

DIN EN ISO 20553



ICS 13.280

Einsprüche bis 2024-01-24
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 20553:2020-06

Entwurf

**Strahlenschutz –
Überwachung von Arbeitnehmern, die beruflich der Gefahr einer
internen Kontamination mit radioaktiven Stoffen ausgesetzt sind
(ISO/DIS 20553:2023);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 20553:2023**

Radiation protection –
Monitoring of workers occupationally exposed to a risk of internal contamination with
radioactive material (ISO/DIS 20553:2023);
German and English version prEN ISO 20553:2023

Radioprotection –
Surveillance professionnelle des travailleurs exposés à un risque de contamination interne
par des matériaux radioactifs (ISO/DIS 20553:2023);
Version allemande et anglaise prEN ISO 20553:2023

Anwendungswarnvermerk

Dieser Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-11-24 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil das beabsichtigte Dokument von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nar@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR), Alexander-Wellendorff-Str. 2, 75172 Pforzheim.

Es wird gebeten, mit den Kommentaren zu diesem Entwurf jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 74 Seiten

DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 20553:2023) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 85 „Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 430 „Kernenergie, Kerntechnik und Strahlenschutz“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 080-00-03 AA „Nuklearmedizin“ im DIN-Normenausschuss DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

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

ISO 9000:2015	siehe	DIN EN ISO 9000:2015-11
ISO 16637:2016	siehe	DIN EN ISO 16637:2020-07
ISO 16638-1:2015	siehe	DIN EN ISO 16638-1:2020-07
ISO/IEC 17025	siehe	DIN EN ISO/IEC 17025
ISO 20031:2020	siehe	DIN EN ISO 20031:2022-10

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 20553:2020-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Hinzufügen von Anhang A;
- b) Hinzufügen von Anhang B;
- c) Norm redaktionell überarbeitet.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 9000:2015-11, *Qualitätsmanagementsysteme — Grundlagen und Begriffe (ISO 9000:2015); Deutsche und Englische Fassung EN ISO 9000:2015*

DIN EN ISO 16637:2020-07, *Strahlenschutz — Überwachung und interne Dosimetrie für Beschäftigte, die durch medizinisch genutzte Radionuklide aus offenen Quellen exponiert wurden (ISO 16637:2016); Deutsche Fassung EN ISO 16637:2019*

DIN EN ISO 16638-1:2020-07, *Strahlenschutz — Überwachung und interne Dosimetrie für bestimmte Stoffe — Teil 1: Inhalation von Uranverbindungen (ISO 16638-1:2015); Deutsche Fassung EN ISO 16638-1:2017*

DIN EN ISO/IEC 17025, *Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (ISO/IEC 17025)*

DIN EN ISO 20031:2022-10, *Strahlenschutz — Überwachung und Dosimetrie für innere Expositionen aufgrund von Wundkontaminationen mit Radionukliden (ISO 20031:2020); Deutsche Fassung EN ISO 20031:2022*

– *Entwurf* –

E DIN EN ISO 20553:2024-01

– Leerseite –

Strahlenschutz – Überwachung von Arbeitnehmern, die beruflich der Gefahr einer internen Kontamination mit radioaktiven Stoffen ausgesetzt sind (ISO/DIS 20553:2023)

Radiation protection – Monitoring of workers occupationally exposed to a risk of internal contamination with radioactive material (ISO/DIS 20553:2023)

Radioprotection – Surveillance professionnelle des travailleurs exposés à un risque de contamination interne par des matériaux radioactifs (ISO/DIS 20553:2023)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	8
4 Symbole und Abkürzungen	12
5 Zweck und Notwendigkeit von Überwachungsprogrammen	13
6 Registrier- und Untersuchungsschwelle	15
7 Routineüberwachungsprogramme	15
7.1 Allgemeine Aspekte	15
7.2 Routinemäßige Arbeitsplatzüberwachung	16
7.3 Routinemäßige Personendosisüberwachung	17
7.4 Verfahren und Zeitintervalle	18
8 Sonderüberwachungsprogramme	26
8.1 Allgemeine Aspekte	26
8.2 Spezielle Arbeitsplatzüberwachung	27
8.3 Spezielle Personendosisüberwachung	27
9 Aufgabenbezogene Überwachungsprogramme	28
9.1 Allgemeine Aspekte	28
9.2 Aufgabenbezogene Arbeitsplatzüberwachung	28
9.3 Aufgabenbezogene Personendosisüberwachung	29
10 Sonderfälle der Personendosisüberwachung	29
10.1 Überwachung von nuklearmedizinischem Personal, das kurzlebigen Radionukliden ausgesetzt ist	29
10.2 Actinoide	29
10.3 Kontamination in Wunden	30
10.4 Kontamination auf der Haut	30
11 Aufzeichnung, Dokumentation und Berichterstattung	30
11.1 Aufzeichnung und Dokumentation	30
11.1.1 Allgemeines	30
11.1.2 Für Proben	31
11.1.3 Für Messungen	31
11.1.4 Für Berechnungen der Dosis	31
11.1.5 Für die Messgeräte	31
11.2 Berichterstattung	32
11.2.1 Bei Routineüberwachungsprogrammen	32
11.2.2 Bei Sonderüberwachungsprogrammen	32
11.2.3 Informationen für Beschäftigte	32
12 Qualitätsmanagement	32
Anhang A (informativ) Verfahren und typische Nachweisgrenzen von ausgewählten In-vitro-Bioassay- oder In-vivo-Messungen zur Berechnung von Zeitintervallen für die Routineüberwachung der in Tabelle 1, Tabelle 2, Tabelle 3 und Tabelle 4 berücksichtigten Radionukliden	34
Anhang B (informativ) Empfohlene Verfahren für Sonderüberwachungsprogramme nach Inhalation	36
Literaturhinweise	38

Tabellen

Tabelle 1 — Verfahren und maximale Zeitintervalle für Routineüberwachungsprogramme	20
Tabelle 2 — Verfahren und maximale Zeitintervalle für Routineüberwachungsprogramme für Iod	22
Tabelle 3 — Verfahren und maximale Zeitintervalle für Routineüberwachungsprogramme für Radium- und Uranverbindungen	23
Tabelle 4 — Verfahren und maximale Zeitintervalle für Routineüberwachungsprogramme für Verbindungen von Actinoiden (ausgenommen Uran)	25
Tabelle 5 — Toleranzen für verschiedene Überwachungsintervalle	26
Tabelle A.1	34
Tabelle B.1	36

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 20553:2023) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 85 „Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 430 „Kernenergie, Kerntechnik und Strahlenschutz“ erarbeitet, dessen Sekretariat von AFNOR gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 20553:2017 ersetzen.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 20553:2023 wurde von CEN als prEN ISO 20553:2023 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (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 Normungsthemen 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 Directives, 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 Directives, Teil 2, erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO und IEC sind 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 des freiwilligen Charakters von Normen, 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.

