

**DIN ISO 20043-1
(VDE 0493-4-4301)**
DIN

Diese Norm ist zugleich eine **VDE-Bestimmung** im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.

VDE

ICS 17.240

Einsprüche bis 2019-08-14

Entwurf

**Bestimmung der Radioaktivität in der Umwelt –
Leitlinien für die Umweltüberwachung zur Bestimmung
der effektiven Dosis –
Teil 1: Geplante und bestehende Expositionssituationen
(ISO/CD 20043-1:2018);
Text Deutsch und Englisch**

Measurement of radioactivity in the environment –
Guidelines for environmental monitoring for effective dose assessment process –
Part 1: Planned and existing exposure situations
(ISO/CD 20043-1:2018);
Text in German and English

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2019-06-14 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm 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 dke@vde.com 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 die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 84 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE
DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR)

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist ...

Inhalt	Seite
Nationales Vorwort.....	4
Vorwort.....	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	9
4 Formelzeichen	14
5 Kurzbeschreibung.....	15
6 Bewertung und Überwachung der Strahlenexposition der Bevölkerung.....	18
7 Programm zur Umgebungsüberwachung.....	20
7.1 Allgemeines	20
7.2 Externe Expositionsüberwachung	22
7.2.1 Allgemeines	22
7.2.2 Direktmessung der Umgebungs-dosis	22
7.2.3 Boden	23
7.3 Interne Expositionsüberwachung	24
7.4 Überwachung von Aerosolen und Gasen.....	24
7.4.1 Allgemeines	24
7.4.2 Probenahme	24
7.4.3 Überwachung von Wasser und Nahrungsmitteln.....	25
8 Messung der Aktivität	27
8.1 Boden	27
8.2 Wasser.....	27
9 Messunsicherheiten in der Dosisbewertung.....	29
Anhang A (informativ) Beispiele für Expositionspfade.....	31
Anhang B (informativ) Beispiel der Dosisbewertung	32
Anhang C (informativ) Probenahmestrategie	35
Anhang D (informativ) Schematisches Diagramm einer Probenahmestrategie entsprechend der Zielsetzung	37
Anhang E (informativ) Beispiel für Probenahmeverfahren jeweils für Umwelt- und Nahrungsmittel-Matrizes	38
Anhang F (informativ) Beispiel für Methoden der Probenpräparation jeweils für Umwelt- und Nahrungsmittel-Matrizes.....	39
Anhang G (informativ) Schematisches Diagramm für den Fall einer überhöhten normalen Umgebungs-dosis zur Untersuchung der Ursachen	40
Literaturhinweise.....	41

Bilder

Bild 1 – Dosisbewertungsprozess für ein spezifiziertes Individuum.....	16
Bild 2 – Die möglichen Pfade der Strahlenexposition für Teile der Bevölkerung als Ergebnis der Abgabe von radioaktiven Material in die Umwelt [11]	18
Bild 3 – Arten der Überwachung für den Strahlenschutz der Bevölkerung [11].....	20
Bild 4 – Schematisches Diagramm zur Probenmessung bei der Überwachung der Radioaktivität verschiedener Komponenten aus der Umgebung	29
Bild A.1 – Beispiele für Expositionspfade.....	31
Bild D.1 – Schematisches Diagramm einer Probenahmestrategie entsprechend der Zielsetzung	37
Bild G.1 – Schematisches Diagramm für den Fall einer überhöhten normalen Umgebungsdosis zur Untersuchung der Ursachen	40

Tabellen

Tabelle 1 – Beispiele der Dosisbewertung in verschiedenen Expositionssituationen, modifiziert nach [6]	7
Tabelle 2 – Bewertung der effektiven Dosis über verschiedene Pfade	19
Tabelle 3 – Vorschlag für die Häufigkeit der Probenahme und der Messungen bei der Abgabe von Radionukliden an die Umgebung [14].....	23
Tabelle 4 – Beispiele typischer Proben und Häufigkeit der Probenahme	26
Tabelle 5 – Hauptquellen für Messunsicherheiten bei der Dosisbewertung auf der Basis von Daten aus der Umgebungs- und Personenüberwachung	30

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument ISO/CD 20043-1:2018 „Measurement of radioactivity in the environment – Guidelines for environmental monitoring for effective dose assessment process – Part 1: Planned and existing exposure situations“ ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die ISO erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen ISO-Text.

Das internationale Dokument wurde vom SC 2 „Radiological protection“ des TC 85 „Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS nur 6 Wochen beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium GK 851 „Aktivitätsmessgeräte für den Strahlenschutz“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de), Gemeinschaftsgremium mit dem DIN-Normenausschuss Radiologie (NAR) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von ISO Technischen Komitees 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.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: www.iso.org/iso/foreword.html.

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

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 20043 kann auf der ISO-Internetseite abgerufen werden.

Einleitung

Jeder ist natürlicher Strahlung ausgesetzt. Die natürlichen Strahlenquellen sind kosmische Strahlen und in der Natur vorkommende radioaktive Stoffe, die sich in der Erdkruste und im menschlichen Körper befinden. Menschliche Aktivitäten, die den Gebrauch von Strahlung und radioaktiven Stoffen einschließen, verursachen eine Strahlenbelastung (Exposition) zusätzlich zur natürlichen Exposition. Einige dieser Aktivitäten, wie z. B. der Abbau und die Verwendung von Erzen, die natürlich vorkommende radioaktive Stoffe enthalten, und die Energieerzeugung durch Verbrennung von Kohle, die solche Stoffe enthält, erhöhen die Exposition durch natürlichen Strahlungsquellen. In kerntechnischen Anlagen werden radioaktive Stoffe verwendet und radioaktive Ableitungen und Abfälle während ihres Betriebes und ihrer Stilllegung erzeugt. Die Verwendung von radioaktiven Stoffen in der Industrie, in der Landwirtschaft und in der Forschung nimmt weltweit zu.

All diese menschlichen Aktivitäten erhöhen im Allgemeinen auch die Strahlenexposition, die nur einen kleinen Anteil am mittleren globalen Umfang der natürlichen Exposition darstellt. Die medizinische Anwendung der Strahlung ist in entwickelten Ländern die umfangreichste und weiter wachsende, durch Menschen verursachte Quelle für eine Strahlungsexposition. Sie umfasst die Radiologie zu diagnostischen Zwecken, die Radiotherapie, die Nuklearmedizin und die interventionelle Radiologie.

Eine Strahlenexposition tritt auch als Ergebnis beruflicher Tätigkeiten auf. Sie belastet sowohl Berufstätige, die in der Industrie, Medizin und Forschung Strahlung oder radioaktive Stoffe verwenden, als auch Passagiere und Personal bei Flugreisen sowie Astronauten. Das mittlere Niveau der beruflichen Strahlenexposition ist im Allgemeinen vergleichbar mit dem globalen mittleren Niveau der natürlichen Strahlenexposition [1].

Infolge der Zunahme der Anwendungen von Strahlung steigen auch die potenziellen Gesundheitsrisiken und die öffentliche Besorgnis. Daher werden alle diese Strahlenexpositionen regelmäßig beurteilt, um die Kenntnisse hinsichtlich des weltweiten Niveaus und zeitlicher Entwicklung der Strahlenexposition der Bevölkerung und berufstätiger Personen zu verbessern und die Komponenten der Strahlenexposition zu bewerten, um so ein Maß ihrer relativen Bedeutung zu liefern und um die entstehenden Probleme zu identifizieren, die möglicherweise einer höheren Aufmerksamkeit und Sorgfalt bedürfen. Während die Strahlendosis von Berufstätigen in den meisten Fällen direkt gemessen wird, wird die Dosis der Bevölkerung gewöhnlich mittels indirekter Methoden überprüft, bei denen die Ergebnisse der Radioaktivitätsmessung verwendet werden, die an verschiedenen Quellen ermittelt wurden: Abfall, Ableitungen und/oder Umweltproben.

Um sicherzustellen, dass diejenigen Daten, die von Programmen zur Überwachung der Radioaktivität geliefert werden, ihre bestimmungsgemäße Verwendung unterstützen, ist es im Prozess der Dosisbewertung wichtig, dass Beteiligte/Betroffene (die Betreiber, die Aufsichtsbehörden, die örtlichen Informationsausschüsse und Organisationen usw.) Übereinstimmung hinsichtlich der Qualitätsziele, Verfahren für die Probenahme, die Handhabung, den Transport, die Lagerung und Vorbereitung der Prüfproben, die Prüfmethoden und die Berechnung der Messunsicherheit erzielen. Da zuverlässige, vergleichbare und zweckmäßige Daten eine wesentliche Anforderung für jegliche Entscheidung hinsichtlich des Gesundheitswesens sind, die auf Radioaktivitätsmessungen basieren, sind Internationale Normen zu geprüften und validierten Radionuklid-Prüfmethoden ein wichtiges Instrument für den Erhalt solcher Messergebnisse. Die Anwendung von Normen dient auch der Sicherstellung einer Vergleichbarkeit der Prüfergebnisse zwischen den Prüflaboratorien im Laufe der Zeit. Laboratorien wenden diese an, um ihre technische Qualifikation zu demonstrieren und um Eignungsprüfungen und Labor-Vergleichsmessungen, zwei Voraussetzungen, um die nationale Akkreditierung zu erhalten, erfolgreich abzuschließen. Heute stehen den Prüflaboratorien für die Messung der wichtigsten Radionuklide über einhundert Internationale Normen zur Anwendung zur Verfügung, welche von den Technischen Komitees der International Organization for Standardization (ISO), einschließlich der Arbeitsgruppen des ISO/TC 85 und durch die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) erarbeitet wurden.

Fachgrundnormen helfen den Laboratorien bei der Organisation der Messprozesse und spezifische Normen zur Beschreibung von Prüfverfahren unterstützen die Mitarbeiter, die für die Messungen verantwortlich sind. Letztgenannte Normen umfassen Prüfverfahren für:

- natürliche Radionuklide, einschließlich K-40, H-3, C-14, und jene aus den Zerfallsreihen von Thorium und Uran, insbesondere Ra-226, Ra-228, U-234, U-238, Rn-220, Rn-222, Pb-210, können in jedem Material aus natürlichen Strahlenquellen gefunden werden oder durch technologische Prozesse, in die natürliche radioaktive Materialien involviert sind (z. B. beim Abbau und der Verarbeitung von mineralischem Sand oder in der Phosphatdünger-Produktion bzw. -Anwendung) freigesetzt werden;
- künstliche Radionuklide, wie z. B. die Transuranelemente (Americium, Plutonium, Neptunium, Curium), Tritium, C-14, Sr-90 und Gammastrahlung emittierende Radionuklide, die im Abfall, in flüssigen und gasförmigen Ableitungen und in Umwelt-Matrizes (Wasser, Luft, Boden, Biota) gefunden werden, als Resultat genehmigter Ableitungen in die Umwelt und als radioaktiver Niederschlag (Fallout), der bei Explosionen von Nuklearwaffen in der Atmosphäre und bei Unfällen, wie jenen, die sich z. B. in Tschernobyl und Fukushima ereigneten, entsteht.

