

	DIN ISO 20043-2 (VDE 0493-4-4302)	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 13.280; 17.240

Einsprüche bis 2022-03-14

Entwurf

**Bestimmung der Radioaktivität in der Umwelt –
Leitlinien für die Umweltüberwachung zur Bestimmung der effektiven Dosis –
Teil 2: Expositionssituationen bei nuklearen Notfällen
(ISO/CD 20043-2:2021);
Text Deutsch und Englisch**

Measurement of radioactivity in the environment –
Guidelines for effective dose assessment using environmental monitoring data –
Part 2: Nuclear emergency exposure situation
(ISO/CD 20043-2:2021);
Text in German and English

Mesurage de la radioactivité de l'environnement –
Lignes directrices pour la surveillance environnementale nécessaire à la procédure d'évaluation de la dose efficace –
Partie 2: Situations d'exposition lors d'urgence nucléaire
(ISO/CD 20043-2:2021);
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2022-01-14 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, Merianstraße 28, 63069 Offenbach 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 89 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
ISO-Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe	9
4 Symbole.....	13
5 Kurzbeschreibung.....	14
6 Durchführungssystem für die Überwachung und Aktionspläne	17
6.1 Planungs- und Durchführungssystem	17
6.2 Überwachung vor und in der Freisetzungsphase.....	18
6.3 Überwachung in der Anfangsphase	19
6.4 Überwachung nach der Freisetzungsphase.....	20
7 Leitfaden zu Messungen in Notfallsituationen.....	21
7.1 Umgebungsdosis.....	21
7.2 Messung mit Radiometer und Überwachungsfahrzeug	21
7.3 Luftgestützte Überwachung.....	22
7.4 Strahlungsüberwachung von Oberflächenwasser.....	22
7.5 Überwachung von Umweltmedien und Nahrungsmitteln	22
7.5.1 Messung von radioaktiven Stoffen in Umweltmedien	22
7.5.2 Messung von radioaktiven Stoffen in Nahrungsmitteln und Getränken	22
8 Erläuterung von Standard-OILs.....	23
8.1 Strahlungsüberwachung für OIL 1.....	23
8.2 Strahlungsüberwachung für OIL 2.....	23
8.3 Strahlungsüberwachung für OIL 6.....	23
9 Beurteilung der prognostizierten Dosis auf der Grundlage von Überwachungsergebnissen	23
9.1 Beurteilung der prognostizierten Dosis während einer Freisetzung	24
9.2 Beurteilung der prognostizierten Dosis nach dem Durchzug der radioaktiven Wolke	26
10 Labormanagement	27
10.1 Laborpersonalmanagement	27
10.2 Probenmanagement	28
10.3 Qualitätsmanagement	28
10.4 Veröffentlichung der Ergebnisse	28
Anhang A (informativ) Beispiel für ein Überwachungssystem für eine Notfall-Expositionssituation	29

Anhang B (informativ) Beispiel für eine schematische Darstellung eines Aktionsplans für den Strahlenschutz in einer Notfall-Expositionssituation	30
Anhang C (informativ) Operative Interventionsschwellen für die Beurteilung der Ergebnisse der Vor-Ort-Überwachung und des Screenings von Nahrungsmittelkonzentrationen aus Laboranalysen.....	31
Anhang D (informativ) Beispiel für die Bestimmung operativer Interventionsschwellen für bewohnte Gebiete während des Durchzugs einer radioaktiven Wolke	33
D.1 Kriterien für Schutzmaßnahmen am Ort N (siehe Bild 3).....	33
D.2 Echtzeitüberwachung am Ort M (siehe Bild 3).....	33
D.3 Beschreibung der operativen Interventionsschwellen (OILs)	33
D.4 Lokalisieren von M und N.....	33
D.5 Beschreibung des Quellterms	34
D.6 Dosisfaktoren	34
D.7 Freisetzungsbedingung	34
D.8 Werte der operativen Interventionsschwellen (OILs) am Ort M für die prognostizierte Dosis am Ort N.....	34
D.9 Diskussion	36
Anhang E (informativ) Beispiel für die Bestimmung operativer Interventionsschwellen für bewohnte Gebiete nach dem Durchzug einer radioaktiven Wolke.....	37
E.1 Kriterien für Schutzmaßnahmen am Ort N (siehe Bild 3).....	37
E.2 Echtzeitüberwachung am Ort M (siehe Bild 1).....	37
E.3 Beschreibung der operativen Interventionsschwellen (OILs)	37
E.4 Lokalisieren von M und N.....	37
E.5 Beschreibung des Quellterms	38
E.6 Dosisfaktoren	38
E.7 Koeffizienten des tragbaren Detektors.....	38
E.8 Freisetzungsbedingung	38
E.9 Kontaminationsübertragungsfaktor	38
E.10 Werte der operativen Interventionsschwellen (OILs) am Ort M für die prognostizierte Dosis am Ort N.....	39
E.11 Diskussion	41