Es überarbeitet und ersetzt die vorherige Fassung von ISO 20553, die 2006 veröffentlicht wurde. Die wesentliche Änderung besteht in der Verweisung auf die neueste Veröffentlichung der Reihe „Occupational Intakes of Radionuclides“ (OIR, en: berufsbedingte Aufnahme von Radionukliden) der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) statt auf die ICRP-Veröffentlichungen 66 und 78 zur Berechnung der maximalen Zeitintervalle für Routineüberwachungsprogramme.

Einleitung

Im Laufe ihrer Beschäftigung arbeiten Personen möglicherweise mit radioaktiven Stoffen, die unter bestimmten Umständen vom Körper aufgenommen werden könnten. Der Schutz von Beschäftigten vor den Risiken aufgenommener Radionuklide erfordert die Überwachung potentieller oder tatsächlicher Aktivitätszufuhren. Die Anforderung eines solchen Überwachungsprogramms und die Auswahl der Überwachungsverfahren und der Häufigkeit von Überwachungen sind üblicherweise abhängig von der geltenden Gesetzgebung oder Aufsichts- oder Genehmigungsbehörde, dem Zweck des Strahlenschutzprogramms, den Wahrscheinlichkeiten potentieller Zufuhren von Radionukliden und den Eigenschaften der gehandhabten Materialien.

Dieses Dokument bietet einen Leitfaden für die Entscheidung, ob ein Überwachungsprogramm erforderlich ist, und wie es gestaltet sein sollte. Es ist dafür vorgesehen, den Aufwand für ein solches Überwachungsprogramm entsprechend den gesetzlichen Anforderungen und dem Zweck des Strahlenschutzprogramms zu optimieren. Bei der Erarbeitung dieses Dokuments wurden Empfehlungen von internationalen Expertengremien und internationale Erfahrungen mit der praktischen Anwendung dieser Empfehlungen bei Strahlenschutzprogrammen berücksichtigt. Ihre Anwendung ermöglicht den Informationsaustausch zwischen Behörden, Aufsichtsorganen und Arbeitgebern. Dieses Dokument ersetzt keine gesetzlichen Anforderungen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Mindestanforderungen an die Gestaltung von professionellen Programmen zur Überwachung von Beschäftigten fest, bei denen ein Risiko der inneren Kontamination durch radioaktive Stoffe besteht, und legt Grundsätze für die Entwicklung von kompatiblen Zielen für und Anforderungen an Überwachungsprogramme fest.

Dieses Dokument behandelt

- a) die Zwecke von Überwachung und von Überwachungsprogrammen;
- b) die Beschreibung der verschiedenen Kategorien von Überwachungsprogrammen;
- c) die quantitativen Kriterien für die Durchführung von Überwachungsprogrammen;
- d) die geeigneten Verfahren zur Überwachung und Kriterien für deren Auswahl;
- e) die Informationen, die für die Gestaltung eines Überwachungsprogramms zu sammeln sind;
- f) die allgemeinen Anforderungen an Überwachungsprogramme (z. B. Nachweisgrenzen, geduldete Unsicherheiten);
- g) die Häufigkeiten von Messungen, berechnet mithilfe der Reihe „Occupational Intakes of Radionuclides (OIR)“ der ICRP;
- h) die Sonderfälle individueller Überwachung (Zufuhr von Actinoiden, Kontamination in Wunden und auf der Haut);
- i) die Qualitätssicherung; und
- j) die Dokumentation, die Berichterstattung und das Führen von Aufzeichnungen.

Dieses Dokument behandelt nicht

- die Überwachung der Exposition gegenüber Radon und seinen radioaktiven Zerfallsprodukten;
- ausführliche Beschreibungen von Messverfahren und -techniken;
- ausführliche Verfahren für *In-vivo*-Messungen und *In-vitro*-Analysen;
- die Auswertung von Messergebnissen in Bezug auf die Dosis;
- biokinetische Daten und mathematische Modelle zur Umwandlung gemessener Aktivitäten in die absorbierte Dosis, Äquivalentdosis und effektive Dosis; oder
- die Untersuchung der Ursachen oder Auswirkungen einer Exposition oder Aktivitätszufuhr.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

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

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1

Absorptionsklassen

Materialarten, die nach ihren Absorptionsraten aus den Atemwegen in das Blut klassifiziert sind

3.1.1

Absorptionsklasse V

Klasse V

abgelagerte Materialien, bei denen davon ausgegangen wird, dass sie unmittelbar aus den Atemwegen in das Blut absorbiert werden (nur bestimmte Gase und Dämpfe, sehr schnell)

3.1.2

Absorptionsklasse F

Klasse F

abgelagerte Materialien, die einfach aus den Atemwegen in das Blut absorbiert werden (schnelle Absorption)

3.1.3

Absorptionsklasse M

Klasse M

abgelagerte Materialien, die mittlere Absorptionsraten aus den Atemwegen in das Blut aufweisen (mäßige Absorption)

3.1.4

Absorptionsklasse S

Klasse S

abgelagerte Materialien, die in den Atemwegen verhältnismäßig unlöslich sind (langsame Absorption)

[QUELLE: ICRP Publication 130]

3.2

Aktivität

Quotient aus $-dN$ durch dt , dabei ist dN die Veränderung der Anzahl radioaktiver Kerne in einem bestimmten Energiezustand und zu einem bestimmten Zeitpunkt aufgrund spontaner nuklearer Transformationen im Zeitintervall dt

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie wird angegeben als $A = -dN/dt$. Aktivität kann berechnet werden als $A = \lambda N$, dabei ist λ die Zerfallskonstante und N die Anzahl vorhandener radioaktiver Kerne.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die besondere Bezeichnung für die Einheit der Aktivität im Internationalen Einheitensystem ist Becquerel (Bq), dabei ist $1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$. Die Verwendung der früheren Einheit Curie ($1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$) ist in vielen Ländern und im BIPM ebenfalls zulässig.