Die ICRP kennt drei Typen von Bestrahlungssituationen [2], die geeignet sind, den gesamten Umfang der Bestrahlungssituationen abzudecken: geplante Notfall- und bestehende Bestrahlungssituationen. Geplante Bestrahlungssituationen schließen die geplante Einführung und die Verwendung radioaktiver Quellen ein (früher als Handhabung kategorisiert). Notfall-Bestrahlungssituationen sind Situationen, die akute Aufmerksamkeit erfordern. Bestehende Bestrahlungssituationen sind solche, die bereits existieren, wenn eine Entscheidung über die Kontrolle gefällt wird, so wie jene z. B. durch die natürliche Untergrundstrahlung verursacht werden.

Dieses Dokument liefert Grundsätze und Anleitungen für die radiologische Umweltbeschreibung, die benötigt werden für die Überprüfung der Ergebnisse von:

- vorausschauender Bewertung der Dosis für die Bevölkerung, die Exposition durch ionisierende Strahlung erwächst, wie sie durch geplante Abgabe in die Atmosphäre und die aquatische Umwelt entstehen kann;
- retrospektiver Beurteilung der Dosis, wie sie im Falle einer unerlaubten Abgabe oder Beseitigung, z. B. durch kontaminierte Landflächen oder der Dosis, die in Verbindung mit einer unfallbedingten Abgabe von Radionukliden in die Umwelt entstehen kann.

Dieses Dokument ist eine Norm einer Serie von ISO-Fachgrundnormen über die Messung der Radioaktivität.

Tabelle 1 – Beispiele der Dosisbewertung in verschiedenen Expositionssituationen, modifiziert nach [6]

Situation	Typ der Beurteilung	
	Prospektiv	Retrospektiv
Geplant	Festlegung der Übereinstimmung mit relevanten Dosisrichtwerten (Dosisgrenzwerte oder regulatorische Anforderungen)	Abschätzung der Dosis für die Bevölkerung durch zurückliegende Aktionen
Bestehend	In die Zukunft verlängerte Expositionen (z. B. nach Sanierung)	Zurückliegende Expositionen (z. B. durch Nutzung von kontaminiertem Gelände)
Notfall	Notfallplanung (operative Eingreifschwelle)	Aktuelle Auswirkungen nach einem Notfall

**Messung der Radioaktivität in der Umwelt –
Anleitung zur Umgebungsüberwachung für einen effektiven
Dosisbewertungsprozess –
Teil 1: Geplante und bestehende Expositionssituationen**

1 Anwendungsbereich

Internationale Leitfäden basieren auf der Annahme, dass die Überwachung der Umwelt- und Nahrungsmittel-Qualität und der Schutz der Gesundheit der Bevölkerung untrennbar verbunden sind [2], [4], [5], [6], [7], [8]. Sie werden als verbindliche Basis für das Erstellen von nationalen Regulierungen und Normen für die Sicherheit von Wasser bzw. Nahrungsmitteln betrachtet, zur Unterstützung der Gesundheit der Bevölkerung einschließlich des Schutzes vor ionisierender Strahlung.

Dieses Dokument liefert

- die Umgebungsinformationen, die zur Beurteilung der Strahlenbelastung von Menschen durch Radionuklide, die natürlich vorkommen oder durch anthropogene Aktivitäten in den verschiedenen natürlichen Gebieten (Atmosphäre, Wasser, Boden, biologische Komponenten) freigesetzt werden, und durch Nahrungsmittel benötigt werden;
- eine Anleitung zur Beschreibung der Umwelt, welche für prospektive und/oder retrospektive Dosisbewertungsmethoden für die Exposition der Bevölkerung erforderlich ist;
- eine Anleitung für die verantwortlichen Mitarbeiter nuklearer Anlagen zur Vorbereitung der radiologischen Beurteilung zugunsten der Erlaubnis oder des Genehmigungsantrags sowie für verantwortliche Angestellte nationaler Behörden zur Bewertung der Bevölkerungsdosis zum Zweck der Erteilung von Erlaubnissen oder Genehmigungen zur Entsorgung radioaktiver Abfälle;
- Informationen für die Bevölkerung über die Methoden der Durchführung der Dosisbewertung der Bevölkerung. Es ist wichtig, den Dosisbewertungsprozess transparent zu gestalten, so dass die gemachten Annahmen von den Interessengruppen klar verstanden werden und diese an der Auswahl der zu berücksichtigenden Regeln teilnehmen können.

Grundlegende mathematische Modelle, die für die Beurteilung der Strahlenexposition von Menschen Verwendung finden um die zu überwachenden Parameter herauszufinden werden vorgestellt. Oftmals werden weitaus komplexere Modelle benutzt, wozu die Kenntnis ergänzender Parameter erforderlich ist.

Referenz- und Grenzwerte sind nicht Bestandteil dieses Dokuments.

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/IEC Guide 98-3:2008, *Guide to the expression of uncertainty in measurement*

ISO/IEC Guide 99:2007, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)*

ISO 11074:2015 (alle Teile), *Soil quality – Vocabulary*

ISO/IEC 17025:2005, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

ISO 80000-10:2009, *Quantities and Units – Part 10: Atomic and Nuclear Physics*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokumentes gelten die Begriffe nach ISO 11074 (alle Teile) [9], ISO 11259:1998 [10], ISO 80000-10, ISO/IEC Guide 98-3, ISO/IEC Guide 99, ICRP Publ. 103 [2], IAEA Safety Standards No. RS-G-1.8 [11] und die folgenden Begriffe.

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

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

3.1

Untergrund

(en: background)

Dosis oder Dosisleistung (oder eine beobachtete Größe, die zur Dosis oder Dosisleistung in Beziehung steht), die allen Quellen außer der(n) festgelegten zuzuschreiben ist

3.2

repräsentative Person

(en: representative person)

Referenzperson mit normalen menschlichen Eigenschaften, die die Höchstexponierten in einer Bevölkerungsgruppe repräsentiert

[QUELLE: Publication 101, ICRP 2006]

3.3

Qualitätsziele für Daten

(en: data quality objectives)

Aussage über die erforderlichen Nachweismengen, Genauigkeit, Reproduzierbarkeit und Wiederholbarkeit der erforderlichen Analysewerte und anderer Daten

Anmerkung 1 zum Begriff: Allgemeine Qualitätsziele für Daten können unter Umständen auf nationaler Ebene festgelegt werden. Die Qualitätsziele für Daten können ebenso die Daten umfassen, die für eine bestimmte Fläche des Landes (oder einen Teil eines Standorts) erforderlich sind, um einen aussagekräftigen Vergleich mit allgemeinen Richtlinien oder Normen oder für eine standortspezifische oder materialspezifische Bewertung des Risikos zu ermöglichen.

3.4

Dosis

(en: dose)

Maß für die Energie, die durch Strahlung einem Ziel übertragen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Dosis könnte z. B. sein: absorbierte Dosis, Folge-Äquivalentdosis (en: committed equivalent dose), effektive Folgedosis, effektive Dosis, Äquivalentdosis oder Organdosis, auf die im Kontext hingewiesen wird.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die gemessenen Dosisgrößen entsprechen den ICRU-Empfehlungen.

3.5

Dosisrichtwert

(en: dose constraint)

vorausschauender quellenbezogener Richtwert für die Personendosis von einer Quelle, der einen Basiswert für den Schutz (vor einer Quelle) der am höchsten exponierten Person bildet und als obere Schranke der Dosis bei der Optimierung des Schutzes vor dieser Quelle dient

Anmerkung 1 zum Begriff: Für Expositionen von Beschäftigten ist der Dosisrichtwert ein Wert der Personendosis, der benutzt wird, um den Umfang der betrachteten Möglichkeiten im Optimierungsprozess zu begrenzen. Für die Exposition der Bevölkerung ist der Dosisrichtwert eine obere Schranke der Jahresdosis, den Teile der allgemeinen Bevölkerung durch den geplanten Betrieb jeder überwachten Quelle erhalten sollte [ICRP 103].

3.6

Dosisgrenzwert

(en: dose limit)

Wert der effektiven Dosis oder der Äquivalentdosis für Personen aus überwachten Tätigkeiten, der nicht überschritten werden darf [ICRP 103]

3.7

Exposition

(en: exposure)

Handlung oder Zustand infolge des Einwirkens ionisierender Strahlung

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff Exposition wird auch in der Radiodosimetrie benutzt, um den Wert der Ionisation in Luft anzugeben, der durch ionisierende Strahlung hervorgerufen wird.

3.8

geplante Expositionssituationen

(en: planned exposure situations)

alltägliche Situationen, die den geplanten Betrieb von Quellen, einschließlich der Stilllegung, der Beseitigung von radioaktivem Abfall und der Sanierung von zuvor belasteten Gebieten einschließen

Anmerkung 1 zum Begriff: Tätigkeiten während des Betriebes sind geplante Expositionssituationen.

3.9

Notfallsituationen

(en: emergency exposure situations)

unerwartete Situation, die während der Ausübung einer Tätigkeit auftreten kann und Sofortmaßnahmen erfordert

Anmerkung 1 zum Begriff: Notfallsituationen können durch Tätigkeiten hervorgerufen werden.

3.10

Umgebungsüberwachung

(en: environmental monitoring)

Messung der externen Dosisleistung infolge von Strahlungsquellen in der Umgebung oder infolge der Aktivitätskonzentrationen von Radionukliden in den Umweltmedien

3.11

bestehende Expositionssituationen

(en: existing exposure situations)

Situation, die bereits besteht, wenn eine Entscheidung über ihre Kontrolle getroffen werden muss, eingeschlossen sind natürliche (Untergrund-)Strahlung und Rückstände von früheren Tätigkeiten, die außerhalb der ICRP-Empfehlungen durchgeführt wurden

3.12

Beurteilung der Exposition

(en: exposure assessment)

Prozess der Beurteilung, ob und in welcher Höhe eine Exposition für einen Empfänger infolge einer Quelle der Kontamination oder Strahlung auftreten könnte

3.13

Expositionspfad

(en: exposure pathway)

Weg, über den die Strahlung oder die Radionuklide den Menschen erreichen und eine Exposition verursachen kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Expositionspfad kann sehr einfach sein, z. B. externe Exposition von luftgetragenen Radionukliden oder eine komplexere Kette (z. B. interne Exposition durch das Trinken der Milch von Kühen, die durch abgelagerte Radionuklide kontaminiertes Gras verzehrt haben).