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument ISO/CD 20043-2:2021 „Measurement of radioactivity in the environment – Guidelines for effective dose assessment using environmental monitoring data – Part 2: Nuclear emergency exposure situation“ (CD, en: Committee Draft) 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 beigelegt. 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 und den nationalen Mitgliedern zur Stellungnahme und Abstimmung vorgelegt.

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 DKE/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.

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

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.

ISO-Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von Nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von internationalen Normen wird normalerweise 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 Organisationen, staatlich und nicht-staatlich, in Liaison mit ISO, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen 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. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien 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 empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname wird als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellt keine Anerkennung dar.

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) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe: www.iso.org/iso/foreword.html.

Das für dieses Dokument verantwortliche Komitee ist ISO/TC 85, *Nuclear energy, nuclear technologies, and radiological protection*, Subcommittee SC 2, *Radiological protection*.

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

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Einleitung

Jeder ist natürlicher Strahlung ausgesetzt. Die natürlichen Strahlungsquellen 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 (NORM, en: naturally occurring radioactive materials) einschließen, verursachen eine Strahlenbelastung (Exposition) zusätzlich zur natürlichen Belastung. Einige dieser Aktivitäten, z. B. der Abbau und die Verwendung von Erzen, die natürlich vorkommende radioaktive Stoffe enthalten, und die Erzeugung von Energie durch Verbrennung von Kohle, die solche Stoffe enthält, erweitern die Belastung durch natürliche Strahlungsquellen. In kerntechnischen Anlagen werden radioaktive Stoffe verwendet und radioaktive Ableitungen und Abfälle während des Betriebs und der Stilllegung erzeugt. Die Verwendung radioaktiver Stoffe in Industrie, Landwirtschaft und Forschung nimmt weltweit zu.

Alle diese menschlichen Aktivitäten erhöhen im Allgemeinen auch die Strahlenbelastungen, die nur einen kleinen Anteil am weltweiten durchschnittlichen Umfang an natürlicher Strahlenbelastung ausmachen. Die medizinische Verwendung von Strahlung ist die umfangreichste und eine wachsende, vom Menschen erzeugte Quelle von Strahlenbelastung in entwickelten Ländern. Sie umfasst diagnostische Radiologie, Strahlentherapie, nuklearmedizinische und interventionelle Radiologie.

Strahlenbelastung tritt auch im Zusammenhang mit beruflichen Aktivitäten auf. Sie belastet sowohl Berufstätige in Industrie, Gesundheitswesen und Forschung, die Strahlung oder radioaktive Stoffe verwenden, als auch Passagiere und Besatzungen während Flugreisen und Astronauten. Das mittlere Niveau der beruflichen Belastung ist im Allgemeinen ähnlich dem globalen mittleren Niveau der natürlichen Strahlenbelastung [1].

Mit der zunehmenden Verwendung von Strahlung nehmen auch die potentiellen Gesundheitsrisiken und die öffentliche Besorgnis zu. Daher werden alle diese Strahlenbelastungen regelmäßig beurteilt,

- a) um die Kenntnisse hinsichtlich des weltweiten Niveaus und der zeitlichen Entwicklung der Strahlenexposition der Bevölkerung und berufstätiger Personen zu verbessern,
- b) um die Komponenten der Strahlenexposition zu bewerten und so ein Maß ihrer relativen Bedeutung zu liefern und
- c) um die entstehenden Probleme zu identifizieren, die möglicherweise einer höheren Aufmerksamkeit und Untersuchung bedürfen. Während Strahlungsdosen für Berufstätige gewöhnlich direkt gemessen werden, werden Strahlungsdosen für die Bevölkerung üblicherweise durch indirekte Verfahren beurteilt, bei denen Ergebnisse von Messungen der Aktivität verwendet werden, die an verschiedenen Quellen wie Abfall, freigesetzter Radioaktivität und/oder Umweltproben durchgeführt werden.

