

DIN EN ISO 16638-1

ICS 17.240

**Strahlenschutz –
Überwachung und interne Dosimetrie für bestimmte Stoffe –
Teil 1: Inhalation von Uranverbindungen (ISO 16638-1:2015);
Deutsche Fassung EN ISO 16638-1:2017**

Radiological protection –
Monitoring and internal dosimetry for specific materials –
Part 1: Inhalation of uranium compounds (ISO 16638-1:2015);
German version EN ISO 16638-1:2017

Radioprotection –
Contrôle et dosimétrie interne des éléments spécifiques –
Partie 1: Inhalation de composés d'uranium (ISO 16638-1:2015);
Version allemande EN ISO 16638-1:2017

Gesamtumfang 58 Seiten

DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument enthält die deutsche Übersetzung der EN ISO 16638-1:2017, in die der Inhalt von ISO 16638-1:2015 „*Radiological protection — Monitoring and internal dosimetry for specific materials — Part 1: Inhalation of uranium compounds*“ unverändert übernommen wurde.

Der Text wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 85 „Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als EN ISO 16638-1:2017 durch das Technische Komitee CEN/TC 430 „Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection“ übernommen, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 080-00-03 AA „Nuklearmedizin“ im DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR) in Arbeitsgemeinschaft mit der Deutschen Röntgengesellschaft und in Zusammenarbeit mit der Deutschen Gesellschaft für Nuklearmedizin e. V. (DGN), der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik e. V. (DGMP) und der Deutschen Gesellschaft für Radioonkologie e. V. (DEGRO).

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 5725-1	siehe	DIN ISO 5725-1
ISO 5725-2	siehe	DIN ISO 5725-2
ISO 5725-3	siehe	DIN ISO 5725-3
ISO 15189	siehe	DIN EN ISO 15189
ISO 20553	siehe	DIN EN ISO 20553

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 15189, *Medizinische Laboratorien — Anforderungen an die Qualität und Kompetenz*

DIN EN ISO 20553, *Strahlenschutz — Überwachung von beruflich strahlenexponierten Personen, bei denen ein Risiko der Kontamination mit radioaktiven Stoffen besteht*

DIN ISO 5725-1, *Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Meßverfahren und Meßergebnissen — Teil 1 Allgemeine Grundlagen und Begriffe*

DIN ISO 5725-2, *Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Messverfahren und Messergebnissen — Teil 2: Grundlegende Methode für Ermittlung der Wiederhol- und Vergleichpräzision eines vereinheitlichten Messverfahrens*

DIN ISO 5725-3, *Genauigkeit (Richtigkeit und Präzision) von Messverfahren und Messergebnissen — Teil 3: Präzisionsmaße eines vereinheitlichten Messverfahrens unter Zwischenbedingungen*

Deutsche Fassung

**Strahlenschutz —
Überwachung und interne Dosimetrie für bestimmte Stoffe —
Teil 1: Inhalation von Uranverbindungen (ISO 16638-1:2015)**

Radiological protection - Monitoring and internal
dosimetry for specific materials - Part 1: Inhalation of
uranium compounds (ISO 16638-1:2015)

Radioprotection - Contrôle et dosimétrie interne des
éléments spécifiques - Partie 1: Inhalation de composés
d'uranium (ISO 16638-1:2015)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 13. September 2017 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Avenue marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Symbole und Abkürzungen	13
4.1 Symbole	13
4.2 Abkürzungen	14
5 Zweck und Notwendigkeit von Überwachungsprogrammen	15
6 Allgemeine Aspekte	18
6.1 Radiologische Aspekte	18
6.2 Chemische Toxizität	19
7 Referenzwerte für Uran	20
7.1 Radiologische Aspekte	20
7.2 Chemische Toxizität	24
7.2.1 Allgemeines	24
7.2.2 Expositionsgrenzwerte	25
7.3 Anwendung von Referenzwerten	25
8 Routineüberwachungsprogramme	26
8.1 Allgemeines	26
8.2 Arbeitsplatzüberwachung	26
8.3 Personendosisüberwachung	27
8.3.1 Allgemeines	27
8.3.2 Dosimetrie und Strahlung	27
8.3.3 Chemische Gefährdung	27
8.4 Verfahren und Überwachungsintervalle	28
8.4.1 Allgemeines	28
8.4.2 Zeitintervalle bei toxikologischen Risiken	28
8.4.3 Zeitintervalle bei radiotoxikologischem Risiko	28
8.4.4 Grundsätze und Annahmen	29
9 Sonderüberwachungsprogramme	30
9.1 Arbeitsplatzüberwachung	30
9.2 Personendosisüberwachung	30
9.2.1 Empfohlene Überwachung bei toxikologischem Risiko	30
9.2.2 Empfohlene Überwachung und empfohlener Zeitraum bei radiotoxikologischem Risiko	31
10 Aufgabenbezogene Überwachungsprogramme	32
10.1 Arbeitsplatzüberwachung	32
10.2 Personendosisüberwachung	32
11 Leistungskriterien für Laboratorien	32
11.1 Allgemeines	32
11.2 Kritische Werte	32