3.14

Grundwasser

(en: groundwater)

Wasser, ausgenommen Kapillarwasser, unterhalb der Erdoberfläche oder unter dem Bett eines Stroms, eines Sees oder einer anderen Art von Oberflächengewässer, gleich welcher geologischen Formation oder Struktur, in der solches Wasser steht, fließt, versickert oder sich in anderer Weise bewegt

3.15

Gefahr

(en: hazard)

potenzielle Quelle eines Schadens

3.16

bestimmungsgemäße Verwendung

(en: intended use)

Anwendung in Übereinstimmung mit Informationen, die mit dem Produkt oder dem System mitgeliefert werden oder, bei Abwesenheit solcher Informationen, durch allgemeinverständliche Nutzungsbedingungen

3.17

Person der allgemeinen Bevölkerung

(en: member of the public)

jedes Individuum der Bevölkerung, wenn es Gegenstand beruflicher oder medizinischer Exposition ist, außer zu Schutz- und Sicherheitszwecken

Anmerkung 1 zum Begriff: Zum Zweck der Überprüfung der Übereinstimmung mit dem jährlichen Dosisgrenzwert für die Exposition der allgemeinen Bevölkerung wird die repräsentative Person in der betreffenden kritischen Gruppe betrachtet.

3.18

Modell

(en: model)

analytische Wiedergabe oder Quantifizierung eines realen Systems und die Art und Weise wie Phänomene innerhalb des Systems auftreten, benutzt, um das realistische System unter festgelegten (oft hypothetischen) Bedingungen vorherzusagen oder zu bewerten

3.19

Überwachung

(en: monitoring)

Messung der Aktivitätskonzentration von Radionukliden oder der Dosis aus Gründen, die mit der Überprüfung oder Kontrolle der Exposition infolge Strahlung oder durch radioaktive Stoffe einschließlich der Interpretation der Ergebnisse in Beziehung stehen

3.20

operative Interventionsschwelle

OIL

(en: operational intervention level; OIL)

festgelegte Schwelle einer messbaren Größe, die einem typischen Kriterium entspricht

[QUELLE: IAEA safety glossary 2016 Rev. Mod]

Anmerkung 1 zum Begriff: OILs sind berechnete Schwellwerte, gemessen mit Instrumenten oder bestimmt durch Laboranalysen, die einer Interventionsschwelle oder Aktionsschwelle entsprechen. Diese werden typischerweise angegeben hinsichtlich der Dosisleistung oder Aktivität des freigesetzten radioaktiven Materials, der über die Zeit integrierten Aktivitätskonzentration in der Luft, Boden- oder Oberflächenkonzentration oder Aktivitätskonzentration von Radionukliden in der Umwelt, in Nahrungsmitteln oder Wasserproben. OILs werden sofort und unmittelbar (ohne weitere Bestimmung) verwendet, um die entsprechenden Schutzmaßnahmen auf der Basis einer Umgebungsmessung festzulegen [IAEA GS-R-7 (2015) *Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency General Safety Requirements* (Jointly sponsored by FAO, IAEA, ICAO, ILO, IMO, INTERPOL, OECD/NEA, PAHO, CTBTO, UNEP, OCHA, WHO, WMO)].

3.21

Tätigkeit

(en: practice)

menschliche Aktivität, die zusätzliche Quellen der Exposition oder Expositionspfade oder die Exposition ausdehnt auf weitere Menschen oder das Netz der Expositionspfade von bestehenden Quellen so modifiziert, dass die Exposition oder die Wahrscheinlichkeit der Exposition von Menschen oder die Anzahl der exponierten Menschen erhöht wird

3.22

Qualitätssicherung

(en: quality assurance)

geplante und systematische Maßnahmen, die notwendig sind, um hinreichendes Vertrauen in einen Gegenstand, einen Prozess oder eine Dienstleistung zu generieren, damit gegebene Qualitätsanforderungen befriedigt werden, z. B. diejenigen, die in der Genehmigung festgelegt sind

3.23

radioaktive Abgaben

(en: radioactive discharges)

radioaktive Stoffe, die aus einer Quelle während einer Tätigkeit entstehen und an die Umgebung als Gase, Aerosole, Flüssigkeiten oder Feststoffe mit dem Ziel der Verdünnung oder der Dispersion an die Umgebung abgegeben werden

3.24

Referenzschwelle

(en: reference level)

für Notfall- oder bestehende kontrollierbare Expositionssituationen festgelegte Schwelle für die Dosis oder das Risiko, oberhalb derer es als unangemessen gilt, zu planen oder zu erlauben, dass Expositionen auftreten, und unterhalb derer die Optimierung des Schutzes ausgeführt werden sollte

Anmerkung 1 zum Begriff: Der gewählte Wert für eine Referenzschwelle hängt von den bestehenden Umständen der zu betrachtenden Exposition ab.

3.25

Risiko

(en: risk)

Kombination der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Schäden und der Schwere des Schadens

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens schließt die Exposition infolge einer Gefahrensituation, das Auftreten eines Gefahrenereignisses und die Wahrscheinlichkeit zur Vermeidung oder Begrenzung des Schadens mit ein.

3.26

Risikoanalyse

(en: risk analysis)

systematische Anwendung von verfügbaren Informationen zur Erkennung von Gefahren und zur Abschätzung von Risiken

3.27

Risikobeurteilung

(en: risk assessment)

Gesamtprozess, der die Risikoanalyse und die Risikobewertung umfasst

3.28

Risikobeschreibung

(en: risk characterization)

Bewertung und Schlussfolgerung, basierend auf der Identifikation der Gefahr und der Exposition und die Beurteilung beeinflussend

3.29

Risikobewertung

(en: risk evaluation)

auf der Risikoanalyse basierendes Verfahren, das bestimmt, ob ein tolerierbares Risiko überschritten wurde

3.30

Risikoreduzierung oder Schutzmaßnahme

(en: risk reduction measure or protective measure)

Tätigkeit oder Mittel zur Vermeidung von Gefahren und Verringerung von Risiken

BEISPIEL Von Natur aus sichere Auslegung; Schutzgeräte; persönliche Schutzausrüstung; Informationen für die Installation und Verwendung; Organisation der Arbeit; Training; Anwendung der Ausrüstung; Überwachung.

3.31

Aufsichtsbehörden

(en: regulatory authorities)

Behörde oder ein System von Behörden, die von der Regierung eines Staates benannt sind und die für die Durchführung von regulativen Prozessen die gesetzliche Autorität besitzen, einschließlich der Erteilung von Genehmigungen, und damit die Sicherheit von Nuklear-, Strahlungs-, radioaktiver Abfall- und Transport-Prozessen regulieren

3.32

Screening

(en: screening)

Typ eines Analyseverfahrens mit dem Ziel, von weiteren Betrachtungen die Faktoren zu eliminieren, die weniger signifikant für den Schutz oder die Sicherheit sind, um sich auf signifikantere Faktoren zu konzentrieren

Anmerkung 1 zum Begriff: Das wird typischerweise erreicht durch die Betrachtung von sehr pessimistischen hypothetischen Szenarien. Ein Screening wird üblicherweise in einem sehr frühen Stadium durchgeführt, um den Kreis der benötigten Faktoren auf diejenigen einzuengen, die eine detailliertere Betrachtung während einer Analyse oder einer Bestimmung benötigen.

3.33

Standort

(en: site)

definierte Fläche, in diesem Kontext oft die örtliche Zielfläche

3.34

Boden

(en: soil)

Oberflächenschicht der Erdkruste, zusammengesetzt aus mineralischen Teilchen, einschließlich organischer Materie

3.35

Quelle

(en: source)

alles, was eine Strahlenexposition verursachen kann – wie z. B. durch Emission ionisierender Strahlung oder durch Freisetzung radioaktiver Stoffe oder Materialien – und für sich als einzelnes Objekt für Schutz- bzw. Sicherheitszwecke behandelt werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Zum Beispiel Materialien, die Radon emittieren, sind Quellen in der Umwelt, eine Gamma-Bestrahlungseinheit zur Sterilisierung ist eine Quelle für die Methode der Strahlenkonservierung von Lebensmitteln, eine Röntgenbestrahlungsanlage kann eine Quelle für die Anwendung der Radiodiagnostik sein; ein Kernkraftwerk ist Teil des Verfahrens zur Erzeugung von Elektrizität durch Kernspaltung und kann als eine Quelle betrachtet werden (z. B. bezüglich von Abgaben in die Umgebung) oder als eine Ansammlung von Quellen (z. B. für berufliche Strahlenschutz Zwecke). Eine komplexe oder mehrfach installierte Anlage innerhalb eines Ortes oder Standortes kann entsprechend zum Zwecke der Anwendung von Sicherheitsnormen als eine einzelne Quelle betrachtet werden.

3.36

Unterboden

(en: subsoil)

Material, welches unter dem Oberboden und über dem festen (Mutter-)Gestein liegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Der gesamte oder ein großer Teil der ursprünglichen Gesteinsstruktur wurde üblicherweise durch pedogene Prozesse überprägt.

3.37

Oberboden

(en: surface soil)

oberer Teil eines natürlichen Bodens, gewöhnlich von dunkler Farbe und im Vergleich zu dem darunterliegenden Unterboden mit einem höheren Gehalt an organischen Substanzen und Nährstoffen

3.38

Oberflächenwasser

(en: surface water)

Meere, Teiche, angestaute Becken, Brunnen, fließende (strömende) Gewässer, Mündungen, Feuchtgebiete, Zuflüsse, Kanäle, Ozeane innerhalb der entsprechenden territorialen Grenzen, und alle anderen Gewässer, natürlich oder künstlich, im Inland oder an der Küste, Frisch- oder Salzwasser

3.39

tolerierbares Risiko

(en: tolerable risk)

Niveau eines Risikos, das in einem gegebenen Kontext basierend auf den aktuellen Wertenvorstellungen der Gesellschaft akzeptiert ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Für die Anwendung dieses Dokuments sind die Begriffe „akzeptables Risiko“ und „tolerierbares Risiko“ Synonyme.