[QUELLE: ISO 12749-1:2020 (E)]

3.3

aktivitätsbezogener Medianwert des aerodynamischen Durchmessers

AMAD, en: activity median aerodynamic diameter

Wert des aerodynamischen Durchmessers, derart, dass 50 % der luftgetragenen Aktivität in einem festgelegten Aerosol mit Partikeln kleiner als der AMAD und 50 % der der Aktivität mit Partikeln größer als der AMAD verbunden sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Der aerodynamische Durchmesser eines luftgetragenen Partikels ist der Durchmesser einer Kugel mit Einheitsdichte, die die gleiche Absetzgeschwindigkeit in Luft aufweist wie das interessierende Partikel.

3.4

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 dies erfolgt.

3.5

radioaktive Kontamination

radioaktive Substanzen auf Oberflächen oder in Feststoffen, Flüssigkeiten oder Gasen, einschließlich des menschlichen Körpers, wobei das Vorhandensein an diesen Orten unbeabsichtigt oder unerwünscht ist

[QUELLE: ISO 12749-2:2022 (E)]

3.6

effektive Folgedosis

Menge $E(\tau)$, definiert als:

$$E(\tau) = \sum_T W_T \cdot H_T(\tau)$$

dabei ist $H_T(\tau)$ die Folgeäquivalentdosis, der das Gewebe oder Organ T über die nach Aufnahme von radioaktiven Substanzen verstrichenen Integrationszeit τ ausgesetzt ist und w_T der Gewebegewichtungsfaktor für das Gewebe oder Organ T

Anmerkung 1 zum Begriff: Die auf ein Organ oder Gewebe wirkende Folgeäquivalentdosis ist das Zeitintegral der auf das Organ oder Gewebe wirkenden Äquivalentdosisleistung nach einer Aufnahme von radioaktiven Substanzen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Ist τ nicht festgelegt, so wird es als 50 Jahre für Erwachsene und die Zeit bis zum Alter von 70 Jahren für Aufnahmen durch Kinder angenommen. Bei Arbeitnehmern beträgt die Integrationszeit zur Berechnung der Folgeäquivalentdosen 50 Jahre.

[QUELLE: ISO 12749-2:2022 (E), modifiziert durch Hinzufügung von Anmerkung 1 und „Bei Beschäftigten beträgt die Integrationszeit zur Berechnung der Folgeäquivalentdosen 50 Jahre.“ in Anmerkung 2]

3.7

jährliche effektive Folgedosis

effektive Folgedosis aus den Aktivitätszufuhren von Radionukliden in einem Jahr

3.8

Dosiskoeffizient

effektive Folgedosis je Inkorporation, $e(50)$, dabei ist 50 die Dosis-Bindungsdauer in Jahren, über die die Dosis berechnet wird

3.9

Ausscheidungsfunktion

Reihe von Werttabellen $m(t)$, vorhergesagt durch ein biokinetisches Referenzmodell, die den Zeitverlauf der in Körperflüssigkeiten oder Abwässern, z. B. Urin oder Stuhl, ausgeschiedenen Aktivität im Anschluss an eine akute Aktivitätszufuhr zum Zeitpunkt t beschreiben

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Ausscheidungsfunktion $m(t)$ repräsentiert die vorhergesagte Aktivität eines Radionuklids in einer 24-h-Ausscheidungsprobe zum Zeitpunkt t nach der Aktivitätszufuhr.

[QUELLE: ISO 12749-2:2022 (E)]

3.10

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

3.11

Aktivitätszufuhr

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Sonstige Expositionswege durch Zufuhr sind Injektion (z. B. in der Nuklearmedizin) und Zufuhr über eine Wunde im Unterschied zur Zufuhr über die (unversehrte) Haut.

3.12

Aktivitätszufuhr

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

3.13

In-vitro-Analyse

Analyse, die Messungen der Radioaktivität umfasst, die in biologischen Proben vorliegt, die einer Person entnommen wurden

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

Anmerkung 2 zum Begriff: Diese Analysen werden manchmal als indirekte Messungen bezeichnet.

Anmerkung 3 zum Begriff: Bei einer Urin- oder Stuhluntersuchung ist der Zeitpunkt der Messung der letzte Tag der Probenentnahme.

3.14

In-vivo-Messung

direkte Messungen

Messung zur Bestimmung des Vorhandenseins oder zur Abschätzung der Menge von radioaktivem Material in einem lebenden Organismus

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

[QUELLE: ISO 12749-2:2022 (E)]

3.15

Untersuchungsschwelle

Wert einer Größe wie z. B. effektive Dosis, Aktivitätszufuhr oder Kontamination je Einheitenbereich oder Volumen, bei oder über dem eine Untersuchung durchgeführt würde

[QUELLE: IAEA Safety Glossary Terminology used in Nuclear Safety and Radiation Protection — 2018 Edition (en: Sicherheitsglossar-Terminologie der IAEA zur Verwendung in den Bereichen nukleare Sicherheit und Strahlenschutz)]

3.16

Nachweisgrenze

kleinster wahrer Wert der Messgröße, der mit einer festgelegten Wahrscheinlichkeit zuverlässig durch das Messverfahren erkannt wird

[QUELLE: ISO 12749-1:2020 (E)]

3.17

Überwachung

Messung von Dosis, Dosisleistung oder Aktivität zur Bewertung oder Kontrolle der Exposition gegenüber Strahlung oder radioaktiven Substanzen, und die Auswertung der Ergebnisse

[QUELLE: ISO 12749-1:2020 (E)]

3.17.1

Personendosisüberwachung

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

3.17.2

Arbeitsplatzüberwachung

Überwachung durch Messungen in der Arbeitsumgebung

3.18

Überwachungsprogramm

vorab geplante Reihe von Messungen von Personen oder am Arbeitsplatz zur Bestimmung der personenbezogenen Exposition mit radioaktiven Materialien

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieses Dokument unterscheidet vier verschiedene Kategorien von Überwachungsprogrammen, nämlich *Routineüberwachungsprogramme* (3.18.1), *Sonderüberwachungsprogramme* (3.18.2), *bestätigende Überwachungsprogramme* (3.18.3) und *aufgabenbezogene Überwachungsprogramme* (3.18.4).