Um sicherzustellen, dass die erhaltenen Daten aus den Radioaktivitäts-Überwachungsprogrammen ihre bestimmungsgemäße Verwendung unterstützen, ist es im Prozess der Dosisbeurteilung wichtig, dass Beteiligte/Betroffene (die Betreiber, die Aufsichtsbehörden, die örtlichen Informationskomitees und -organisationen usw.) zweckmäßige Datenqualitätsziele, Verfahren und Vorgehensweisen für die Probenahme, die Handhabung, den Transport, die Lagerung und die Vorbereitung von Prüfproben, die Prüfverfahren und für die Berechnung der Messunsicherheit vereinbaren. Außerdem muss die Bewertung der Gesamtunsicherheit der Messung systematisch durchgeführt werden. Da zuverlässige, vergleichbare und zweckmäßige Daten eine wesentliche Anforderung für jegliche Entscheidungen hinsichtlich des Gesundheitswesens auf der Grundlage von Messungen der Aktivität sind, sind Internationale Normen zu geprüften und validierten Radionuklid-Prüfverfahren ein wichtiges Instrument für den Erhalt solcher Messergebnisse. Die Anwendung von Normen dient auch der Sicherstellung einer Vergleichbarkeit der Prüfergebnisse und zwischen verschiedenen Prüflaboratorien im Laufe der Zeit. Laboratorien wenden diese an, um ihre technischen Kompetenzen nachzuweisen und um Leistungsprüfungen und Labor-Vergleichsmessungen, zwei Voraussetzungen für das Erlangen einer nationalen Akkreditierung, erfolgreich abzuschließen.

Gegenwärtig stehen den Prüflaboratorien für die Messung von Radionukliden in verschiedenen Matrizen über einhundert Internationale Normen zur Verfügung, die 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 unterstützen Laboratorien bei der Organisation des Messverfahrens und spezifische Normen mit der Beschreibung von Prüfverfahren werden speziell von denjenigen Mitarbeitern angewendet, die für die Messung der Aktivität zuständig sind. Die letztgenannten Normen behandeln Prüfverfahren für:

- natürlich vorkommende Radionuklide, einschließlich K-40, H-3, C-14 und jenen, die aus den Zerfallsreihen von Thorium und Uran stammen, insbesondere Ra-226, Ra-228, U-234, U-238, Rn-220, Rn-222 und Pb-210, die in jedem Material aus natürlichen Strahlenquellen gefunden werden können oder durch technologische Prozesse, in die natürliche radioaktive Stoffe involviert sind (z. B. beim Abbau und bei der Verarbeitung von mineralischen Sanden oder in der Produktion und Anwendung von Phosphatdünger) freigesetzt werden können, und
- künstliche Radionuklide, wie z. B. die Transuranelemente (Americium, Plutonium, Neptunium, Curium), H-3, C-14, Sr-90 und Gammastrahlung emittierende Radionuklide, die im Abfall, in flüssigen und gasförmigen Ableitungen von Radioaktivität und in einer Umweltmatrix (Wasser, Luft, Boden, Biota) gefunden werden, infolge einer genehmigten Freisetzung in die Umwelt und als radioaktiver Niederschlag (Fallout), der bei der Explosion von Nuklearwaffen in der Atmosphäre und bei Unfällen, wie jenen, die sich z. B. in Tschernobyl und Fukushima ereigneten, entsteht. Radionuklide wie H-3 und C-14 kommen sowohl in der Natur als auch als Nebenprodukte beim Betrieb von Kernreaktoren vor.

Die ICRP kennt drei Typen von Expositionssituationen [2], die geeignet sind, um den gesamten Umfang der Expositionssituationen abzudecken: geplante Expositionssituationen, Notfall-Expositionssituationen und bestehende Expositionssituationen. Geplante Expositionssituationen schließen die geplante Einführung und die Verwendung radioaktiver Quellen ein (früher als Tätigkeit kategorisiert). Notfall-Expositionssituationen sind Situationen, die ein sofortiges Handeln erfordern, um negative Auswirkungen zu verhindern oder abzuschwächen. Bestehende Expositionssituationen sind solche, die bereits existieren, wenn eine Entscheidung über die Kontrolle gefällt wird, sowie jene, die durch die natürliche Untergrundstrahlung verursacht werden (z. B. auf saniertem Boden).