4 Formelzeichen

$A_r(t)$	Aktivitätskonzentration des Radionuklids r in Luft während des Jahres t in $\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$
c	Konversionsfaktor in Sv/Gy
$C_r^f(t)$	zeitabhängige Aktivitätskonzentration in dem Nahrungsmittel f eines Radionuklids r während des Jahres t in $\text{Bq} \cdot \text{kg}^{-1}$
$C_r^m(t)$	zeitabhängige Aktivitätskonzentration in Milch m eines Radionuklids r während des Jahres t in $\text{Bq} \cdot \text{l}^{-1}$
$C_r^w(t)$	zeitabhängige Aktivitätskonzentration in Trinkwasser eines Radionuklids r während des Jahres t in $\text{Bq} \cdot \text{l}^{-1}$
$E_{t,ing,f}(t_1)$	jährliche effektive Dosis in Gewebe oder Organ T infolge Nahrungsmittel f während des Jahres t_1 in Sv
$E_{t,ing,m}(t_1)$	jährliche effektive Dosis in Gewebe oder Organ T infolge Milch m während des Jahres t_1 in Sv
$E_{t,ing,w}(t_1)$	jährliche effektive Dosis in Gewebe oder Organ T infolge Trinkwasser w während des Jahres t_1 in Sv
$g_{ing,r,T}$	altersabhängiger Dosis-Koeffizient für Gewebe oder Organ T infolge Ingestion eines Radionuklids r in $\text{Sv} \cdot \text{Bq}^{-1}$ nach ICRP (1996)
$g_{inh,r,T}$	altersabhängiger Dosis-Koeffizient für Gewebe oder Organ T infolge Inhalation eines Radionuklids r in $\text{Sv} \cdot \text{Bq}^{-1}$ nach [2], [12]
$\dot{H}^*(10)$	Umgebungs-Gammadosisleistung als Funktion der Zeit t für den aktuellen Ort
r	ein gegebenes Radionuklid als Teil der Dosisbewertung

$U^f(t)$	altersabhängige Nahrung f während des Jahres t in kg
$U^m(t)$	altersabhängige Milch m während des Jahres t in Bq · kg ⁻¹
$U^w(t)$	altersabhängiges Trinkwasser während des Jahres t in l
$\dot{V}(t)$	altersabhängige Atemrate während des Jahres t in m ³ · s ⁻¹

5 Kurzbeschreibung

Die Radioaktivität ist ein natürliches Phänomen, das in jedem Teil unserer Umwelt vorhanden ist, und wir sind ständig diesen natürlichen Quellen der Strahlung ausgesetzt. Strahlung und radioaktiven Stoffe finden viele Anwendungen, die von der Energieerzeugung bis zur Anwendung in Medizin, Industrie und Landwirtschaft reichen. Die Strahlungsrisiken für beruflich Beschäftigte als auch für die Öffentlichkeit und die Auswirkungen auf die Umwelt die durch diese Anwendung entstehen, werden beurteilt und, wenn erforderlich, kontrolliert.

Das Ziel der Bewertung der Gesundheitsrisiken, welche in Verbindung mit genehmigten oder unbeabsichtigten radioaktiven Freisetzungen durch Kernanlagen in die Umwelt stehen, ist die Abschätzung potenzieller Folgen für die Gesundheit der Menschen durch die Exposition infolge von Strahlung in verschiedenem Ausmaß, örtlich, regional, weltweit, was von der gegebenen Situation abhängt: bestehende Strahlenexposition, geplante Exposition und (nukleare) Notfallexposition. Diese Bewertungen werden durchgeführt, um die Notwendigkeiten und Prioritäten zu identifizieren, die für die Sicherstellung des öffentlichen Strahlenschutzes notwendig sind und um nationale Behörden (Entscheider) und die Öffentlichkeit informieren zu können.

Die Bestimmung der Gesundheitsrisiken erfordert eine Bewertung der Strahlungsdosis der allgemeinen Bevölkerung, welche nicht direkt gemessen werden kann. Deshalb ist es zum Zweck des Strahlenschutzes der Bevölkerung notwendig, ein Individuum zu beschreiben, entweder hypothetisch oder spezifisch, dessen Dosis zur Überprüfung der Konformität mit den relevanten Dosis-Richtwerten benutzt werden kann. Dieses Individuum wird als die „repräsentative Person“ (Referenzperson) definiert.

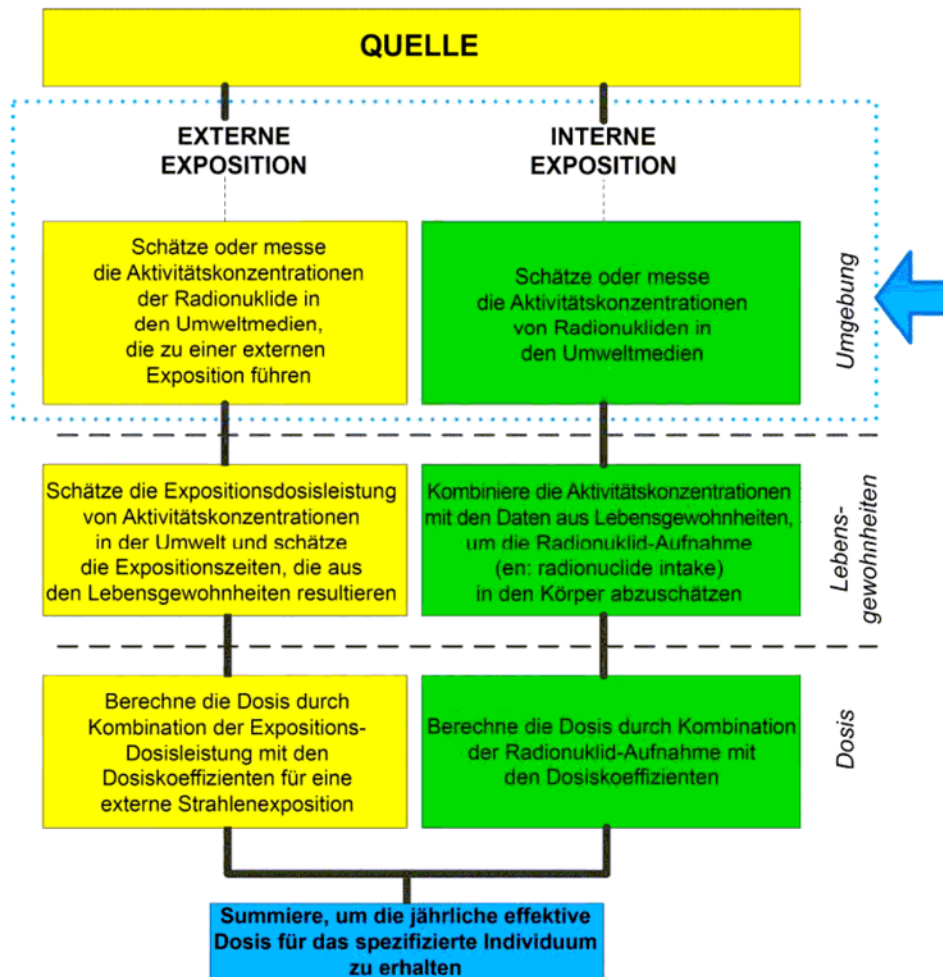


Bild 1 – Dosisbewertungsprozess für ein spezifiziertes Individuum

Die Dosisbewertung ist ein vielstufiger Prozess (Bild 1), der in folgenden Stufen abläuft:

- Identifikation und Charakterisierung der Quelle, einschließlich der Daten über die Typen und die Anzahl der Radionuklide und der Höhe der emittierten Strahlung;
- Beschreibung der Umwelt, wie z. B. das Klima, Typ der Biota, landwirtschaftliche Produktion usw. und der Aktivitätskonzentration der Radionuklide, die aus der untersuchten Quelle in die Umweltmedien gelangen;
- Identifikation und Beschreibung der Expositionsszenarien, um die Aktivitätskonzentration in der Umwelt mit Daten zu Lebensgewohnheiten der repräsentativen Person (Ort, Alter, Ernährung und Lebensgewohnheiten der exponierten Personen oder der Bevölkerung) zu kombinieren;
- Dosisberechnung unter Verwendung der Dosiskoeffizienten, diese beziehen sich entweder auf die Aktivitätskonzentration in Luft oder im Boden, zu den externen Dosisleistungen (externe Dosis), oder sie konvertieren eine Einheit der Aufnahme (en: intake) in eine Dosis (interne Dosis);
- Berechnung der effektiven Dosis durch Summation der externen und internen Dosis.

Die Beurteilung der Strahlenexposition ist ein Prozess, bei dem Intensität, Häufigkeit und Dauer der Exposition der Bevölkerung durch ein Radionuklid abgeschätzt werden. Sie wird im Allgemeinen auf der Basis von einem oder mehreren definierten Szenarien sowie auf der Basis der Daten, die mit einem speziellen Standort verknüpft sind, durchgeführt.

Hinsichtlich der Stufe der Messung der Aktivitätskonzentration in Umweltmedien umfasst die Dosisbewertung die Identifikation der Pfade zum Menschen und die Identifikation der repräsentativen Person.

Die effektive Dosis für die repräsentative Person darf entweder berechnet werden, indem man einem deterministischen oder probabilistischen Ansatz folgt, oder es darf eine Mischung aus beiden Ansätzen angewandt werden (ICRP Pub. 101 [4]). Die gewählte Methode hängt von der speziellen Situation, den Ressourcen und den verfügbaren Daten ab. Im Folgenden ist eine kurze Beschreibung dieser Herangehensweise angegeben.

Deterministische und probabilistische Methoden müssen nicht notwendigerweise zu äquivalenten mathematischen Ergebnissen führen.

Die einfachste deterministische Methode für die Beurteilung der Regelkonformität ist eine Abschätzung mittels Screening. Diese Methode verwendet typischerweise vereinfachende Annahmen, die zu einer sehr konservativen Abschätzung der Dosis führen, wenn man z. B. die Aktivitätskonzentration von Radionukliden an ihrem Austrittspunkt aus der Quelle zugrunde legt. Eine weitere vereinfachende Annahme ist, eine einzelne Altersgruppe (z. B. Erwachsene) zur Abschätzung der Bevölkerungsdosis zu betrachten, um diese mit den Dosis-Richtwerten zu vergleichen (ICRP, 2000). Wenn die Ergebnisse einer relativ konservativen Bewertung mittels Screening zeigen, dass die Dosen ausreichend unter dem relevanten Dosis-Richtwert liegen, dürfte keine Notwendigkeit für eine weitere detaillierte Dosisbewertung mehr bestehen. Eine Reihe von Screening-Methoden wurden entwickelt und steht zur Anwendung zur Verfügung [3] [13].