3.18.1

Routineüberwachungsprogramm

systematisches Überwachungsprogramm

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 zu erfüllen

3.18.2

Sonderüberwachungsprogramm

Überwachungsprogramm, das zur quantitativen Bestimmung von Aktivitätszufuhren nach tatsächlichen oder vermuteten Ereignissen durchgeführt wird

3.18.3

bestätigendes Überwachungsprogramm

Überwachungsprogramm, das durchgeführt wird, um Annahmen zu den Arbeitsbedingungen zu bestätigen, zum Beispiel, dass keine signifikanten Zufuhren erfolgen

3.18.4

aufgabenbezogenes Überwachungsprogramm spezifisches Überwachungsprogramm

Überwachungsprogramm, das auf einen bestimmten Arbeitsablauf bezogen ist, um Informationen zu einem bestimmten Arbeitsablauf von begrenzter Dauer oder nach wesentlichen Änderungen bei den Anlagen oder Betriebsverfahren zu liefern oder um zu bestätigen, dass das Routineüberwachungsprogramm geeignet ist

3.18.5

Überwachungsintervall

Zeitraum zwischen zwei Zeitpunkten von Messungen desselben Typs und derselben Kategorie

3.19

Qualitätssicherung

QS

Teil des Qualitätsmanagements, der auf das Erzeugen von Vertrauen darauf gerichtet ist, dass Qualitätsanforderungen erfüllt werden

[QUELLE: ISO 9000:2015 (E)]

3.20

Qualitätssteuerung

Teil des Qualitätsmanagements, der auf die Erfüllung von Qualitätsanforderungen gerichtet ist

[QUELLE: ISO 9000:2015 (E)]

3.21

Qualitätsmanagement

Management bezüglich Qualität

Anmerkung 1 zum Begriff: Qualitätsmanagement kann das Festlegen der Qualitätspolitiken und der Qualitätsziele, sowie Prozesse für das Erreichen dieser Qualitätsziele durch Qualitätsplanung, Qualitätssicherung, Qualitätssteuerung und Qualitätsverbesserung umfassen

[QUELLE: ISO 9000:2015 (E)]

3.22

Registrierschwelle

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

[QUELLE: ISO 12749-2:2022 (E)]

3.23

Retentionsfunktion

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

4 Symbole und Abkürzungen

AMAD aktivitätsbezogener Medianwert des aerodynamischen Durchmessers

$A^{\#}$	mathematisches Symbol für die Nachweisgrenze, verwendet in Gleichungen
$e(50)$	Dosiskoeffizient: effektive Folgedosis, akkumuliert innerhalb von 50 Jahren nach einer Inkorporation
$E(t)$	Wert der Ausscheidungsfunktion zum Zeitpunkt t (in Tagen) nach einer Inkorporation
IAEA	International Atomic Energy Agency (Internationale Atomenergie-Organisation)
ICRP	International Commission on Radiological Protection (Internationale Strahlenschutzkommission)
QS	Qualitätssicherung (en: quality assurance)
$R(t)$	Wert der Retentionsfunktion zum Zeitpunkt t (in Tagen) nach einer Inkorporation
ΔT	Zeitintervall (in Tagen) zwischen zwei Messungen in einem Routineüberwachungsprogramm

5 Zweck und Notwendigkeit von Überwachungsprogrammen

Der Zweck der Überwachung ist im Allgemeinen zu verifizieren und dokumentieren, dass der Beschäftigte angemessen vor Risiken durch die Aktivitätszufuhr von Radionukliden geschützt ist und dass der Schutz gesetzlichen Bestimmungen entspricht. Deshalb stellt sie einen Teil des übergreifenden Strahlenschutzprogramms dar, das mit einer Beurteilung zur Ermittlung von Arbeitssituationen, in denen ein Risiko einer Aktivitätszufuhr von Radionukliden für Beschäftigte besteht, und zur quantitativen Bestimmung der voraussichtlichen Aktivitätszufuhr von radioaktivem Material und der sich daraus ergebenden aufgenommenen effektiven Folgedosis beginnt. Entscheidungen über die Notwendigkeit einer Überwachung und die Gestaltung eines Überwachungsprogramms sollten vor dem Hintergrund einer derartigen Risikobeurteilung getroffen werden.

Routineüberwachungsprogramme werden durchgeführt, um Dosen quantitativ zu bestimmen, wenn die Möglichkeit entweder nicht erkannter versehentlicher oder chronischer Zufuhren besteht. Die Grundlage für Routineüberwachungsprogramme ist die Annahme, dass Arbeitsbedingungen, und somit Risiken einer Aktivitätszufuhr, weitgehend konstant bleiben. Die Gestaltung eines derartigen Programms für regelmäßige Messungen hängt stark vom Wert der Jahresdosis ab, deren quantitative Bestimmung sichergestellt ist. Dieser Wert sollte deutlich unterhalb rechtlich relevanter Grenzwerte liegen; bei seiner Festlegung sollten Unsicherheiten, zum Beispiel bei der Aktivitätsmessung und Beurteilung der Dosis, in gebührendem Maße berücksichtigt werden. Wenn dieser Wert zu hoch ist, können Aktivitätszufuhren, die beträchtliche Anteile der Dosisgrenzwerte darstellen, übersehen werden, während ein niedriger Wert zu Aufwendungen für unnötigen Aufwand bei geringen Expositionen führen kann.