Der Anteil der Dosisleistung der Untergrundstrahlung für den Menschen, der sich aus der Umgebungsstrahlung, hauptsächlich Gammastrahlung, ergibt, ist stark veränderlich und abhängig von Faktoren wie der Radioaktivität des örtlichen Grundgesteins und Bodens, der Art von Baustoffen und dem Aufbau von Gebäuden, in denen Menschen leben und arbeiten.

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

- einer prospektiven Beurteilung der Dosis für die Bevölkerung, die sich aus der Exposition durch ionisierende Strahlung ergibt, wie sie durch eine geplante Abgabe in die Atmosphäre und die aquatische Umwelt oder nach Sanierungsmaßnahmen entstehen kann;
- einer retrospektiven Beurteilung der Dosis, die bei einer Abgabe oder Beseitigung durchgeführt werden kann, die ursprünglich nicht von einer nationalen Aufsichtsbehörde erfasst oder genehmigt wurde (z. B. durch kontaminierte Landflächen oder eine Dosis in Verbindung mit einer unfallbedingten Freisetzung von Radionukliden in die Umwelt).

Dieses Dokument ist Teil einer Reihe von generischen ISO-Normen zu Messung der Aktivität.

Beispiele für die Beurteilung der Dosis in verschiedenen Expositionssituationen, modifiziert aus Literaturhinweis [3]

Situation	Art der Beurteilung	
	Prospektiv	Retrospektiv
Geplant	Feststellung der Übereinstimmung mit relevanten Dosisrichtwerten (Dosisgrenzwerte oder regulatorische Anforderungen). Eine prospektive Beurteilung umfasst die Strahlenexpositionen, die beim Normalbetrieb auftreten.	Schätzen der Dosis für die Bevölkerung aus zurückliegenden Betriebsabläufen
Bestehend	In die Zukunft verlängerte Strahlenexpositionen (z. B. nach Sanierung)	Zurückliegende Strahlenexpositionen (z. B. durch Nutzung von kontaminiertem Gelände)
Notfall	Notfallplanung (operative Interventionsschwelle)	Aktuelle Auswirkungen nach einem Notfall

Bestimmung der Radioaktivität in der Umwelt – Leitlinien für die Umweltüberwachung zur Bestimmung der effektiven Dosis – Teil 2: Expositionssituationen bei nuklearen Notfällen

1 Anwendungsbereich

Dieser internationale Leitfaden basiert auf der Annahme, dass die Überwachung der Umweltkomponenten (Atmosphäre, Wasser, Boden und Biota) sowie der Qualität der Nahrungsmittel den Gesundheitsschutz der Bevölkerung sicherstellt [2], [4], [5], [6], [7], [8]. Die Leitlinien bilden die Grundlage für das Aufstellen nationaler Vorschriften und Normen unter anderem für die Überwachung von Luft, Wasser und Nahrungsmitteln zur Unterstützung der Gesundheit der Bevölkerung, vor allem aber zum Schutz der Bevölkerung vor ionisierender Strahlung.

Dieses Dokument enthält:

- eine Anleitung für die Erfassung von Daten, die für die Beurteilung der Strahlenexposition von Menschen durch Radionuklide, die natürlich vorkommen oder durch menschliche Aktivitäten in den verschiedenen Umweltmedien (Atmosphäre, Wasser, Boden, Biota) freigesetzt werden, und durch Nahrungsmittel benötigt werden;
- eine Anleitung zur Beschreibung der Umwelt, die für prospektive und/oder retrospektive Beurteilungsverfahren der Dosis bei der Strahlenexposition der Bevölkerung benötigt wird;
- eine Anleitung für geeignete Maßnahmen bei Ereignissen, bei denen es überwiegend zu einer unkontrollierten Freisetzung von Gammastrahlern kommt (z. B. bei Störfällen in Kernreaktoren). Bei Ereignissen, bei denen vorwiegend Beta- oder Alphastrahler freigesetzt werden, sind zusätzliche Überlegungen zu den Freisetzungswegen, der Messgeräteausrüstung, der Laboranalyse, den operativen Interventionsschwellen, den Schutzmaßnahmen usw. entsprechend ihrer Freisetzung erforderlich. Diese zusätzlichen Überlegungen werden in dieser Norm nicht im Einzelnen behandelt;
- eine Anleitung für das Personal, das in kerntechnischen Anlagen für die radiologische Beurteilung zur Unterstützung des Genehmigungsantrags verantwortlich ist, sowie für die in nationalen Behörden für die Beurteilung der Dosen für die Bevölkerung Verantwortlichen zum Zweck der Erteilung von Genehmigungen für die Ableitung gasförmiger und flüssiger radioaktiver Freisetzungen;
- Informationen für die Bevölkerung über die Parameter, die bei der Durchführung der Beurteilung der Dosis bei beliebigen Expositionssituationen einer repräsentativen Person/Bevölkerung verwendet werden. Es ist wichtig, den Prozess der Beurteilung der Dosis transparent zu gestalten, so dass die gemachten Annahmen von den Interessengruppen nachvollzogen werden können, die sich beispielsweise an der Auswahl der Lebensgewohnheiten der zu berücksichtigenden repräsentativen Person beteiligen können.