In einer anderen Form der deterministischen Methoden erfolgt eine allgemeine Bewertung der involvierten Bevölkerung, Pfade und Radionuklide mit dem Ziel der Identifikation der Gruppe oder Gruppen, die höhere Dosen erhalten, in dem man Meinungen von Experten, Messergebnisse oder einfache Berechnungen verwendet. In einigen Situationen werden die Menschen, die die höheren Dosen erhalten, leicht herauszufinden sein, weil standortspezifische Expositionswerte problemlos verfügbar und die Lebensgewohnheiten bekannt sind. In anderen Situationen ist die Identifikation dieser Personen ein iterativer Prozess, der die wichtigsten Pfade der Exposition und Teile der Bevölkerung betrachtet, die Dosen von der Quelle erhalten. Der iterative Prozess zeigt gewöhnlich die Gebiete auf, die wahrscheinlich die größte Strahlenexposition von jedem Pfad erhalten werden. Diese Gebiete sollten detaillierter untersucht werden. Letztlich wird eine Gruppe identifiziert, von der die höchste Strahlenbelastung erwartet wird, wenn man alle Pfade in Betracht zieht. Die mittlere Dosis dieser Gruppe wird mit dem Dosis-Richtwert verglichen um die Regelkonformität zu ermitteln. Diese Methode ist dieselbe wie für das Herangehen für die kritische Gruppe, die ehemals von der ICRP empfohlen wurde.

Die probabilistische Methode kombiniert die Verteilung von Werten für Parameter in eine zusammengesetzte Verteilung, die als Ergebnis einen Bereich von möglichen Dosen liefert, die auf der Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens basieren. Die Verteilung der berechneten Dosis beinhaltet: (1) die Schwankungsbreite und Unsicherheit in den geschätzten Aktivitätskonzentrationen der Umweltmedien (z. B. die Aktivitätskonzentration der Radionuklide in Luft, Wasser, Boden und Nahrung); und (2) die Schwankungsbreite und Unsicherheit der Daten zu Lebensgewohnheiten (wie z. B. Atemrate, Ingestionsraten für Lebensmittel und Wasser, die Zeit, die für verschiedene Aktivitäten aufgewandt wurde). Wie bei den deterministischen Methoden wird die Identifikation der exponierten Bevölkerung und der betreffenden Expositionsszenarien wahrscheinlich ein iterativer Prozess sein. Jedoch benötigen die Entscheidungsträger eine Anleitung dafür, wie die Regelkonformität mit den Empfehlungen der ICRP bestimmt wird, wenn probabilistische Methoden Anwendung finden.

Oftmals findet eine Mischung sowohl deterministischer als auch probabilistischer Methoden Anwendung. Ein Beispiel dafür ist die Verwendung von Messwerten in einer existierenden Expositionssituation zur Bestimmung der Dosis von Personen [11]. In diesem Fall erhält man eine Verteilung der Dosiswerte wegen der Schwankung und Unsicherheit der Lebensgewohnheiten bzw. von Messwerten, und diese Verteilung wird zur Basis für die Bestimmung der Regelkonformität.

Dieses Dokument befasst sich mit der Umgebungsüberwachung auf der Stufe der Messung der Aktivitätskonzentration von Radionukliden in Umweltmedien und schließt die Elemente der Expositionspfade mit ein, um entweder die Gesamt-Strahlenexposition einer gegebenen repräsentativen Person, die gefährdet ist, oder die zusätzliche Exposition, die von einer gegebenen Quelle oder Aktivität ausgeht, zu bewerten.

Die Beschreibung eines Standorts in Bezug auf die externen und internen Expositionspfade wird in Abschnitt 5 behandelt, die Beschreibung der Überwachung erfolgt in Abschnitt 6, einschließlich der Verweise auf andere relevante ISO-Dokumente und die Anleitung zur Bestimmung der Unsicherheit der Ergebnisse der Dosisbewertung wird in Abschnitt 9 gegeben.

6 Bewertung und Überwachung der Strahlenexposition der Bevölkerung

Die Analyse der Expositionswege ist eine Voraussetzung für eine repräsentative Dosisbewertung, um die möglichen Effekte auf die menschliche Gesundheit hervorzuheben. Zu diesem Zweck werden die aktuelle und die geplante Nutzung der Umgebung des Standorts in die Bewertung mit einbezogen, da damit definiert wird, welche Expositionspfade für die repräsentative Person relevant sind. Wenn eine neue Anwendung geplant ist, muss eine erneute Bewertung stattfinden. Realistisch kann ein mittleres oder ein „worst-case“-Szenario der Exposition definiert werden und, in Abhängigkeit vom Ziel der Expositionsbewertung, die benötigten Daten für die Bewertung in Abhängigkeit des gewählten Szenarios unterscheiden sich.

Wenn die repräsentativen Personen nicht direkt der Strahlung ausgesetzt werden, muss die Expositionsbewertung sowohl die verschiedenen Wege, über welche eine indirekte Exposition auftreten könnte, als auch ihre Bedeutung berücksichtigen.

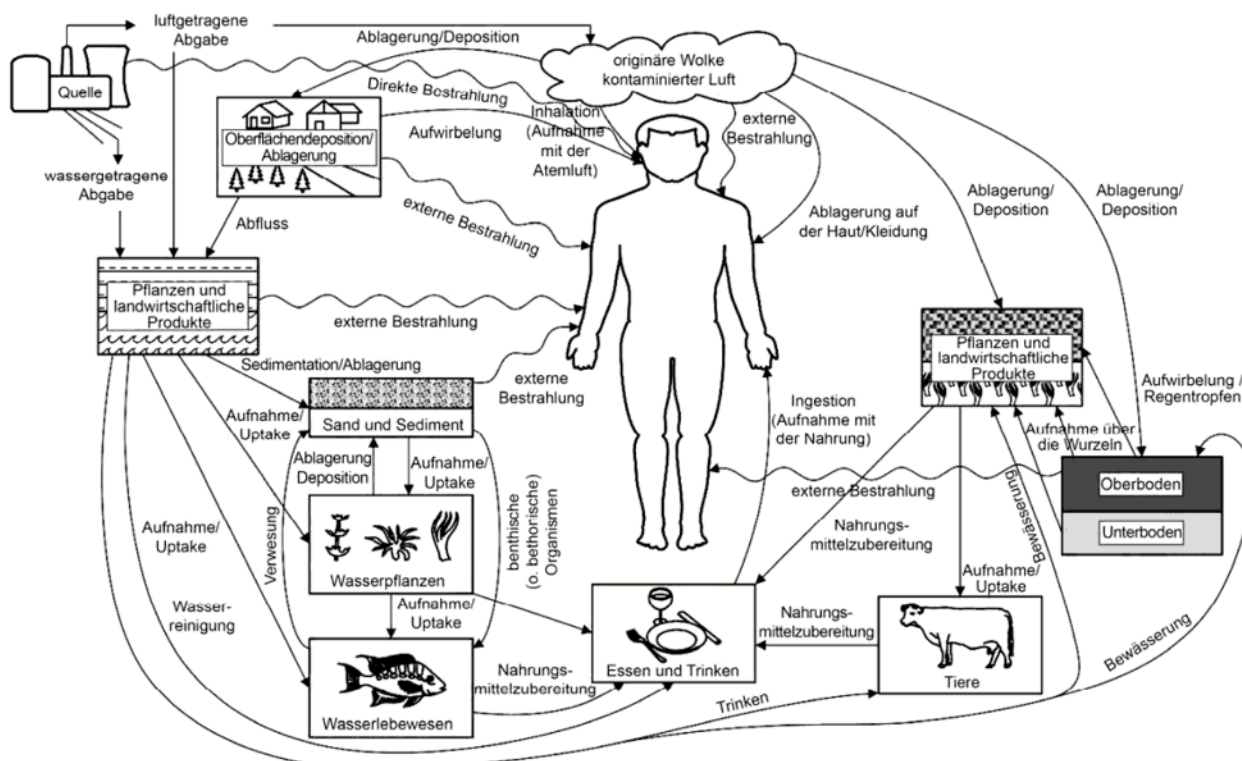


Bild 2 – Die möglichen Pfade der Strahlenexposition für Teile der Bevölkerung als Ergebnis der Abgabe von radioaktivem Material in die Umwelt [11]

Es gibt zwei Hauptkategorien der Expositionspfade: externe Expositionspfade (die Quelle der Strahlenexposition verbleibt außerhalb des Körpers), und interne Expositionspfade (die Quelle der Strahlenexposition ist in den Körper aufgenommen). Die Bedeutung der verschiedenen Expositionspfade hängt ab von:

- den radiologischen Eigenschaften des freigesetzten Materials (z. B. Gammaemitter, Betaemitter oder Alphaemitter, physikalische Halbwertszeit);
- den physikalischen (z. B. gasförmig, flüssig oder fest) bzw. chemischen (z. B. organische oder anorganische Verbindung, Oxidationsstufe, Speziation usw.) Eigenschaften des Materials und seinen Migrationseigenschaften;
- den Dispersionsmechanismen und den sie beeinflussenden Faktoren (z. B. Schornsteinhöhe, meteorologische Bedingungen usw.) und die Umwelteigenschaften (z. B. Klima, Typ der Biota, landwirtschaftliche Produktion usw.);
- Aufenthaltsort, Alter, Ernährung und Lebensgewohnheiten der exponierten Personen oder der Bevölkerung.

Ein Radionuklid kann durch biologische, chemische oder physikalische Einflüsse Veränderungen unterliegen, die seine Verfügbarkeit und Mobilität beeinflussen. Das Gesundheitsrisiko hängt sowohl von der Aktivitätskonzentration eines Radionuklides als auch von der Dauer und dem Pfad der Strahlenexposition (Hautkontakt, Inhalation, Ingestion usw.) ab. Daher ist die Analyse der Veränderungen, die ein Radionuklid als Ergebnis dieser Transformationen und Phasentransferprozesse vor der Exposition erfährt, ein wichtiger Teil der Expositionsbewertung.