Sonderüberwachungsprogramme werden zur quantitativen Bestimmung signifikanter Aktivitätszufuhren nach tatsächlichen oder vermuteten Ereignissen durchgeführt. Im Vergleich zu Routineüberwachungsprogrammen ist der Zeitpunkt der Aktivitätszufuhr deshalb üblicherweise besser bekannt und zusätzliche Informationen können verfügbar sein, 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 von Entscheidungen zur Verbesserung von Bedingungen am Arbeitsplatz. In den meisten Fällen werden Sonderüberwachungsprogramme individuell durchgeführt. In Fällen, in denen ein begründeter Verdacht vorliegt, dass Dosisgrenzwerte überschritten werden könnten, kann es angemessen sein, die Messungen auszuweiten, um individuelle Retentions- und Ausscheidungsfunktionen sowie biokinetische Modellparameter abzuleiten.

Bestätigende Überwachungsprogramme können erforderlich sein, um die Annahmen über Expositionsbedingungen zu überprüfen, die den ausgewählten Verfahren zugrunde liegen (z. B. die Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen). Sie dürfen aus Arbeitsplatz- oder Personendosisüberwachung bestehen (z. B. als gelegentliche Messungen zur Untersuchung der möglichen Akkumulation von Aktivität im Körper oder als In-vivo- oder In-vitro-Messungen bei ausgewählten Beschäftigten, die Gruppe von Beschäftigten mit identischen Aktivitätszufuhr Risiken repräsentieren).

Aufgabenbezogene Überwachungsprogramme gelten für einen bestimmten Arbeitsablauf. Der Zweck und die Dosiskriterien für die Durchführung von aufgabenbezogenen Überwachungsprogrammen sind identisch mit denen für Routineüberwachungsprogramme.

Überwachungsprogramme beruhen auf Personendosis- und Arbeitsplatzüberwachung.

Die Personendosisüberwachung liefert Informationen, die für die Beurteilung der Exposition eines einzelnen Beschäftigten notwendig sind, durch Messung von personenbezogener Aktivität im gesamten Körper, in Organen oder Ausscheidungen oder durch direkte Messung der zugeführten Aktivität (z. B. unter Verwendung von personengetragenen Luftsammlern zur Ermittlung der Exposition über Inhalation).

Arbeitsplatzüberwachung liefert Informationen zur Kontamination am Arbeitsplatz. Die Informationen können verwendet werden, um Entscheidungen bezüglich der Notwendigkeit und Gestaltung eines Personendosisüberwachungsprogramms zu treffen oder um Gewissheit zu erlangen, dass ein derartiges Programm nicht erforderlich ist. Außerdem kann sie in Fällen benötigt werden, in denen die Personendosisüberwachung nicht ausreichend empfindlich ist. In einigen Fällen werden Ergebnisse einer Arbeitsplatzüberwachung zur Unterstützung von Beurteilungen der Körper-Äquivalentdosis benötigt, z. B. kann die Überwachung der Luft Informationen über den Zeitpunkt der Aktivitätszufuhr liefern.

Faktoren, die den Bedarf an einem Überwachungsprogramm bestimmen, sind

- die Größenordnung voraussichtlicher Aktivitätszufuhren,
- die Notwendigkeit, Aktivitätszufuhreignisse zu erkennen, sollten sie auftreten,
- die Notwendigkeit, die Wirksamkeit von Schutzausrüstung wie Atemschutzausrüstung zu beurteilen,
- die Notwendigkeit, die Wirksamkeit von Kontrollen am Arbeitsplatz zu beurteilen.

Arbeitsplatzüberwachung ist erforderlich an Arbeitsplätzen, an denen die jährlichen effektiven Folgedosen voraussichtlich mehr als 1 mSv betragen und wird dort empfohlen, wo das Potential einer Kontamination besteht.

Ein Überwachungsprogramm, einschließlich Arbeitsplatzüberwachung, muss vorgesehen werden, wenn Beschäftigte einer Aktivitätszufuhr von Radionukliden ausgesetzt sein könnten, die zu einer Dosis von mehr als 1 mSv jährlich führen könnte. Unterhalb von 5 mSv wird ein Routineüberwachungsprogramm einschließlich personenbezogener Messungen empfohlen, wobei nicht erkannte versehentliche oder chronische Zufuhren zu einer Dosis von mehr als 1 mSv jährlich führen könnten. Ein Routineüberwachungsprogramm, einschließlich personenbezogener Messungen, muss für Beschäftigte vorgesehen und umgesetzt werden, die einer Aktivitätszufuhr von Radionukliden ausgesetzt sein könnten, die zu einer Dosis von mehr als 5 mSv jährlich führen könnte.

Die in diesem Dokument angeführten Zahlenwerte berücksichtigen nur Expositionen durch aufgenommene Radionuklide. In Fällen, in denen die äußere Strahlenexposition voraussichtlich signifikant ist, können die obigen Werte entsprechend verringert werden.

Die voraussichtliche Größenordnung von Aufnahmen sollte zunächst ohne Berücksichtigung von persönlichen Schutzmaßnahmen bewertet werden. Falls verfügbar, kann diese Abschätzung auf der Grundlage von Ergebnissen früherer Überwachungsprogramme (Personendosis- oder Arbeitsplatzüberwachung) erfolgen. Wenn keine anderen zuverlässigen Informationen verfügbar sind oder erhalten werden können, darf die voraussichtliche Jahresdosis auf der Grundlage nationaler Leitlinien geschätzt werden.

Wenn ein Beschäftigter mehr als einem Radionuklid ausgesetzt ist, dürfen bei der Gestaltung eines Überwachungsprogramms jene Radionuklide außer Acht gelassen werden, deren Beitrag zur voraussichtlichen Jahresdosis nicht signifikant ist.

Im Fall von Gemischen, bei denen die Radionuklidzusammensetzung gut bekannt ist, ist es möglich, die Messung eines einzelnen Radionuklids zu nutzen, um die Aktivitäten der anderen abzuleiten. Dieser Ansatz ist annehmbar, wenn die zusätzliche Unsicherheit (in Bezug auf die Dosis), die sich aus unvollständigen Kenntnissen über die Radionuklidzusammensetzung ergibt, 10 % nicht überschreitet.

Die Ziele eines Überwachungsprogramms und die Art und Weise, wie es zu organisieren ist, müssen einschließlich der Grundlage für die Auswertung der Ergebnisse nach Abschnitt 11 dokumentiert werden. Das Überwachungsprogramm muss überprüft werden, nachdem beliebige wesentliche Änderungen bei Anlagen, Betriebsabläufen oder behördlichen Anforderungen vorgenommen wurden.