Es werden grundlegende mathematische Modelle vorgestellt, die für die Beurteilung der Strahlenexposition von Menschen Verwendung finden, um die Parameter zu ermitteln, die überwacht werden müssen, um aus der Reihe der Messergebnisse die „besten Schätzwerte“ für diese Parameter auszuwählen. Häufig werden weitaus komplexere Modelle benutzt, für die die Kenntnis ergänzender Parameter erforderlich ist.

Referenz- und Grenzwerte sind nicht Bestandteil dieses Dokuments.

Seit dem Unfall im Kernkraftwerk Fukushima Daichi im März 2011 wird eine wirksame Notfallreaktion nach einem Störfall in einer kerntechnischen Anlage erneut hervorgehoben und wie folgt zusammengefasst. In der Anfangsphase eines Störfalles müssen die Entscheidungsträger sofort Überwachungsdaten erfassen und melden und geeignete Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung festlegen, z. B. Unterbringung in Schutzräumen, Evakuierung und die Verteilung von Jodprophylaxe. Die Teams müssen zuverlässige Informationen sammeln und angemessene Entscheidungen für die Festlegung von Schutzmaßnahmen treffen. Geeignete, im Voraus festgelegte Vorgehensweisen helfen bei der Reaktion auf eine radiologische Notfallsituation. Außerdem sollten die Entscheidungsträger dabei die Möglichkeit von gleichzeitigen Ereignissen wie Naturkatastrophen und Infektionskrankheiten in Betracht ziehen.

Für Notfallsituationen werden die operativen Interventionsschwellen aus den IAEA Safety Standards [IAEA GSG-2] entnommen oder von nationalen Behörden [FAO-WHO Codex Alimentarius (2015)] bezogen.

Dieses Dokument verweist auf verschiedene veröffentlichte ISO-Dokumente. Gegebenenfalls wird in diesem Dokument auch auf nationale Normen oder andere öffentlich verfügbare Dokumente verwiesen.

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, *Uncertainty of measurement - Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM: 1995)*

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

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

ISO 80000-10, *Quantities and units - Part 10: Atomic and nuclear physics*

ISO 11929, *Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the confidence interval) for measurements of ionizing radiation - Fundamentals and application*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 80000-10, ISO/IEC Guide 98-3, ISO/IEC Guide 99 und die folgenden Begriffe.

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

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

3.1

atmosphärischer Übertragungskoeffizient

en: **atmospheric transfer coefficient**

Koeffizient, der die Ausbreitung der Radioaktivität in der Atmosphäre an einem bestimmten Ort beschreibt. Bei einer kontinuierlichen Freisetzung ist er das Verhältnis zwischen der Aktivitätskonzentration in der Luft (C_a) an einem bestimmten Ort und der Aktivitätsrate der Freisetzung ($\dot{A}$). Bei einer Freisetzung in Form einer Verpuffung bestimmter Dauer T_f handelt es sich um das Verhältnis zwischen $\int_0^{T_f} C_a \cdot dt$ an einem bestimmten Ort und der gesamten freigesetzten Aktivität $\int_0^{T_f} \dot{A} \cdot dt$.