Um die Medien zu identifizieren, die beprobt und hinsichtlich ihrer Aktivitätskonzentration untersucht werden, ist es wichtig, dass die entsprechende Probenahme-strategie und Messung zur Bewertung der Personendosis verwendet werden kann.

Deshalb erfordert die Bewertung der effektiven Jahresdosis $E(t_1)$ für das Jahr t_1 für eine repräsentative Person die Bestimmung der Beiträge durch externe Exposition E_{ext} und durch interne Exposition infolge Ingestion bzw. Inhalation E_{ing} und E_{inh} . Entsprechend der ICRP-Publikation [4] muss eine solche Evaluierung für unterschiedliche Gewebe T durchgeführt werden, wobei sowohl die Altersabhängigkeit der Exposition und der Dosisfaktoren als auch die Gewebe-Wichtungsfaktoren w_T zu berücksichtigen sind.

$$E = E_{\text{ext}} + E_{\text{ing}} + E_{\text{inh}} = \sum_T w_T \cdot (E_{T,\text{ext}} + E_{T,\text{ing}} + E_{T,\text{inh}}) \quad (1)$$

Ein wichtiger Zweck der Umgebungsüberwachung ist es, die Daten zu liefern, die es erlauben, die Analyse und die Bewertung der drei Terme E_{ext} , E_{ing} und E_{inh} der Gleichung vorzunehmen, um die Personen-Exposition berechnen zu können. Somit ist die Qualität der Eingangsdaten aus der Umwelt, die zur Beschreibung der Parameter in der verwendeten mathematischen Gleichung für die Berechnung der effektiven Dosis benutzt werden, wesentlich.

Daher richten Programme zur Überwachung von Radionukliden in der Umwelt ihren Focus auf die Expositionspfade des Menschen. Ein Expositionspfad definiert die Wege von der Quelle der Radionuklide und/oder der Strahlung über die verschiedenen Umweltmedien hin zu einer Zielperson oder zur Bevölkerung.

Tabelle 2 – Bewertung der effektiven Dosis über verschiedene Pfade

Pfad der Personen-exposition	Überwachte Größe	Formelzeichen
Externe Exposition	Gammadosisleistung in Luft als Funktion der Zeit und des Raums	E_{ext}
	Externe Dosis gemessen mit dem Personendosimeter	E_{ext}
Interne Exposition (Inhalation)	Aktivitätskonzentration in Luft	E_{inh}
Interne Exposition (Ingestion)	Aktivitätskonzentration von Wasser, Nahrungsmitteln und Milch als Funktion der Zeit und des Raumes	E_{ing}

Die Kontrolle zum Zwecke des Strahlenschutzes der Bevölkerung kann in drei Kategorien eingeteilt werden. Eine ist die Quellenüberwachung, die zweite ist die Umgebungsüberwachung und die dritte ist die Personenüberwachung (IAEA [11]). Grundsätzlich ist die Personenüberwachung gegenüber der Umgebungsüberwachung bei der Bestimmung der Dosisberechnung zu bevorzugen, und die Umgebungsüberwachung gegenüber der Quellenüberwachung. Jedoch liefert die Umgebungsüberwachung gute Informationen für Notfallszenarien im Fall eines Unfalls zur Abschätzung der Abweichung gegenüber dem Normalzustand. Mit anderen Worten, anhand der Umgebungsüberwachung ist man in der Lage, Veränderungen in Langzeittrends hinsichtlich der Aktivitätskonzentration oder der Dosisleistung in der Umgebung zu erkennen.

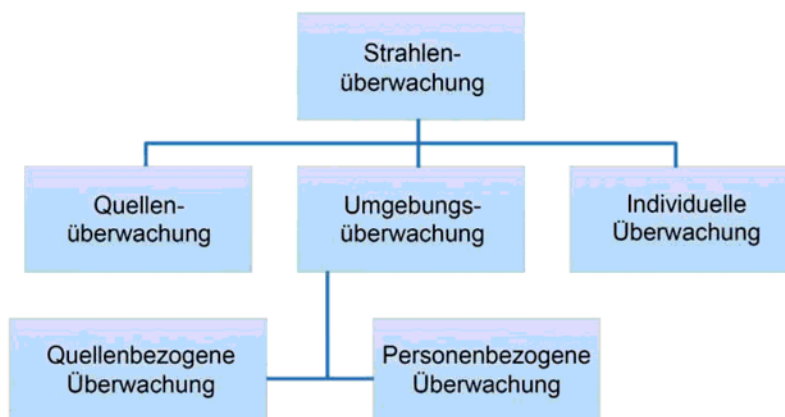


Bild 3 – Arten der Überwachung für den Strahlenschutz der Bevölkerung [11]

Eine Überwachung zum Schutz der Bevölkerung vor Strahlung kann in drei Kategorien unterteilt werden. Die Umgebungsüberwachung kann weiter in zwei Subkategorien unterteilt werden: eine auf Quellen bezogene Umgebungsüberwachung und eine auf Personen bezogene Umgebungsüberwachung.

Die quellenbezogene Umgebungsüberwachung betrifft die Messung der absorbierten Dosisleistung in Luft oder der Aktivitätskonzentrationen.

Die personenbezogene Umgebungsüberwachung ist die Umgebungsüberwachung unter solchen Umständen, in denen verschiedene Quellen vorliegen, die ein und dieselbe Gruppe von Menschen bestrahlen; das Hauptziel ist die Bewertung der Dosis, die von allen diesen Quellen abgeleitet wird.

7 Programm zur Umgebungsüberwachung

7.1 Allgemeines

Ziel der Radioaktivitätsmessung in Umweltmatrizes und Nahrungsmitteln ist es, die radiologischen Auswirkungen auf die Bevölkerung zu bewerten, und zwar nicht nur, um die Dosisberechnung durchzuführen, sondern auch, um den Status der Radioaktivität in der Umgebung einer Anlage zu kennen. Ergänzende Ziele des Überwachungsprogramms für geplante und bestehende Expositionssituationen sind die folgenden:

- Routineüberprüfung der Auswirkungen auf die Umgebung durch die von einer Nuklearanlage abgegebene Radioaktivität oder infolge der allgemeinen Entwicklung der Radioaktivität in einer Region;
- Beschreibung der Radioaktivität in der Umwelt zu Forschungszwecken;
- Planung und Überwachung von Sanierungsmaßnahmen;
- Untersuchung der Langzeitfolgen von Unfällen bzw. Störfällen.

Konsequenterweise werden die Messungen der Radioaktivität an unterschiedlichen Matrizes in vielfältigen Situationen ausgeführt, ein allgemeiner Ansatz kann jedoch mit den folgenden drei Hauptschritten beschrieben werden:

- Planungsprozess: in Abhängigkeit vom Ziel kann eine Probenahme-strategie festgelegt werden, die zur Definition des Probenahmeplans führt;
- Probenahme-prozess: die resultierenden Probenahmeaktionen im Feld führen zu sortierten Proben, die verpackt und zum Labor transportiert werden;
- Prüflabor-Prozess: die Präparation der zu untersuchenden Proben für die Labormessung.

Das für die Beprobung verantwortliche Labor muss einen dokumentierten Probenahmeplan mit Verfahren zur Beprobung besitzen. Der Probenahmeplan muss an dem Ort, wo die Beprobung durchgeführt wird, verfügbar sein (siehe ISO/IEC 17025).

a) Planungsprozess – Auswahl der Beprobungsstrategie

Die Auswahl der Beprobungsstrategie hängt von den Hauptzielen und den Ergebnissen der Anfangsuntersuchung ausgewählter Gebiete eines Standorts ab. Die Beprobungsstrategie muss Kenntnisse liefern über die Natur, die Aktivitätskonzentration, räumliche Verteilung als auch über zeitliche Entwicklung der Radionuklide, wobei die durch Migration, atmosphärische Bedingungen bzw. durch die Bearbeitung/Nutzung des Bodens hervorgerufenen Veränderungen mit einzubeziehen sind.

Beim Entwurf eines Programms zur Umgebungsüberwachung^{N1} sind die Umgebungscharakteristik in der Nähe einer Anlage, die betrachtet werden soll, die vorherrschende Windrichtung, meteorologische Veränderungen, gegenwärtige und zukünftige Bearbeitung/Nutzung des Bodens, landwirtschaftliche Praktiken, Eigenschaften des Erdbodens und des Wasserkreislaufs entsprechend mit einzubeziehen.

Zusätzlich sollten die relevanten kulturellen, sozialökonomischen und demographischen Faktoren der örtlichen Bevölkerung betrachtet werden.

Es muss eine Anfangsuntersuchung des zu untersuchenden Gebiets stattfinden, um die Probenahmestrategie zu validieren.

b) Planungsprozess – Probenahmeplan

Der Probenahmeplan muss entsprechend der gewählten Probenahmestrategie entwickelt werden. Er muss die Auswahl der Probeflächen und Einheiten, das Probenahmemuster, die Probenahmepunkte, Typen der Proben, die Probenahmeverfahren und die Ausrüstung, als auch die Sicherheitsbestimmungen für das Personal festlegen.

Details, wie die Auswahl des Probenahmeflächen und der Probeeinheiten, die aus dem für das entsprechende Gebiet angewandten Raster resultieren, werden in den folgenden Abschnitten und in [Anhang C](#) gegeben.

c) Probenahmeverfahren – Sammlung der Proben

Die Sammlung aller Proben im Feld muss mit dem aufgestellten Probenahmeplan übereinstimmen.

Eine einzelne Probe oder Ergänzung wird von jeder gewählten Probenahmeeeinheit entnommen.

In Abhängigkeit von den Typen der Matrices, die beprobt werden sollen, finden sich Details in [Anhang D](#).

d) Probenahmeverfahren – Präparation der ausgewählten Probe

Die Präparation der ausgewählten Proben erfolgt durch eine Reduzierung auf eine Einzelprobe oder Mischproben. Eine ausgewählte Probe sollte repräsentativ sein für den Mittelwert für eine oder mehrere gegebene Eigenschaften der Matrix. Die Verfahren zur Identifikation, Beschriftung, Verpackung und dem Transport der ausgewählten Proben zum Labor müssen den Erhalt der Eigenschaften sicherstellen.

Details sind in [Anhang E](#) angegeben.

e) Laborverfahren – Behandlung der Laborprobe

Nach dem Eingang im Labor werden die Proben wie Laborproben betreffs der Lagerung und weiterer Vorbehandlung vor ihrer Analyse betrachtet.