6 Registrier- und Untersuchungsschwelle

Registrier- und Untersuchungsschwellen sind die Werte von Größen, oberhalb derer eine bestimmte Maßnahme eingeleitet oder Entscheidung getroffen werden muss. Der Zweck der Festlegung dieser Werte besteht darin, dass unnötige, nicht produktive Arbeit vermieden werden kann und Ressourcen dort genutzt werden können, wo sie am meisten benötigt werden.

Nach inneren Aktivitätszufuhren ist die Registrierschwelle der Schwellenwert der Dosis, Exposition oder Aktivitätszufuhr, bei dem oder oberhalb dessen die Beurteilungen der Dosis in den individuellen Unterlagen zur Exposition aufzuzeichnen sind, wobei geringere Werte vernachlässigt werden. Die Registrierschwelle muss bei einem Wert festgelegt werden, der (unter Berücksichtigung der Länge des Überwachungsintervalls) einer effektiven Folgedosis aus der Aktivitätszufuhr in einem Jahr entspricht, die nicht mehr als 1 mSv beträgt. Ergebnisse unterhalb dieses Wertes dürfen als „unterhalb der Registrierschwelle“ aufgezeichnet oder angegeben werden.

Nach inneren Aktivitätszufuhren ist die Untersuchungsschwelle der Schwellenwert der Dosis, Exposition oder Aktivitätszufuhr, bei dem oder oberhalb dessen die geschätzten Aufnahmen durch zusätzliche Untersuchungen bestätigt werden müssen, um die mit der Beurteilung der Dosis verbundene Unsicherheit zu verringern. Die Untersuchungsschwelle muss bei einem Wert festgelegt werden, der einer effektiven Folgedosis aus der Aktivitätszufuhr eines Jahres entspricht, die nicht höher ist als 30 % des Grenzwertes der Jahresdosis.

ANMERKUNG Der Anwendungsbereich dieses Dokuments umfasst nicht die Untersuchung der Ursachen oder Auswirkungen einer Exposition oder Aktivitätszufuhr.

7 Routineüberwachungsprogramme

7.1 Allgemeine Aspekte

Routineüberwachungsprogramme werden eingerichtet, um Dosen quantitativ zu bestimmen, wenn die Möglichkeit entweder nicht erkannter versehentlicher Aktivitätszufuhren oder chronischer Aktivitätszufuhren besteht. Messungen in einem Routineüberwachungsprogramm erfolgen an zuvor festgelegten Zeitpunkten und sind nicht mit beliebigen bekannten Aktivitätszufuhrereignissen verbunden. Entscheidungen in Bezug auf Verfahren, Häufigkeiten und die zugrunde liegenden biokinetischen Modelle müssen deshalb im Voraus getroffen werden. Für die Bewertung von gemessenen Werten hinsichtlich der Aktivitätszufuhren ist es außerdem notwendig, Annahmen in Bezug auf das Zeitintervall zwischen Aktivitätszufuhr und Messung zu treffen.

Routineüberwachungsprogramme müssen unter Einbeziehung geeigneter Arbeitsplatz- und Personendosisüberwachung in Übereinstimmung mit den in Abschnitt 5 und in diesem Abschnitt festgelegten Anforderungen eingerichtet werden.

Die folgenden allgemeinen Anforderungen müssen bei der Festlegung eines Routineüberwachungsprogramms beachtet werden:

- die sich aus einem unbekannten Zeitintervall zwischen Aktivitätszufuhr und Messung ergebenden Auswirkungen müssen begrenzt werden, so dass

- die Dosen im Durchschnitt über viele Überwachungsintervalle nicht unterschätzt werden, und
- die maximale Unterschätzung der Dosis, die sich aus einer einmaligen Aktivitätszufuhr ergibt, einen Faktor von drei nicht überschreitet, und
- der Nachweis aller jährlichen Aktivitätszufuhren, die 1 mSv überschreiten können, muss sichergestellt sein;

ANMERKUNG Für einige Radionuklide kann diese Anforderung nur durch Arbeitsplatzüberwachung erfüllt werden.

- jährlich muss mindestens eine Messung durchgeführt werden. Wenn das Programm mit einem Überwachungsintervall von 365 Tagen eingerichtet wird, muss mindestens eine Messung in jedem Kalenderjahr durchgeführt werden, in dem eine Exposition des Beschäftigten erfolgt.

Die maximale Überschätzung ist in nahezu allen Fällen größer als die maximale Unterschätzung. Die Beschränkung der maximalen Unterschätzung einer einmaligen Aktivitätszufuhr schließt eine erhebliche Überschätzung nicht aus.

Diese Anforderungen bestimmen zusammen mit den Annahmen über das Muster der Aktivitätszufuhr und die Empfindlichkeit der ausgewählten Messverfahren die Häufigkeit der Routinemessungen.

7.2 Routinemäßige Arbeitsplatzüberwachung

Arbeitsplatzüberwachung beinhaltet Messungen der luftübertragenen Aktivität und Oberflächenkontamination am Arbeitsplatz. Oberflächenkontamination steht in keiner direkten Beziehung zur individuellen Exposition, kann aber auf die bereits bestehende Existenz der unkontrollierten Ausbreitung von radioaktiven Substanzen und der potenziellen Aktivitätszufuhr durch Aufnahme, Injektion oder Inhalation hinweisen.

Eine kontinuierliche Überwachung von luftgetragener radioaktiver Substanz ist wichtig, weil die Inhalation üblicherweise der hauptsächliche Expositionspfad bei Beschäftigten ist. Die Hauptziele bei der Überwachung der luftgetragenen Aktivität sind

- Unterstützung bei der Beurteilung der inneren Aktivitätszufuhren von Beschäftigten durch Inhalation;
- die schnelle Feststellung anomaler oder sich verschlechternder Bedingungen, wodurch das Ergreifen geeigneter Schutzmaßnahmen, zum Beispiel die Nutzung von Atemschutzausrüstung, ermöglicht wird;
- das Bereitstellen von Informationen zur Einrichtung von Personendosisüberwachungsprogrammen für Beschäftigte.

