
	10	$3,05 \times 10^{-7}$
	15	$1,87 \times 10^{-6}$
	20	$1,14 \times 10^{-5}$
	30	$4,22 \times 10^{-4}$

Ziff. 30

30. Er-169**1. Stoffwechsel**

Inhalierendes 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 2.67 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.

2. Messmethoden**Triagemessung**

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

Messschwelle: $10'000 \text{ Bq auf } 100 \text{ cm}^2$

Inkorporationsmessung

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

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
-----------------------	----------------------	------------------------	-------------------------------------	-------------------------	-------

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/Bq]
		1	$4,25 \times 10^{-7}$
E_{50} :	50-Jahre-Folgedosis in Sv	2	$4,75 \times 10^{-6}$
C_u :	Messwert in Bq/l	3	$2,95 \times 10^{-5}$
e_{inh} :	Dosisfaktor in Sv/Bq	4	$4,60 \times 10^{-5}$
$m(t)$:	Retentionsanteil	5	$5,17 \times 10^{-5}$
t :	Tage zwischen Messung und Inkorporation.	6	$5,65 \times 10^{-5}$
	Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist $t = T/2$	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	$4,47 \times 10^{-4}$

Ziff. 31

31. Lu-177**1. Stoffwechsel**

Inhalierendes Lutetium (Absorptionsklasse Typ M) wird via Nase und Verdauungstrakt rasch wieder ausgeschieden (Resorptionsanteil $f_i=0.0005$). 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.

2. Messmethoden**Triagemessung**

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

Messschwelle: : 3'000 Bq auf 100 cm²

Inkorporationsmessung

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

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
-----------------------	----------------------	------------------------	--------------------------------------	-------------------------	--------

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	$3,48 \times 10^{-9}$
		2	$7,63 \times 10^{-9}$
		3	$1,56 \times 10^{-8}$
		4	$2,58 \times 10^{-8}$
		5	$3,57 \times 10^{-8}$
		6	$4,38 \times 10^{-8}$
		7	$5,08 \times 10^{-8}$
		10	$7,27 \times 10^{-8}$
		15	$1,27 \times 10^{-7}$
		20	$2,23 \times 10^{-7}$
		30	$6,75 \times 10^{-7}$

Ziff. 32

32. Re-186**1. Stoffwechsel**

Inhalierter Rhenium (Absorptionsklasse Typ F) 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 $f_i = 0.8$).

2. Messmethoden**Triagemessung**

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

Messschwelle: $3'000 \text{ Bq auf } 100 \text{ cm}^2$

Inkorporationsmessung

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

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
-----------------------	----------------------	------------------------	-------------------------------------	-------------------------	--------

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	$2,74 \times 10^{-9}$
		2	$4,90 \times 10^{-9}$
		3	$8,22 \times 10^{-9}$
		4	$1,30 \times 10^{-8}$
		5	$1,94 \times 10^{-8}$
		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	$6,22 \times 10^{-6}$

Ziff. 33

33. Re-188**1. Stoffwechsel**

Inhalieretes Rhenium (Absorptionsklasse Typ F) 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 $f_i = 0.8$).

2. Messmethoden**Triagemessung**

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

Messschwelle: 3'000 Bq auf 100 cm²

Inkorporationsmessung

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

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
-----------------------	----------------------	------------------------	-------------------------------------	-------------------------	--------

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	$3,75 \times 10^{-9}$
E_{50} :	2	$1,49 \times 10^{-8}$
M:	3	$5,53 \times 10^{-8}$
e_{inh} :	4	$1,93 \times 10^{-7}$
$m(t)$:	5	$6,43 \times 10^{-7}$
t:	6	$2,06 \times 10^{-6}$
	7	$6,33 \times 10^{-6}$
	10	$1,61 \times 10^{-4}$
	15	$2,75 \times 10^{-2}$

Ziff. 34

34. Tl-201**1. Stoffwechsel**

Inhalierendes 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.

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.

3. Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis

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

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		1	$0,16 \times 10^{-9}$
		2	$0,25 \times 10^{-9}$
		3	$0,35 \times 10^{-9}$
		4	$0,48 \times 10^{-9}$
		5	$0,66 \times 10^{-9}$
		6	$0,89 \times 10^{-9}$
Überwachungsintervall T = 14 Tage.		7	$1,19 \times 10^{-9}$
t: Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist $t = T/2$		8	$1,61 \times 10^{-9}$
		9	$2,16 \times 10^{-9}$
		10	$2,91 \times 10^{-9}$
		14	$9,55 \times 10^{-9}$
		21	$56,7 \times 10^{-9}$

5. Korrektur für vorangehende Inkorporation

Überwachungsintervall T = 14 Tage: $E_{50} = M \cdot 1,2 \cdot 10^{-9} - E_{50}^a \cdot 0,02$

Ziff. 35

35. Ra-226**1. Stoffwechsel**

Inhalierendes Radium (Absorptionsklasse Typ M) wird via Nase und Verdauungstrakt (Resorptionsanteil $f_i=0.2$) 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.

2. Messmethoden**Triagemessung**Messung der α -Aktivitätskonzentration der Raumluft am Arbeitsplatz.Messschwelle: 380 Bq h / m³ (Integralwert über 1 Jahr)**Inkorporationsmessung**Messungen der Aktivitätskonzentration C_u im Urin in Bq/l des Ra-226 und der Folgenuklide.**3. Überwachungsintervalle T und Zeitpunkt t der ersten Messung nach Ereignis**

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

4. Interpretation ohne Berücksichtigung einer früheren Inkorporation

$E_{50} = C_u \cdot \{e_{inh}/m(t)\}$		t [Tage]	$e_{inh}/m(t)$ [Sv/Bq]
E_{50} : 50-Jahre-Folgedosis in Sv C_u : Messwert in Bq/l E_{inh} : Dosisfaktor in Sv/Bq $m(t)$: Retentionsanteil t : Tage zwischen Messung und Inkorporation. Bei unbekanntem Inkorporationszeitpunkt ist $t = T/2$		1	$0,20 \times 10^{-2}$
		2	$0,99 \times 10^{-2}$
		3	$1,50 \times 10^{-2}$
		4	$2,11 \times 10^{-2}$
		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}

5. Korrektur für vorangehende Inkorporation

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

*Erläuterungen zu den Datenblättern, Tabelle***Erläuterungen zu den Datenblättern**

Referenzen:	1. Stoffwechsel:	ICRP 30 ¹ , ICRP 78
	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.6