Anmerkung 1 zum Begriff: Der atmosphärische Übertragungskoeffizient an einem bestimmten Ort hängt von der Entfernung zwischen der Stelle der Freisetzung und dem betrachteten Ort, von der Freisetzungshöhe, von der Windgeschwindigkeit und von der atmosphärischen Stabilität ab, die entsprechend dem Temperaturunterschied zwischen 100 m Höhe und dem Boden durch eine normale oder eine schwache Diffusion gekennzeichnet ist. Eine Diffusion ist schwach, wenn diese Temperaturdifferenz positiv ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der atmosphärische Übertragungskoeffizient wird in der Regel mit einem fundierten Computerprogramm auf der Grundlage eines mathematischen Modells der atmosphärischen Dispersion berechnet.

3.2

Untergrund(dosis)

en: **background (dose)**

Dosen, Dosisleistungen oder Aktivitätskonzentrationen im Zusammenhang mit natürlichen Quellen oder anderen Quellen in der Umwelt, die sich nicht kontrollieren lassen

Anmerkung 1 zum Begriff: Dosen aus Quellen, die nicht einer Genehmigung des Standortes mit der radioaktiven Abgabe unterliegen, sind aus Sicht des abgebenden Standortes Untergrundquellen.

3.3

Nachweisalarmschwelle

en: **detection alarm level**

Echtzeit-Messwert, der einer zulässigen Fehlalarmrate entspricht

Anmerkung 1 zum Begriff: Mit steigender Nachweisalarmschwelle sinkt die Fehlalarmrate.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Nachweisalarmschwelle liegt in der Regel weit über der Erkennungsgrenze.

3.4

Äquivalentdosis-Grenzwert

en: **dose equivalent limit**

ABGELEHNT: höchste zulässige Äquivalentdosis

en: **maximum permissible dose equivalent**

oberer Grenzwert der Äquivalentdosis für den ganzen Körper oder einen Teil des Körpers oder der effektiven Dosis, der dazu bestimmt ist, nicht-stochastische Wirkungen ionisierender Strahlung zu verhindern und das Auftreten stochastischer Wirkungen auf ein zulässiges Maß zu begrenzen

Anmerkung 1 zum Begriff: Äquivalentdosis-Grenzwerte können für eine beruflich oder nichtberuflich bedingte Strahlenexposition festgelegt werden, und für verschiedene Gruppen innerhalb der Bevölkerung können unterschiedliche Werte festgesetzt werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Bei der Anwendung von Äquivalentdosis-Grenzwerten können Energiedosen, die durch medizinische Strahlenexpositionen oder durch Strahlenexposition durch natürliche Strahlung aufgenommen werden, vernachlässigt werden.

3.5

Notfallhandlungsschwelle

EAL

en: **emergency action level**

spezifisches, vorgegebenes, beobachtbares Kriterium zur Feststellung, Erkennung und Bestimmung der Notfallklasse

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Notfallhandlungsschwelle kann ein abgelesener Messwert, der Zustand eines Betriebsmittels oder ein beobachtbares Ereignis, wie ein Brand, sein.

Anmerkung 2 zum Begriff: In diesem Sinne handelt es sich streng genommen nicht um eine Handlungsschwelle, hat aber im Wesentlichen die gleiche Funktion.

[QUELLE: IAEA Safety Glossary 2016 Rev. Mod]

3.6

Notfall-Expositionssituation

en: **emergency exposure situation**

Expositionssituation infolge eines Störfalls, einer böswilligen Handlung oder eines anderen unerwarteten Ereignisses, die ein sofortiges Handeln erfordert, um negative Auswirkungen zu verhindern oder abzuschwächen

3.7

Überwachung

en: **monitoring**

Messung von Dosis, Dosisleistung oder Aktivität im Zusammenhang mit der Beurteilung oder Kontrolle der Strahlenexposition oder der Exposition durch radioaktive Stoffe und die Auswertung der Ergebnisse

[QUELLE: IAEA Safety Glossary – Ausgabe 2018]

3.8

bestehende Expositionssituation

en: **existing exposure situation**

Expositionssituation, die bereits besteht, wenn eine Entscheidung über die Notwendigkeit ihrer Kontrolle getroffen werden muss

Anmerkung 1 zum Begriff: Zu bestehenden Expositionssituationen gehören die Exposition durch natürliche Untergrundstrahlung, die sich kontrollieren lässt, die Exposition durch radioaktive Rückstände von früheren Tätigkeiten (3.8), die nie einer regulatorischen Kontrolle unterzogen waren, und die Exposition durch radioaktive Rückstände, die aus einem nuklearen oder radiologischen Notfall stammen, nachdem dieser für beendet erklärt wurde.