Details sind in [Anhang F](#) angegeben.

^{N1} Nationale Fußnote: Zu Auswahl der Probenahmestrategie, Probenahme und Vorbehandlung der Bodenproben siehe auch [DIN EN ISO 18589-2 \(VDE 0493-4-5892\)](#).

f) Laborverfahren – Präparation der zu prüfenden Probe

Vor jeglicher Prüfung werden, wenn erforderlich, die Laborproben einer Vorbehandlung unterzogen, um Prüfproben in Form eines feinen, homogenen Puders zu erzeugen^{N2}. Die Vorbehandlung muss sicherstellen, dass die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Prüfprobe über die Zeit konstant bleiben und damit die wiedergegebenen Ergebnisse einfacher zu interpretieren sind. Repräsentative Unterproben mit Massen, die bei der Festlegung verschiedener Radioaktivitätsmessungen ermittelt werden, müssen als Prüfportionen von den Prüfproben getrennt werden.

Details sind in [Anhang F](#) angegeben.

Falls einiges Material für zukünftige Untersuchungen oder für den Zweck einer möglichen Schlichtung von Streitfällen gespeichert wird, müssen Unterproben von der Laborprobe oder der Prüfprobe in einer akzeptablen und dokumentierten Form entnommen werden.

7.2 Externe Expositionsüberwachung

7.2.1 Allgemeines

Die wichtigsten externen Expositionspfade, die es zu betrachten gilt, sind diejenigen der direkten Exposition durch eine Quelle ionisierender Strahlung:

- Exposition durch Radionuklide, die auf dem Grund oder in Sedimenten (an Ufern von Flüssen, Seen oder Meeren) oder auf Oberflächen von Gebäuden (Wände, Dächer und Flure) oder der Vegetation (Bäume, Büsche und Gras) abgelagert sind;
- die Exposition infolge von Radionukliden in der Luft (z. B. Edelgase);
- die Exposition durch Kontakt mit Radionukliden, die auf der Haut abgelagert sind.

Die externe Exposition, die durch Strahlung von einem auf dem Boden abgelagerten Radionuklid, das Beta- und Gammastrahlung emittiert, hervorgerufen wird, wird nach der folgenden Gleichung berechnet:

$$E_{T,a}(t_1) = c \cdot \int_{t_1} \dot{H}^*(10) dt \quad (2)$$

7.2.2 Direktmessung der Umgebungsdosis

Zur Evaluierung der Dosis infolge externer Exposition, die in Verbindung mit der Radioaktivitätsabgabe von Nuklearanlagen steht, benötigt man die Kenntnis der Umgebungsdosisleistung $\dot{H}^*(10)$ als Funktion der Zeit t an verschiedenen Orten der Umgebung der Anlagen.

Geräte zur Radionuklididentifizierung (en: Radionuclide Identification Devices) (RID) werden für die direkte Abschätzung der Umgebungsdosisleistung $\dot{H}^*(10)$ benutzt [16], [17], [18]. Typischerweise messen sie das Photonspektrum und identifizieren das gammaemittierende Radionuklid durch Vergleich mit einer internen Nuklidbibliothek. Am Standort fest installierte RIDs können kontinuierlich betrieben werden. RIDs sind weiterhin so entwickelt worden, dass sie die Umgebungs-Dosis (bzw. -Dosisleistung) infolge von Neutronenstrahlung in Feldern messen können, die normalerweise Neutronen mit Energien unter 20 MeV enthalten [19].

Passive Geräte, wie z. B. TLD (Thermolumineszenz-Dosimeter), OSL (Optisch Stimulierte Lumineszenz)-Dosimeter oder Glas-RPL (Radio-Photo-Lumineszenz)-Dosimeter, werden für eine über die Zeit integrierende Messung verwendet [19]. Dies sind Dosimetriesysteme, die externe Photonen und/oder Betastrahlung in einem Dosisbereich zwischen 0,01 mSv und 10 Sv messen.

^{N2} Nationale Fußnote: Für eine Messung einer Abwasserprobe mittels Flüssigszintillationszählung muss diese nicht zwingend in Form eines feinen Puders vorliegen. Die physikalische Eigenschaft „Radioaktivität“ einer Probe lässt diese grundsätzlich nicht über die Zeit „konstant“ bleiben.

Tabelle 3 – Vorschlag für die Häufigkeit der Probenahme und der Messungen bei der Abgabe von Radionukliden an die Umgebung [14]

Überwachte Komponente [$\dot{H}^*(10)$]	Häufigkeit
Gamma-Dosisleistung	Kontinuierlich
Integrierte Gammadosis	Zweimal jährlich
Neutronendosisleistung (wenn Neutronenstrahlung vorgesehen ist)	Kontinuierlich
Integrierte Neutronendosis (wenn Neutronenstrahlung vorgesehen ist)	Zweimal jährlich

Die folgenden Typen zur Überwachung der Umgebungsstrahlung können verwendet werden:

- Überwachungsstation: Messausrüstung im Freien mit kontinuierlicher Überwachung von $\dot{H}^*(10)$ in Verbindung mit Aerosolsammler und meteorologischer Messausrüstung.
- Überwachungsstelle: Messausrüstung im Feld mit kontinuierlicher Überwachung von $\dot{H}^*(10)$.
- Überwachungspunkt: Messausrüstung im Freien mit integrierendem passiven Dosimeter.
- Kontinuierliche Messung der Umgebungsdosisleistung.

Kurzzeitige Veränderungen von $\dot{H}^*(10)$ können durch eine kontinuierliche Messung der Umgebungsdosisleistung an Überwachungsstellen und -stationen abgeschätzt werden. Somit werden kontinuierlich Messdaten der Umgebungsdosisleistung in Verbindung mit meteorologischen Daten für die Früherkennung von Notfallsituationen genutzt. Bei der Auswahl der integrierenden Dosimeter für die Messung der kumulierten Dosis durch Gammastrahlung muss ihre Empfindlichkeit in Betracht gezogen werden, und sie müssen einfach zu handhaben sein.

Für die Beurteilung des Beitrags des Niedrigdosis-Äquivalents oder der Niedrigdosis-Äquivalenzrate infolge des Betriebs einer Nuklearanlage ist es erforderlich, auch den Beitrag der natürlichen Untergrundstrahlung zum Dosisäquivalent zu berechnen. Dieses erfolgt gewöhnlich durch Nutzung einer Reihe von Dosimetern, die als Untergrund-Dosimeter dienen und $\dot{H}^*(10)$ an repräsentativen Stellen und/oder an solchen Punkten messen, die niemals unter die radioaktive Abluftfahne der Anlage gelangen. Der mittlere angezeigte Wert dieser Dosimeter muss von dem angezeigten Wert jener Dosimeter subtrahiert werden, die von der Abgabe aus der Anlage betroffen sind.

7.2.3 Boden

ISO 10381-1 [14] liefert einen allgemeinen Leitfaden für die Auswahl der Probenahmestrategie; ISO 10381-4 [15] liefert einen spezifischen Leitfaden für die Untersuchung von natürlichen, naturnahen und kultivierten Flächen; und ISO 10381-5 [16] befasst sich mit der Untersuchung von Böden aus urbanen und Industriestandorten, die Radionuklide enthalten.

Die allgemeinen Prinzipien, die bei der Gestaltung der Probenahmeprogramme mit dem Ziel sowohl der Bodenüberwachung als auch der Beschreibung, Identifizierung von Quellen, Folgen der Belastung von Böden und ähnlichem Material anzuwenden sind, werden in ISO 10381-1 [14], ISO 10381-2 [17], ISO 10381-3 [18] aufgezeigt. Die folgenden Teile befassen sich mit verschiedenen Aspekten der Probenahme zum Zweck der Bodenuntersuchung, einschließlich unterschiedlicher Bodentypen wie natürlichen, landwirtschaftlichen (ISO 10381-4 [15]), urbanen und industriellen Böden (ISO 10381-5 [16]). ISO 10381-7 [19] bzw. ISO 10381-8 [20] befassen sich mit der Probenahme von Bodenluft bzw. mit der Anleitung für die Probenahme von Hal- den.

Die sieben Teile von ISO 18589 [21] bis [27] sind zum Zweck des Strahlenschutzes anwendbar, da sie die Überwachung der Radioaktivität in Böden in folgenden Situationen beschreiben:

- Anfangsbeschreibung der Radioaktivität in der Umgebung;
- Routineuntersuchung des Einflusses der Nuklearanlage oder der Entwicklung von allgemeinen Territorien;
- Untersuchung von Notfall- bzw. Störfallsituationen;
- Planung und Überwachung von Beseitigungsaktionen;
- Rückbau von Anlagen oder Freigabe von Material.

7.3 Interne Expositionsüberwachung

Die wichtigsten Expositionspfade, die betrachtet werden, sind:

- Inhalation von Radionukliden unter einer gasförmigen und/oder Aerosol-Wolke;
- Inhalation infolge von Resuspension von radioaktiven Stäuben, die ursprünglich auf Böden oder Oberflächen von Sediment abgelagert waren, oder von natürlichen Radionukliden.

Der Inhalationsweg infolge Resuspension von Teilchen ist schwer zu quantifizieren, da die Unsicherheit vier bis fünf Größenordnungen über dem Wert der Resuspensionsrate liegt, die für die Oberflächenkonzentration von Böden angewandt wird, um diejenige atmosphärische Konzentration abzuschätzen, die durch Resuspension der Teilchen induziert wird. Darüber hinaus ist dieser Pfad in Normalsituationen bezüglich der direkten Exposition durch Inhalation in einer Abluftwolke vernachlässigbar.

- Ingestion von Nahrungsmitteln oder Getränken, die Radionuklide enthalten, welche in die Atmosphäre oder in die Gewässer abgegeben wurden bzw. vom Boden oder Sediment in pflanzliche und tierische landwirtschaftliche Produkte (Fleisch, Milch, Eier oder Meeresfrüchte) transferiert werden.

7.4 Überwachung von Aerosolen und Gasen

7.4.1 Allgemeines

Die effektive Folgedosis infolge der Inhalation von r Radionukliden während eines Zeitabschnitts T ist gegeben durch

$$E_{T,inh}(t_1) = \sum_r E_{T,inh,r}(t_1) = \sum_r \sum_{t=0}^{t_1} A_r(t) \cdot \dot{V}(t) \cdot \int_{t_1-t}^{t_1-t+1} \frac{\partial g_{inh,r,T}}{\partial t} dt \quad (3)$$

dabei ist $A_r(t)$ die Aktivitätskonzentration des Radionuklids r in der Luft während des Jahres t , angegeben in $Bq \cdot m^{-3}$, die unter Verwendung von Daten berechnet wird, welche man aus einem Radioaktivitäts-Überwachungsprogramm der Atmosphäre erhält.