11.3	Referenzwerte	33
11.4	Leistungskriterien für die Arbeitsplatzüberwachung.....	34
12	Qualitätssicherung und Qualitätssteuerung für Laboratorien, die Biotests durchführen.....	35
13	Verfahren zur Beurteilung von Expositionen	36
13.1	Allgemeines	36
13.2	Beurteilung von Daten aus der Arbeitsplatzüberwachung.....	36
13.3	Beurteilung von Daten aus der Personendosisüberwachung.....	36
13.4	Anforderungen an eine Software.....	37
13.5	Unsicherheiten	37
13.6	Qualitätssicherung der Bewertungsmethode.....	38
14	Berichterstattung und Dokumentation.....	39
14.1	Berichterstattung der Ergebnisse für <i>In-vitro</i> -Messungen	39
14.2	Berichterstattung der Ergebnisse für <i>In-vivo</i> -Messungen.....	39
14.3	Dokumentation der Beurteilung der Dosis.....	40
Anhang A (informativ) Nukleare Daten des Zerfalls von U-238 und U-235.....		41
Anhang B (informativ) Standardklassifizierung von Uranverbindungen		42
Anhang C (informativ) Messmethoden für Uran.....		44
C.1	Allgemeines	44
C.2	<i>In vitro</i>	44
C.2.1	Allgemeines	44
C.2.2	Natürlicher Untergrund	46
C.3	<i>In vivo</i>	46
C.4	Arbeitsplatzüberwachung.....	47
Anhang D (informativ) Effektive Folgedosis je Inkorporation für Uranverbindungen.....		48
Anhang E (informativ) Schätzung von Unsicherheiten für Beurteilungen der internen Dosis		49
Literaturhinweise.....		53

Europäisches Vorwort

Der Text von ISO 16638-1:2015 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 85 „Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als EN ISO 16638-1:2017 durch das Technische Komitee CEN/TC 430 „Kernenergie, Kerntechnik und Strahlenschutz“ übernommen, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis April 2018, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis April 2018 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 16638-1:2015 wurde von CEN als EN ISO 16638-1:2017 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Themen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 85, *Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection*, Unterkomitee SC 2, *Radiological protection*, erarbeitet.

Einleitung

Im Laufe der Beschäftigung können Einzelpersonen mit radioaktiven Materialien arbeiten, die unter bestimmten Bedingungen inkorporiert werden können. Der Schutz von Beschäftigten vor den Risiken inkorporierter Radionuklide erfordert die Überwachung der möglichen Zufuhr und/oder die Quantifizierung der tatsächlichen Zufuhr und Exposition. Die Dosen, die sich aus der inneren Strahlenexposition durch die Kontamination mit radioaktiven Stoffen ergeben, können nicht direkt gemessen werden. Es müssen Entscheidungen darüber getroffen werden, welche Methoden, Techniken, Frequenzen usw. auszuwählen sind, um diese Dosen zu messen und zu beurteilen. Die Kriterien für die Gestaltung eines Überwachungsprogramms, d.h. dessen Anforderungen, Methoden und Zeitplan, hängen in der Regel von der Gesetzgebung, dem Zweck des gesamten Strahlenschutzprogramms, den Wahrscheinlichkeiten möglicher Radionuklidaufnahmen und den Eigenschaften der gehandhabten Materialien ab.

Aus diesen Gründen wurden drei Internationale Normen entwickelt, die Überwachungsprogramme (ISO 20553:2006), Anforderungen an Laboratorien (ISO 28218:2010) und Beurteilungen der Dosis (ISO 27048:2011) behandeln und die auf einfache Weise auf viele Radionuklide angewendet werden können. Für eine Reihe spezifischer Materialien ist die praktische Anwendung dieser Internationalen Normen jedoch komplex, und es können weitere Leitlinien erforderlich sein, z.B. für Akkreditierungszwecke.

Diese Internationale Norm wurde entwickelt, um spezifische Aspekte der Überwachung und der internen Dosimetrie im Fall der Inhalation von Uranverbindungen zu behandeln, und Folgendes widerzuspiegeln:

- das wachsende Interesse an der Energieerzeugung durch Kernenergie und den zugehörigen Anstieg des Uranabbaus und der Brennstoffherzeugung,
- die große Varianz der Isotopenzusammensetzungen der Uranverbindungen, die am Arbeitsplatz angetroffen werden können, und
- die Bedeutung, sowohl die chemischen als auch die radiologischen Risiken zu berücksichtigen, die sich aus Expositionen gegenüber Uran ergeben.