Die Einrichtung eines Luftüberwachungssystems zur Feststellung und Beurteilung einer gemeinsamen oder individuellen Exposition erfordert Kenntnisse über die Bedingungen am Arbeitsplatz und die dort gehandhabten Materialien. Es ist zu erwarten, dass die Gestaltung des Systems an das Risiko einer Aktivitätszufuhr angepasst wird.

Die Ergebnisse der Luftüberwachung können zur Schätzung der Aufnahme einer radioaktiven Substanz durch Beschäftigte genutzt werden, das Vertrauen allein auf die Messung luftgetragener Aktivitäten kann jedoch zu Fehlern führen, insbesondere wenn die Quellen der Luftkontamination örtlich begrenzt sind oder ihre Lage im Zeitverlauf verändern, häufig aufgrund der Tätigkeit oder Bewegung des Beschäftigten.

Die Ergebnisse der Luftüberwachung am Arbeitsplatz können als repräsentativ angesehen werden, vorausgesetzt, sie erfüllen zwei Kriterien. Erstens dürfen sie in verlässlicher Weise die Zufuhren nicht unterschätzen. Zweitens müssen sie durch ein bestätigendes Überwachungsprogramm unter Einbeziehung der Nutzung individueller (personenbezogener) Vorrichtungen für die Luftprobenahme oder der Anwendung individueller Messungen bestätigt werden.

ANMERKUNG Die Anforderung, eine Unterschätzung zu vermeiden, kann erfüllt werden, indem Korrekturfaktoren angewendet werden, die die räumliche und zeitliche Variabilität der Radionuklidkonzentrationen im Atembereich des Beschäftigten berücksichtigen.

7.3 Routinemäßige Personendosisüberwachung

Die Personendosisüberwachung von Radionukliden kann durch In-vivo-Messungen oder In-vitro-Analysen, durch Entnahme von kontinuierlichen Luftproben unter Nutzung individueller (personenbezogener) Vorrichtungen für die Luftprobenahme oder durch eine Kombination all dieser Verfahren erfolgen. Die Auswahl hängt von einer Reihe von Faktoren ab, wie z. B. den folgenden:

- durch das Radionuklid und dessen Tochternuklide emittierte Strahlung;
- Zerfallskonstante des Radionuklids;
- Retention des Kontaminanten im Körper oder dessen Ausscheidungsrate aus dem Körper als Funktion der Zeit zwischen Aktivitätszufuhr und Messung;
- Biokinetik, Ablagerung in Organen und Ausscheidungspfad des Kontaminanten;
- technische Durchführbarkeit der Messung.

Die für ein Routineüberwachungsprogramm erforderliche Messhäufigkeit hängt von der Retention und Ausscheidung der Radionuklide, der Empfindlichkeit der verfügbaren Messtechniken und der Unsicherheit ab, die bei der Schätzung der Jahresaktivitätszufuhr und effektiven Folgedosis annehmbar ist, wie in Gleichung (1) und Gleichung (2) angegeben.

Bei In-vivo-Messungen:

$$e(50) \cdot \frac{A^{\#}}{R(\Delta T)} \cdot \frac{365d}{\Delta T} \leq 1 \text{ mSv} \quad (1)$$

Bei In-vitro-Analysen:

$$e(50) \cdot \frac{A^{\#}}{E(\Delta T)} \cdot \frac{365d}{\Delta T} \leq 1 \text{ mSv} \quad (2)$$

Dabei ist

$e(50)$ der Dosiskoeffizient: effektive Folgedosis, akkumuliert innerhalb von 50 Jahren nach einer Inkorporation

$A^{\#}$ das mathematische Symbol für die Nachweisgrenze

ΔT das Zeitintervall (in Tagen) zwischen zwei Messungen

$R(\Delta T)$ der Wert der Retention zum Zeitpunkt ΔT nach einer Inkorporation

$E(\Delta T)$ der Wert der Ausscheidung zum Zeitpunkt ΔT nach einer Inkorporation

Die Empfindlichkeit darf unter Berücksichtigung des Übertrags der Aktivität aufgrund der Aktivitätszufuhr während des vorhergegangenen Intervalls berechnet werden.

Wenn eine Exposition gegenüber mehr als einem Radionuklid nicht ausgeschlossen werden kann, muss diese Anforderung entsprechend so angepasst werden, dass eine Gesamtjahresdosis von 1 mSv zuverlässig nachgewiesen und beurteilt werden kann. Kleine Beträge dürfen vernachlässigt werden, siehe Abschnitt 5.

Die maximal mögliche Unterschätzung darf einen Faktor von drei nicht überschreiten; ausgehend von der Annahme, dass in der Mitte des Überwachungsintervalls eine einzelne Aktivitätszufuhr stattgefunden hat, bedeutet diese Anforderung, wie in Gleichung (3) und Gleichung (4) angegeben:

Bei In-vivo-Messungen:

$$\frac{R\left(\frac{\Delta T}{2}\right)}{R(\Delta T)} \leq 3 \quad (3)$$

Bei In-vitro-Analysen:

$$\frac{E\left(\frac{\Delta T}{2}\right)}{E(\Delta T)} \leq 3 \quad (4)$$

Dabei ist

ΔT das Zeitintervall (in Tagen) zwischen zwei Messungen

$R(\Delta T/2)$ der Wert der Retention zum Zeitpunkt $\Delta T/2$ nach einer Inkorporation

$E(\Delta T/2)$ der Wert der Ausscheidung zum Zeitpunkt $\Delta T/2$ nach einer Inkorporation

$R(\Delta T)$ der Wert der Retention zum Zeitpunkt ΔT nach einer Inkorporation

$E(\Delta T)$ der Wert der Ausscheidung zum Zeitpunkt ΔT nach einer Inkorporation

Von Beschäftigten getragene personenbezogene Vorrichtungen für die Luftprobenahme können einen angemessenen Schätzwert für die Aktivitätszufuhr bei jedem Beschäftigten liefern. Sie sind jedoch empfindlich gegenüber der Unsicherheit, die sich aus der Probenahme eines einzelnen, möglicherweise nicht repräsentativen Partikels ergibt. Die Auswertung der Ergebnisse kann ein bestätigendes Überwachungsprogramm erfordern, um die Verteilung von Partikelgrößen in Aerosolen zu bestimmen. Das Vorhandensein einiger isolierter hoher Ergebnisse von einer personenbezogenen Vorrichtung für die Luftprobenahme weist auf den Bedarf an einem Sonderüberwachungsprogramm hin.