Die Dosiskoeffizienten $g_{inh,r,T}$ werden unter Verwendung von Modellen berechnet, die das Verhalten der Radionuklide und die Absorption der Strahlung im Körper berücksichtigen, diese wurden abgeleitet aus und regelmäßig publiziert in der ICRP Publ. 72 [28].

Um $A_r(t)$ richtig zu bewerten, müssen in Abhängigkeit von der zu überwachenden Situation Ableitungen von Abwasser, Resuspension usw., die Veränderung der Aktivitätskonzentration des Radionuklides r von Aerosolen während des Jahres t und/oder von solchen, die als Gas in der Atmosphäre vorliegen, in der Atmosphäre gemessen werden.

7.4.2 Probenahme

Hinsichtlich der Überwachung der Radioaktivität in der Umgebungsluft beschreibt ISO 10473 [29] eine Methode für die Messung der Masse des betreffenden Stoffes in der Umgebungsluft, welche auf der Absorption von Betastrahlung in dem entsprechenden Stoff basiert. ISO 9359 liefert die Methode zur Probenahme zur Bewertung der Qualität der Umgebungsluft.

Die Messunsicherheit der Daten kann basierend auf GUM [30] und ISO 11222 [31] ermittelt werden, welche eine Methode für die Bestimmung der Unsicherheit über die Zeit liefert, gemittelt für einen Satz mit Qualitätsdaten der Luft, die man für einen festgelegten Standort über eine definierte gemittelte Periode der Zeit erhalten hat. ISO 20988 [32] liefert die Anleitung und die spezifischen statistischen Verfahren für die Abschätzung der Unsicherheit bei Messungen der Luftqualität, einschließlich der Messung der Umgebungsluft, stationärer Emissionsquellen, Raumluft, des Arbeitsplatz-Klimas und der Meteorologie. Im Sinne einer zweckmäßigen Herangehensweise bietet ISO 14956 [33] die Möglichkeit der Bewertung über die Eignung eines Messverfahrens durch den Vergleich mit einer geforderten Messunsicherheit.

Rn-222 wird als die Hauptquelle der menschlichen Strahlenexposition infolge natürlicher Strahlung betrachtet, da geschätzt wird, dass Radon bis zu 52 % zur natürlichen inneren Gesamtdosis beiträgt (UNSCEAR [34], WHO [8]). Die Radon-Aktivitätskonzentration, die aus Luft über kontinentalen Gebieten beprobt wird, variiert über fünf Größenordnungen, zwischen einigen Becquerel je Kubikmeter und einigen Tausend Becquerel je Kubikmeter in sehr abgeschlossenen Räumen, wie z. B. Höhlen. Sowohl die Radon-Aktivitätskonzentration als auch die potenzielle Alpha-Energiekonzentration der Zerfallsprodukte variieren beträchtlich während der Tageszeit, von Tag zu Tag und während der Jahreszeiten. Das muss bekannt sein, wenn man die Aktivitätskonzentration $A_r(t)$ aus Messergebnissen extrapoliert, die aus kürzeren Messperioden resultieren.

Deshalb werden regelmäßig Studien zur Umgebungsbewertung in Auftrag gegeben, um die Radon-Exposition der Bevölkerung zu bewerten, und sie waren der Grund für die Herausgabe der IEC- bzw. ISO-Normen über die Ausrüstung und die Prüfmethode zur Einschätzung der Radon-Aktivitätskonzentration (IEC 61577) und ISO 11665. Die vier Teile der IEC 61577 befassen sich mit Messgeräten, sowohl Systemen für die Prüfung der Atmosphäre mit Radon (Abkürzung STAR) als auch mit Radon-Folgeprodukten.

IEC 61577-1 [35] umfasst die allgemeinen Eigenschaften von Prüfungen und Kalibrierungen von Messgeräten für Radon- und Radon-Folgeprodukte wie auch der Messgeräte selbst. IEC 61577-2 [36] behandelt die spezifischen Anforderungen für Radonmessgeräte. IEC 61577-3 [37] enthält die spezifischen Anforderungen für Messgeräte für Radon-Folgeprodukte und IEC 61577-4 behandelt sowohl die Messgeräte wie auch das System für Prüfatmosferaen für Radon und Radon-Folgeprodukte (kurz STAR).

Um IEC 61557 zu ergänzen, legt die Reihe ISO 11665 mit ihren 11 Teilen dar, wie bei der Auswahl der Probenahmemethode und der Dauer und Probenahmeperiode, die mit der beabsichtigten Verwendung der Daten kompatibel sein müssen, einschließlich der zugehörigen Messunsicherheit, vorzugehen ist. In Abhängigkeit von der Dauer der Probenahmeperiode unterscheidet man drei Typen von Messmethoden (ISO 11665-1 [39]):

- eine Methode zur kurzzeitigen Messung, für einen Zeitraum von einigen Minuten, für einen bestimmten Ort, die Anhaltspunkte über die Radon-Aktivitätskonzentration oder über die potenzielle Alpha-Energiekonzentration kurzlebiger Radon-Folgeprodukte in offener bzw. in abgeschlossener Atmosphäre liefert (ISO 11665-3 [40] und ISO 11665-6 [41]);
- eine Methode zur kontinuierlichen Messung, die die Bewertung zeitlicher Änderungen der Radon-Aktivitätskonzentration in der Umgebung erlaubt (ISO 11665-5 [42]);
- eine Methode zur integralen Messung, die Hinweise über die mittlere Aktivitätskonzentration von Rn-222 oder über die mittlere potenzielle Alpha-Energiekonzentration kurzlebiger Radon-Folgeprodukte in der Luft über Zeiträume liefert, die von einigen Tagen bis zu einem Jahr variieren können (ISO 11665-2 [43] und ISO 11665-4 [44]).

ISO 11665-7 [45] liefert eine Anleitung zur Beschreibung der Abgabe von Radon in die Atmosphäre, wobei eine Abschätzung der Rn-222-Oberflächen-Exhalationsrate (von Boden, Fels, Gebäudeschnittstellen, Wänden) in die Umgebung während der Untersuchung vor Ort, wie z. B. die Suche nach Radonquellen oder vergleichenden Untersuchungen der Exhalationsrate am selben Standort, durchgeführt wird.

7.4.3 Überwachung von Wasser und Nahrungsmitteln

Die Folgeäquivalentdosis infolge Ingestion durch Nahrungsmittel und Trinkwasser ist gegeben durch

$$E_{T,ing} = E_{T,ing,w}(t_1) + E_{T,ing,f}(t_1) + E_{T,ing,m}(t_1) \quad (4)$$

Die interne Dosis infolge Ingestion durch Radionuklide im Trinkwasser ist gegeben durch

$$E_{T,ing,w}(t_1) = \sum_r E_{T,ing,r,w}(t_1) = \sum_r \sum_{t=0}^{t_1} C_r^w(t) \cdot U^w(t) \cdot \int_{t_1-t}^{t_1-t+1} \frac{\partial g_{ing,r,T}}{\partial t} dt \quad (5)$$

Die interne Dosis als Folge der Nahrungsaufnahme ist gegeben durch

$$E_{T,ing,f}(t_1) = \sum_r E_{T,ing,r,f}(t_1) = \sum_r \sum_{t=0}^{t_1} C_r^f(t) \cdot U^f(t) \cdot \int_{t_1-t}^{t_1-t+1} \frac{\partial g_{ing,r,T}}{\partial t} dt \quad (6)$$

Die spezifische interne Dosis infolge der Aufnahme von Radioaktivität durch Milchkonsum ist

$$E_{T,ing,m}(t_1) = \sum_r E_{T,ing,r,m}(t_1) = \sum_r \sum_{t=0}^{t_1} C_r^m(t) \cdot U^m(t) \cdot \int_{t_1-t}^{t_1-t+1} \frac{\partial g_{ing,r,T}}{\partial t} dt \quad (7)$$

$C_r^w(t_1)$, $C_r^f(t_1)$ und $C_r^m(t_1)$ sind die zeitabhängigen Aktivitätskonzentrationen in Trinkwasser, Nahrung bzw. Milch für ein Radionuklid r während des Jahres t in $Bq \cdot l^{-1}$, welche unter Verwendung der Daten, die man aus einem Überwachungsprogramm für Radioaktivität in Nahrungsmitteln erhält, bestimmt werden können.

7.4.3.1 Probenahme von Wasser

Wasser betreffend werden in ISO 5667-1 [46] sowohl die allgemeinen Regeln für die Gestaltung des Probenahmeprogramms und der Probenahmetechnik für alle Aspekte der Probenahme von Wasser dargelegt als auch die entsprechende Anleitung dafür geliefert. Detaillierte Anweisungen für spezielle Probenahmesituationen werden von verschiedenen anderen Teilen der Reihe ISO 5667 abgedeckt.

Betreffend der Probenahme von Wasser liefert der ISO 5667-3 [47] eine Anleitung zur Aufbewahrung und die Handhabung von Wasserproben.

ISO 5667-20 [48] liefert einen Leitfaden zur Verwendung von Probenahmedaten für die Entscheidungsfindung und ihre Übereinstimmung mit den Schwellwerten sowie den Klassifizierungssystemen.

7.4.3.2 Überwachung von landwirtschaftlichen Produkten

Landwirtschaftliche Produkte, wie z. B. Reis, Weizen Mais, Gemüse, Tee oder Gras für das Vieh, sind ein weiterer wichtiger Pfad. Insbesondere Grasproben sind nützlich für die Bewertung der Milch, die von Kühen produziert wird.

Probenahme

Die Probenahmestrategie entsprechend der Zielsetzung zur Auswertung der Dosisbestimmung ist in [Anhang D](#) beschrieben

Tabelle 4 – Beispiele typischer Proben und Häufigkeit der Probenahme (1 von 2)

Kontrollierte Komponente	Häufigkeit	Bemerkungen
Dosisleistung	Kontinuierlich	Gammadosisleistung
Akkumulierte Dosis	Vierteljährlich	Thermo-Lumineszenz-Dosimeter und Radio-Photolumineszenz-Dosimeter
Aerosol	Kontinuierlich	Staubmonitor
	Vierteljährlich	Niedrig-Volumen-Luftsammler