Sie trägt zur Harmonisierung der Verfahrensweisen bei der Überwachung von berufsbedingt exponierten Personen bei und bleibt gleichzeitig eine Ergänzung zu ISO 20553:2006, ISO 28218:2010 und ISO 27048:2011.

Diese Internationale Norm beschreibt die Notwendigkeit eines Überwachungs- und internen Dosimetrieprogramms für die verschiedenen Uranverbindungen und bietet eine Anleitung zu dessen Gestaltung. Bei ihrer Entwicklung wurden Empfehlungen internationaler Expertengremien und sachkundigen Personen mit internationaler Erfahrung bei der praktischen Anwendung der Empfehlungen in Strahlenschutzprogrammen berücksichtigt. Ihre Anwendung erleichtert den Informationsaustausch zwischen Behörden, Aufsichtsbehörden und Arbeitgebern.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt Mindestanforderungen an die Gestaltung professioneller Programme zur Überwachung von Beschäftigten, die Uranverbindungen ausgesetzt sind, fest. Sie legt Grundsätze für die Entwicklung kompatibler Ziele und Anforderungen für Überwachungsprogramme und Dosisbeurteilung für Beschäftigte fest, die beruflich einer internen Kontamination ausgesetzt sind. Sie legt Verfahren und Annahmen für Risikoanalysen, Überwachungsprogramme und die standardisierte Interpretation von Überwachungsdaten fest, um ein akzeptables Zuverlässigkeitsniveau für Uran und dessen Verbindungen zu erreichen. Sie legt Grenzen für die Anwendbarkeit der Verfahren in Bezug auf Dosiswerte fest, oberhalb derer anspruchsvollere Methoden angewendet werden müssen.

Uran ist sowohl radiologisch als auch chemisch toxisch. Daher werden zusätzlich zu den Strahlenexpositionsgrenzwerten die wissenschaftlichen Grundlagen der aktuellen Standards für die berufsbedingte Exposition überprüft. Diese Internationale Norm behandelt die Umstände, unter denen die Exposition entweder hinsichtlich der radiologischen oder der chemischen Toxizität beschränkt werden könnte.

Diese Internationale Norm behandelt die folgenden Punkte in Bezug auf Uran und dessen Verbindungen:

- a) Zwecke von Überwachung und Überwachungsprogrammen;
- b) Beschreibung der verschiedenen Kategorien von Überwachungsprogrammen;
- c) quantitative Kriterien für die Durchführung von Überwachungsprogrammen;
- d) geeignete Verfahren zur Überwachung und Kriterien für deren Auswahl;
- e) Informationen, die für die Gestaltung eines Überwachungsprogramms zu sammeln sind;
- f) allgemeine Anforderungen an Überwachungsprogramme (z. B. Nachweisgrenzen, tolerierte Unsicherheiten);
- g) Häufigkeiten von Messungen;
- h) Verfahren zur Beurteilung der Dosis auf der Grundlage von Referenzwerten für Routine- und Sonderüberwachungsprogramme;
- i) Annahmen für die Auswahl von dosiskritischen Parameterwerten;
- j) Kriterien für die Bestimmung der Signifikanz von Überwachungsergebnissen;
- k) Auswertung von Ergebnissen der Arbeitsplatzüberwachung;
- l) Unsicherheiten, die sich aus der Beurteilung der Dosis und Auswertung von Biotest-Daten ergeben;
- m) Berichterstattung/Dokumentation;
- n) Qualitätssicherung;
- o) Anforderungen an Aufzeichnungen.

Sie gilt nicht für die folgenden Punkte:

- a) Überwachung der Exposition aufgrund von Tochternukliden von Uran, einschließlich Radon;
- b) ausführliche Beschreibungen von Messmethoden und -techniken für Uran;

- c) Dosimetrie für Rechtsstreitigkeiten;
- d) Modellierung für die Verbesserung der internen Dosimetrie;
- e) mögliche Einflüsse von Gegenmaßnahmen (z. B. Verabreichung von Komplexbildnern);
- f) Untersuchung der Ursachen oder Auswirkungen einer Inkorporation;
- g) Dosimetrie bei Inkorporation durch Ingestion und bei kontaminierten Wunden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO/IEC Guide 98-3, *Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

ISO/IEC Guide 99, *International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)*

ISO 5725-1, *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 1: General principles and definitions*

ISO 5725-2, *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method*

ISO 5725-3, *Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results — Part 3: Intermediate measures of the precision of a standard measurement method*

ISO 20553:2006, *Radiation protection — Monitoring of workers occupationally exposed to a risk of internal contamination with radioactive material*

ISO 28218:2010, *Radiation protection — Performance criteria for radiobioassay*

ISO 27048:2011, *Radiation protection — Dose assessment for the monitoring of workers for internal radiation exposure*

ISO 15189:2012, *Medical laboratories — Requirements for quality and competence*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO/IEC Guide 99, ISO 5725-1, ISO 5725-2, ISO 5725-3 und die folgenden Begriffe.