Eine Ausscheidungsanalyse erfordert üblicherweise eine 24-h-Probe, die so gesammelt wird, dass eine Kontamination von außen vermieden wird. Bei bestimmten Elementen, bei denen sich das Gleichgewicht zwischen Blut- und Urinkonzentrationen schnell einstellt, ist es auch möglich, Proben über kürzere Zeiträume („Stichproben“) zu entnehmen. Wenn die Probenahme nicht über einen Zeitraum von 24 Stunden erfolgt, sollte ein Verfahren zur Normierung auf die 24-Stunden-Ausscheidung auf der Grundlage z. B. der Kreatininkonzentration im Urin, der spezifischen Dichte oder des Urinvolumens unter der Annahme einer täglichen Ausscheidung von 1,4 l bestehen. Es wird dringend empfohlen, die Analyse von fäkalen Ausscheidungen über drei aufeinanderfolgende Tage durchzuführen.

Bei Material mit sehr kurzen effektiven Halbwertszeiten, d. h. $< 0,5$ d, ist eine routinemäßige Personendosisüberwachung in den meisten Fällen nicht notwendig, da die effektive Dosis von der äußeren Strahlenexposition beherrscht wird. Es sollte jedoch ein erhebliches Maß an Vertrauen in das System der Arbeitsplatzüberwachung vorliegen.

7.4 Verfahren und Zeitintervalle

Die in diesem Unterabschnitt zusammengefassten Verfahren und Zeitintervalle wurden aus den vorstehend festgelegten Grundsätzen abgeleitet und unter Anwendung der folgenden Verweisungen und Annahmen berechnet:

- akute Aktivitätszufuhr durch Inhalation in der Mitte des Überwachungsintervalls. Das ist eine vertretbare Annahme bei chronischen Aktivitätszufuhren und im Durchschnitt verhindert sie die Unterschätzung von Aktivitätszufuhren;
- Inhalation eines aktivitätsbezogenen Medianwerts des aerodynamischen Durchmessers von $5\ \mu\text{m}$ von Aerosolen, Gasen oder Dämpfen durch einen Referenzbeschäftigten bei leichter Arbeit;
- Gesamtgehalt in Körper, Lunge oder Schilddrüse und tägliche Ausscheidung über Urin oder Fäkalien nach einer Inkorporation (Bq je Bq) aus dem ICRP OIR Data Viewer [11];
- effektive Folgedosis je Aktivitätszufuhr (Sv je Bq Aktivitätszufuhr) aus der Reihe „Occupational Intakes of Radionuclides (OIR)“ der ICRP (ICRP-Veröffentlichungen 134, 137, 141 und 151) [7] [8] [9] [10];
- typische Nachweisgrenze für In-vitro-Bioassay- oder In-vivo-Messungen aus der Reihe „Occupational Intakes of Radionuclides (OIR)“ der ICRP (ICRP-Veröffentlichungen 134, 137, 141 und 151), wie in Anhang A. Nachweisgrenzen für In-vitro-Bioassay in Urin sind in Einheiten von Bq/L in den ICRP-Veröffentlichungen angegeben. Es wird davon ausgegangen, dass ein Standardwert für die Urinausscheidung von $1,4\ \text{l/d Bq/L}$ in Bq/Tag umwandelt.

Die Verfahren und Zeitintervalle für Routineüberwachungsprogramme sind in Tabelle 1 für häufig verwendete Radionuklide, in Tabelle 2 für Iod, in Tabelle 3 für Radium- und Uranverbindungen und in Tabelle 4 für Actinide mit Ausnahme von Uran zusammengefasst. Wenn die Anforderung der Feststellung einer Dosis von $1\ \text{mSv}$ nicht erreichbar ist, wird das Zeitintervall mit der niedrigsten nachweisbaren effektiven Folgedosis (angegeben in Klammern) ausgewählt. Keine Werte werden angegeben, wenn das Überwachungsverfahren für die Feststellung des Radionuklids nicht geeignet ist oder wenn die feststellbare effektive Folgedosis mehr als $20\ \text{mSv}$ beträgt. Es sollte beachtet werden, dass die Verwendung von Gleichung (1) und Gleichung (2) unter bestimmten Umständen eine übermäßig positive Schätzung der nachweisbaren Jahresdosis für ein bestimmtes Überwachungsintervall und ein bestimmtes Messverfahren ergeben kann. Dies liegt darin begründet, dass die Gleichungen nicht die Restausscheidung aus Aktivitätszufuhren in früheren Überwachungszeiträumen berücksichtigen. Wird dies berücksichtigt, dürfen die Größenordnungen von Aktivitätszufuhren in späteren Zeiträumen, die erforderlich sind, um dafür zu sorgen, dass $E(t)$ oder $R(t)$ die Nachweisgrenze erreichen, verringert werden, was zu einer niedrigeren nachweisbaren Jahresdosis führt [6].

Die Verfahren und Zeitintervalle in Tabelle 1, Tabelle 2, Tabelle 3 und Tabelle 4 sind für häufig vorkommende Verbindungen sowie für Verbindungen berechnet, die nicht spezifiziert oder keiner Absorptionsklasse zugeordnet sind. Die Verfahren und Zeitintervalle für Radionuklide und Verbindungen, die nicht in den Tabelle 1, Tabelle 2, Tabelle 3 oder Tabelle 4 spezifiziert sind, müssen unter Einhaltung der in 7.1 dargelegten Anforderungen ausgewählt werden.

Verfahren von In-vitro-Bioassay- oder In-vivo-Messungen, die zur Berechnung der Zeitintervalle ausgewählt werden, sind zusammen mit ihren typischen, in der OIR-Reihe der ICRP angegebenen Nachweisgrenzen in Anhang A dargestellt. Es dürfen auch andere Überwachungsverfahren verwendet werden, und in diesem Fall sollten die Zeitintervalle anhand der jeweiligen Nachweisgrenze berechnet werden.