3.1
Absorption
Bewegung von Material ins Blut, unabhängig vom Mechanismus, was im Allgemeinen auf die Dissoziation von Partikeln und die Aufnahme von löslichen Substanzen und von Partikeln dissoziiertem Material ins Blut zutrifft

3.2

Absorptionsklasse F

abgelagerte Stoffe mit schnellen Absorptionsraten aus den Atemwegen ins Blut

[QUELLE: ICRP 66]

3.3

Absorptionsklasse M

abgelagerte Stoffe mit mäßigen Absorptionsraten aus den Atemwegen ins Blut

[QUELLE: ICRP 66]

3.4

Absorptionsklasse S

abgelagerte Stoffe mit langsamen Absorptionsraten aus den Atemwegen ins Blut

[QUELLE: ICRP 66]

3.5

Aktivität

Anzahl von spontanen Kernzerfällen je Zeiteinheit

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Aktivität wird in Becquerel (Bq) angegeben, d. h. die Anzahl von Zerfällen je Sekunde.

3.6

aktivitätsbezogener Medianwert des aerodynamischen Durchmessers

AMAD

(en: activity median aerodynamic diameter)

Wert des aerodynamischen Durchmessers, so dass 50 % der luftgetragenen Aktivität in einem bestimmten Aerosol mit Partikeln in Verbindung gebracht wird, die kleiner als der AMAD sind, und 50 % der Aktivität mit Partikeln, die größer als der AMAD sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Der aerodynamische Durchmesser eines in der Luft schwebenden Partikels ist der Durchmesser, den eine Kugel mit Einheitsdichte haben müsste, um beim Absetzen in der Luft die gleiche Endgeschwindigkeit wie das interessierende Partikel zu haben.

3.7

Clearance

Nettoeffekt der biologischen Prozesse, durch die Radionuklide aus dem Körper oder aus einem Gewebe, Organ oder Bereich des Körpers entfernt werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Clearance-Rate ist die Geschwindigkeit, bei der das erfolgt.

3.8

Kontamination

radioaktive Substanzen auf Oberflächen oder in Feststoffen, Flüssigkeiten oder Gasen (einschließlich des menschlichen Körpers), wobei ihr Vorhandensein unbeabsichtigt oder unerwünscht ist, oder der Prozess, der zum Vorhandensein an derartigen Orten führt

3.9

kritischer Wert

Höchstwert für das Ergebnis einer einzelnen Messung in einem Überwachungsprogramm, bei dem es sicher ist anzunehmen, dass die entsprechend extrapolierte Jahresdosis einen zuvor festgelegten Wert der Dosis nicht überschreitet

3.10

Erkennungsgrenze

festgelegter oder A-posteriori-Wert der Messgröße, bei dessen Überschreitung durch das Ergebnis einer tatsächlichen Messung einer Messgröße, die einen physikalischen Effekt quantifiziert, entschieden wird, dass der physikalische Effekt vorliegt

3.11

Nachweisgrenze

kleinster wahrer Wert einer Messgröße, der mit diesem Messmethodenerfahren nachweisbar ist

3.12

Jahresdosis

effektive Folgedosis, die sich aus allen während eines Kalenderjahres auftretenden Zufuhren ergibt

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Benennung „Jahresdosis“ wird nicht verwendet, um die in einem Jahr von allen vorangegangenen Zufuhren erhaltene Dosis darzustellen.

3.13

effektive Folgedosis

Summe der Folge-Organ- oder -Gewebe-Äquivalentdosen und der entsprechenden Gewebe-Wichtungsfaktoren

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Rahmen dieser Internationalen Norm beträgt die Integrationszeit 50 Jahre nach einer Zufuhr.

3.14

Äquivalentdosis

Produkt aus der absorbierten Dosis und dem Strahlungs-Wichtungsfaktor für die konkrete Strahlungsart an diesem Punkt der Absorption

3.15

Folge-Äquivalentdosis

Zeitintegral der Äquivalentdosisleistung in einem bestimmten Gewebe oder Organ nach der Zufuhr von radioaktivem Material in den Körper einer Referenzperson

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Rahmen dieser Internationalen Norm beträgt die Integrationszeit 50 Jahre nach einer Zufuhr.

3.16

Ausscheidungsfunktion

Funktion, die den Anteil einer Aktivitätszufuhr beschreibt, der je Tag ausgeschieden wird, nachdem eine bestimmte Zeit seit der Zufuhr vergangen ist

3.17

Ereignis

jegliche unbeabsichtigte Begebenheit, einschließlich Bedienungsfehler, Geräteausfall oder eines sonstigen Zwischenfalls, deren Auswirkungen oder mögliche Auswirkungen aus der Sicht des Schutzes oder der Sicherheit nicht vernachlässigbar sind

3.18

Zufuhr

<Prozess> Akt oder Prozess der Aufnahme von Radionukliden in den Körper durch Inhalation oder Ingestion oder über die Haut

3.19

Aktivitätszufuhr

<Größe> Aktivität eines Radionuklids, das vom Körper in einer gegebenen Zeitdauer oder als Folge eines Ereignisses aufgenommen wurde

3.20

In-vitro-Analysen

indirekte Messungen

Analysen, die Messungen der Radioaktivität umfassen, die in biologischen Proben vorliegt, die einer Person entnommen wurden

Anmerkung 1 zum Begriff: Dazu gehören Urin- und Stuhlproben sowie Nasenabstriche; in Sonderüberwachungsprogrammen können Proben von anderen Materialien, wie z. B. Blut und Haare, entnommen werden.

3.21

In-vivo-Messungen

direkte Messungen

Messung der im menschlichen Körper vorliegenden Radioaktivität, durchgeführt mit Detektoren zum Messen der emittierten Strahlung

Anmerkung 1 zum Begriff: Üblicherweise sind die Messgeräte Ganzkörper- oder Teilkörperzähler (z. B. Lungen-, Schilddrüsenzähler).

3.22

Überwachung

Messungen zum Zweck der Bewertung oder Kontrolle der Exposition gegenüber radioaktivem Material und die Auswertung der Ergebnisse

Anmerkung 1 zum Begriff: In dieser Internationalen Norm werden vier verschiedene Kategorien von Überwachungsprogrammen unterschieden, und zwar *bestätigendes Überwachungsprogramm* (3.23), *Routineüberwachungsprogramm* (3.24), *Sonderüberwachungsprogramm* (3.25) und *aufgabenbezogenes Überwachungsprogramm* (3.26) sowie zwei verschiedene Arten der Überwachung, und zwar *Personendosisüberwachung* (3.27) und *Arbeitsplatzüberwachung* (3.28), die in jeder Kategorie vorkommen.

3.23

bestätigendes Überwachungsprogramm

Überwachungsprogramm, das zur Bestätigung von Annahmen zu den Arbeitsbedingungen durchgeführt wird

BEISPIEL Überwachungsprogramm, das durchgeführt wird, um zu bestätigen, dass keine signifikanten Zufuhren erfolgt sind.

3.24

Routineüberwachungsprogramm

Überwachungsprogramm, das mit fortlaufenden Arbeitsabläufen verbunden ist und dafür vorgesehen ist nachzuweisen, dass die Arbeitsbedingungen, einschließlich der Werte der Körper-Äquivalentdosis, zufriedenstellend bleiben und behördliche Anforderungen erfüllen

3.25

Sonderüberwachungsprogramm

Überwachungsprogramm, das zur quantitativen Bestimmung signifikanter Expositionen nach tatsächlichen oder vermuteten ungewöhnlichen Ereignissen durchgeführt wird

3.26

aufgabenbezogenes Überwachungsprogramm

Überwachungsprogramm, das auf einen bestimmten Arbeitsablauf bezogen ist oder Informationen zu einem bestimmten Arbeitsablauf von begrenzter Dauer oder nach wesentlichen Änderungen, die für die Anlagen oder Betriebsverfahren gelten, liefert oder bestätigt, dass das Routineüberwachungsprogramm geeignet ist

3.27

Personendosisüberwachung

Überwachung mit Geräten, die von den jeweiligen Beschäftigten getragen werden, durch Messung der Mengen an radioaktiven Materialien in oder auf deren Körper oder durch Messung des durch den jeweiligen Beschäftigten ausgeschiedenen radioaktiven Materials

3.28

Arbeitsplatzüberwachung

Überwachung durch Messungen in der Arbeitsumgebung

3.29

Überwachungsintervall

Zeitraum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Messzeitpunkten

3.30

Qualitätssicherung

geplante und systematische Maßnahmen, die notwendig sind, um ein angemessenes Vertrauen sicherzustellen, dass ein Prozess, eine Messung oder Dienstleistung die vorgegebenen Qualitätsanforderungen erfüllt, wie sie zum Beispiel in einer Lizenz festgelegt sind

3.31

Qualitätssteuerung

Teil der Qualitätssicherung, der dafür bestimmt ist nachzuweisen, dass Systeme und Bestandteile den zuvor festgelegten Anforderungen entsprechen

3.32

Qualitätsmanagement

alle Tätigkeiten der Gesamtführungsaufgabe, welche die Qualitätspolitik, Ziele und Verantwortungen festlegen sowie diese zum Beispiel mittels Qualitätsplanung, Qualitätssteuerung, Qualitätssicherung und Qualitätsverbesserung im Rahmen des Qualitätsmanagementsystems verwirklichen

3.33

Untersuchungsschwelle

Schwellenwert der Dosis, Exposition oder Zufuhr, bei dem oder oberhalb dessen eine Untersuchung zu erfolgen hat, um die mit der Beurteilung der Dosis verbundene Unsicherheit zu verringern

3.34

Registrierschwelle

Schwellenwert der Dosis, festgelegt vom Arbeitgeber oder der Aufsichts- oder Genehmigungsbehörde, bei dem oder oberhalb dessen die Werte der durch die Beschäftigten aufgenommenen Dosis in deren individuellen Unterlagen einzutragen sind

3.35

Referenzwert

Wert von Messgrößen, oberhalb dessen eine bestimmte festgelegte Maßnahme eingeleitet oder Entscheidung getroffen werden sollte

3.36

Retentionsfunktion

Funktion, die den Anteil einer Aktivitätszufuhr beschreibt, die im Körper oder in einem Gewebe, Organ oder Bereich des Körpers vorhanden ist, nachdem eine bestimmte Zeit seit der Zufuhr vergangen ist

3.37

Streufaktor

geometrische Standardabweichung der logarithmischen Normalverteilung von Biotest-Messungen

3.38

Zeitpunkt der Probenahme

<In-vitro-Analyse> Zeitpunkt, an dem die biologische Probe (z. B. Urin, Stuhl) von der betreffenden Person bereitgestellt wurde, d. h. der Endzeitpunkt des Sammelzeitraums

3.39

Zeitpunkt der Messung

<In-vivo-Analyse> Zeitpunkt, an dem die Messung beginnt

4 Symbole und Abkürzungen

4.1 Symbole

D_v	effektive Folgedosis aufgrund der Jahresaktivitätszufuhr (S_v), derart, dass geringere Dosen zum Zweck des Überwachungsprogramms unberücksichtigt gelassen werden dürfen
$E(50)$	effektive Folgedosis für einen Integrationszeitraum von 50 Jahren
$e(50)$	Dosiskoeffizient: effektive Folgedosis je Inkorporation
f_1	Aufnahmefaktor für den Magen-Darm-Trakt
I	Aktivitätszufuhr
$m(t_i)$	vorhergesagter Wert der Messgröße zum Zeitpunkt t_i für eine Inkorporation (Ausscheidungs- oder Retentionsfunktion zum Zeitpunkt t_i für eine Inkorporation)
$m_c(t_i)$	vorhergesagter Wert der Größe, gemessen nach einem Zeitraum von t_i Tagen einer chronischen Inkorporation je Tag (Ausscheidungs- oder Retentionsfunktion zum Zeitpunkt t_i für eine chronische Inkorporation je Tag)
M_i	Messwert zum Zeitpunkt t_i
M_c	kritischer Wert
ΔT	Dauer des Überwachungsintervalls (in Tagen)
$\Delta T/2$	Mitte des Überwachungsintervalls (in Tagen)
$E(t)$	Wert der Ausscheidungsfunktion zum Zeitpunkt t (Tag) nach einer Inkorporation
$R(t)$	Wert der Retentionsfunktion zum Zeitpunkt t (Tag) nach einer Inkorporation
A_{DL}	Nachweisgrenze (en: detection limit)

4.2 Abkürzungen

AMAD	aktivitätsbezogener Medianwert des aerodynamischen Durchmessers
ZRM	zertifiziertes Referenzmaterial (ISO 28218)
DAC	abgeleitete Luftkonzentration (en: derived air concentration)
DIL	abgeleitete Untersuchungsschwelle (en: derived investigation level)
DL	Grenzwert der Jahresdosis (en: annual dose limit) = 0,02 Sv
DRL	abgeleitete Registrierschwelle (en: derived recording level)
DU	abgereichertes Uran (en: depleted uranium) (Uran mit einem Gehalt an U-235, der geringer ist als dessen Gehalt in natürlich vorkommendem Uran)
HEU	hochangereichertes Uran (en: high enriched uranium) (Uran mit einem Gehalt an U-235 von 20 % oder mehr)
IARC	Internationale Agentur für Krebsforschung (en: International Agency for Research on Cancer)
ICRP	Internationale Strahlenschutzkommission (en: International Commission on Radiological Protection)
LEU	schwach angereichertes Uran (en: low enriched uranium) (Uran mit einem Gehalt an U-235 vom natürlichen Gehalt bis 20 %)
LOAEL	niedrigste Dosis für eine zu beobachtende unerwünschte Wirkung (en: lowest-observed-adverse-effect level)
MRL	minimales Risikoniveau (en: minimal risk level)
NOAEL	Dosis ohne zu beobachtende unerwünschte Wirkungen (en: no-observed-adverse-effect level)
PAS	personengetragener Luftsammler (en: personal air sampler)
RPE	Atemschutzausrüstung (en: respiratory protective equipment)
SAS	ortsfester Luftsammler (en: static air sampler)
TRS	Transfer-Bezugsnormal (en: transfer reference standard) (ISO 28218)
U-nat	Uranverbindung mit natürlicher Isotopenzusammensetzung (en: uranium compound with natural isotopic composition)
WHO	Weltgesundheitsorganisation (en: World Health Organization)

5 Zweck und Notwendigkeit von Überwachungsprogrammen

Uranverbindungen setzen sich aus drei hauptsächlichen Isotopen zusammen: U-234, U-235 und U-238; in bestimmten Fällen sind jedoch auch U-233 und U-232 enthalten. Diese Internationale Norm beschreibt vier verschiedene Isotopenzusammensetzungen, die für natürliche (U-nat), abgereicherte (DU), schwach (LEU) und hoch (HEU) angereicherte Formen von Uran (siehe Tabelle 1) auf der Grundlage ihrer typischen, in der Nuklearindustrie anzutreffenden Isotopenzusammensetzungen stehen. Spezifische Isotopenzusammensetzungen sollten verwendet werden, sofern verfügbar.

Tabelle 1 — Isotopenzusammensetzung von natürlichem Uran (U-nat), abgereichertem Uran (DU), schwach angereichertem Uran (LEU) und hochangereichertem Uran (HEU), als Massenanteil, und Gesamt-Alpha-Aktivitäten von Uran, auf der Grundlage von Werten für die spezifische Aktivität in ICRP 107 [20]

	U-238		U-235		U-234		Gesamt-Alpha-Aktivität	Alpha-Aktivitätsverhältnis U-234/U-238
	Isotopenzusammensetzung, als Massenanteil	Gesamt-Alpha-Aktivität	Isotopenzusammensetzung, als Massenanteil	Gesamt-Alpha-Aktivität	Isotopenzusammensetzung, als Massenanteil	Gesamt-Alpha-Aktivität		
	%	%	%	%	%	%	Bq/g	
U-nat	99,275	48,26	0,72	2,25	0,005 5	49,49	2,56E+04	1,03
DU	99,799	83,45	0,2	1,07	0,001 0	15,48	1,49E+04	0,186
LEU	96,471	14,78	3,5	3,45	0,028 84	81,78	8,12E+04	5,54
HEU	6,41	0,042	92,8	3,92	0,79	96,04	1,89E+06	2 282

In der Industrie findet Uran in einer Vielzahl von chemischen Formen Anwendung, häufig in Kombination mit anderen Radionukliden. Im Allgemeinen gibt es nicht genügend qualitativ hochwertige Daten über die Inhalation von Arbeitern, um die Absorptionsparameter für Uran zu bestimmen und daher die Biokinetik des Materials zu beschreiben, die die Grundlage für die Beurteilung radiologischer Einschränkungen oder Optimierungen der Überwachungsverfahren bilden würde. Die Absorptionsdaten können jedoch aus speziell dafür ausgelegten Tierversuchen erhalten werden, um die materialspezifischen Absorptionsparameter einer Reihe industrieller Verbindungen zu berechnen. Um materialspezifische Dosiskoeffizienten zu empfehlen und die Biokinetik von Urannukliden im Menschen vorherzusagen, erfolgt eine Kombination von Absorptionsparametern aus den Tierversuchen mit Daten zur Ablagerung im Menschen und zum Partikeltransport, erhalten aus dem ICRP-Modell für den menschlichen Respirationstrakt [8] und dem systemischen Modell der ICRP für Uran [10]. Von der ICRP wird angenommen, dass die Parameter für Ablagerung und Partikeltransport unabhängig von der inhalierten chemischen Form der Uranverbindungen sind.

Der allgemeine Zweck der *Überwachung* ist es, zu verifizieren und zu dokumentieren, dass die Beschäftigten angemessen vor Risiken durch die Aufnahme von Radionukliden geschützt sind und dass der Schutz gesetzlichen Bestimmungen entspricht. Deshalb stellt die Überwachung einen Teil des gesamten Strahlenschutzprogramms dar. Das Programm beginnt mit einer Beurteilung, um Arbeitssituationen zu identifizieren, in denen das Risiko einer inneren Kontamination von Beschäftigten besteht, und um die voraussichtliche Zufuhr von radioaktivem Material und die sich daraus ergebende aufgenommene effektive Folgedosis quantitativ zu bestimmen. Entscheidungen über die Notwendigkeit einer Überwachung und die Gestaltung des Überwachungsprogramms sollten vor dem Hintergrund einer derartigen Risikobeurteilung, wie in ISO 20553 beschrieben, getroffen werden.

Eine *Routineüberwachung* wird durchgeführt, um normale Expositionen quantitativ zu bestimmen, d. h. solche, bei denen akute Aufnahmen nicht nachweisbar sind, aber chronische Expositionen nicht ausgeschlossen werden können. Routineüberwachungsprogramme gehen davon aus, dass Arbeitsbedingungen und die Risiken einer Aufnahme weitgehend konstant bleiben. Die Gestaltung der regelmäßigen Messungen hängt stark vom Wert der Jahresdosis ab, die auf einfache und zuverlässige Weise quantitativ bestimmt werden muss. Der Wert sollte deutlich unterhalb rechtlich relevanter Grenzwerte liegen und Unsicherheiten, zum Beispiel bei der Aktivitätsmessung und Beurteilung der Dosis, Rechnung tragen. Wenn der Wert zu hoch ist, können Zufuhren, die beträchtliche Anteile der Dosisgrenzwerte darstellen, übersehen werden, während ein niedriger Wert möglicherweise zu unnötigem Aufwand bei geringen Expositionen führt.

Eine *Sonderüberwachung* wird zur quantitativen Bestimmung signifikanter Expositionen nach tatsächlichen oder vermuteten ungewöhnlichen Ereignissen durchgeführt. Im Vergleich zur Routineüberwachung ist der Zeitpunkt der Zufuhr üblicherweise besser bekannt und möglicherweise stehen zusätzliche Informationen zur Verfügung, die zur Verringerung der Unsicherheit der Beurteilung beitragen. Die Zwecke der Beurteilung der Dosis in derartigen Fällen umfassen

- Hilfe bei Entscheidungen über Gegenmaßnahmen (z. B. Dekorporationstherapie),
- Einhaltung von Rechtsvorschriften, und
- Unterstützung zur Verbesserung der Bedingungen am Arbeitsplatz.

In den meisten Fällen wird eine Sonderüberwachung individuell durchgeführt. In Fällen, in denen ein begründeter Verdacht vorliegt, dass Expositionsgrenzwerte überschritten sein könnten, ist es möglicherweise angemessen, die Messungen auszuweiten, um individuelle Retentions- und Ausscheidungsfunktionen sowie biokinetische Modellparameter zu bestimmen.

Die *bestätigende Überwachung* kann erforderlich sein, um die den zuvor ausgewählten Verfahren zugrunde liegen Annahmen zu überprüfen. Sie darf aus Arbeitsplatz- oder Personendosisüberwachung bestehen, z. B. als gelegentliche Messungen zur Untersuchung der möglichen Akkumulation von Aktivität im Körper.

Die *aufgabenbezogene Überwachung* gilt für einen bestimmten Arbeitsablauf. Der Zweck und die Dosiskriterien für die Durchführung einer aufgabenbezogenen Überwachung sind identisch mit denen für die Routineüberwachung.

Die *Personendosisüberwachung* liefert Informationen, die für die Beurteilung der Exposition eines einzelnen Beschäftigten notwendig sind, durch Messung personenbezogener Körperaktivitäten, Ausscheidungsraten oder der inhalierten Aktivität (unter Verwendung von personengetragenen Luftsammlern, siehe 8.2).

Die *Arbeitsplatzüberwachung*, schließt die *gemeinsame Überwachung* ein, liefert Expositionsbeurteilungen für eine Gruppe von Beschäftigten mit identischen Arbeitsbedingungen, d. h. gleiche Zufuhr Risiken sowie gleiche Faktoren, die die sich ergebenden Dosen beeinflussen. Sie wird hauptsächlich in Fällen angewendet, in denen die Personendosisüberwachung nicht geeignet ist, und wird möglicherweise auch in Fällen benötigt, in denen die Personendosisüberwachung nicht ausreichend empfindlich ist. In einigen Fällen werden Ergebnisse einer Arbeitsplatzüberwachung für die Beurteilungen der Körper-Äquivalentdosis benötigt (z. B. kann die Überwachung der Luft Informationen zum Zeitpunkt der Zufuhr liefern).

Faktoren, die den Umfang eines Überwachungsprogramms bestimmen, sind

- die Größenordnung wahrscheinlicher Expositionen,
- die Anforderung, unfallbedingte Expositionsereignisse zu ermitteln, und
- die Notwendigkeit, die Wirksamkeit von Atemschutzausrüstung/persönlicher Schutzausrüstung (PSA) zu beurteilen.