3.9

operative Interventionsschwelle

OIL

en: **operational intervention level**

festgelegte Schwelle einer messbaren Größe, die einem allgemeinen Kriterium entspricht

[QUELLE: IAEA Safety Glossary 2016 Rev. Mod]

Anmerkung 1 zum Begriff: Operative Interventionsschwellen sind berechnete Schwellenwerte, die mit Messgeräten gemessen oder durch Laboranalysen bestimmt werden und einer Interventions- oder Handlungsschwelle entsprechen. Diese werden typischerweise angegeben als Dosisleistungen oder Aktivität des freigesetzten radioaktiven Stoffes, der über die Zeit integrierten Aktivitätskonzentrationen in der Luft, der Boden- oder Oberflächenkonzentrationen oder der Aktivitätskonzentrationen von Radionukliden in der Umwelt, in Nahrungsmitteln oder in Wasserproben. Operative Interventionsschwellen werden sofort und unmittelbar (ohne weitere Beurteilung) verwendet, um die entsprechenden Schutzmaßnahmen auf der Basis einer Umweltmessung festzulegen.

[QUELLE: IAEA Safety Glossary 2016 Rev. Mod] OIL

3.10

Havarieplanungszone

PAZ

en: **precautionary action zone**

Gebiet um eine Anlage, für das Vorkehrungen getroffen wurden, um bei einem nuklearen oder radiologischen Notfall dringende Schutzmaßnahmen zu ergreifen, um das Risiko schwerwiegender deterministischer Auswirkungen außerhalb des Standortes zu verringern. Die Schutzmaßnahmen innerhalb dieses Gebietes müssen vor oder kurz nach einer Freisetzung radioaktiver Stoffe oder einer Strahlenexposition auf der Grundlage der in der Anlage herrschenden Bedingungen ergriffen werden.

[QUELLE: IAEA Safety Standard No. GS-G-2.1]

3.11

geplante Expositionssituationen

en: **planned exposure situations**

Expositionssituation, die sich aus dem geplanten Betrieb einer Quelle oder aus einer geplanten Handlung ergibt und zu einer Strahlenexposition durch eine Quelle führt

[QUELLE: IAEA Safety Glossary – Ausgabe 2018]

3.12

Tätigkeit

en: **practice**

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

[QUELLE: IAEA Safety Standard No. GS-G-2.1]

3.13

radioaktive Abgaben

en: **radioactive discharges**

radioaktive Stoffe, die während einer Tätigkeit (3.8) an einer Quelle (3.14) entstehen und als Gase, Aerosole, Flüssigkeiten oder Feststoffe mit dem Ziel der Verdünnung oder der Dispersion an die Umwelt abgegeben werden

[QUELLE: IAEA Safety Standard No. RS-G-1.8]

3.14

Risiko

Kombination der Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Schadens und des Schweregrads dieses Schadens

[QUELLE: ISO/IEC Guide 51:1999, 3.2]

3.15

Risikoanalyse

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

[QUELLE: ISO/IEC Guide 51:1999, 3.10]

3.16

Risikobeurteilung

Gesamtheit des Verfahrens, das Risikoanalyse und Risikobewertung umfasst

[ISO/IEC Guide 51:1999, Begriff 3.12]

[QUELLE: IEC Guide 116:2010, 3.15]

3.17

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

3.18

Quelle

en: **source**

Alles, was eine Strahlenexposition verursachen kann – 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. Zum Beispiel sind Stoffe, die Radon emittieren, Quellen in der Umwelt, eine Gamma-Bestrahlungseinheit zur Sterilisierung ist eine Quelle für die Durchführung der Konservierung von Nahrungsmitteln durch Bestrahlung, eine Röntgenbestrahlungsanlage kann eine Quelle für die Durchführung der Radiagnostik sein; ein Kernkraftwerk ist Teil des Verfahrens zur Erzeugung von Elektrizität durch Kernspaltung und kann als eine Quelle betrachtet werden (z. B. bezüglich der Abgabe an die Umwelt) oder als eine Ansammlung von Quellen (z. B. für Zwecke des beruflichen Strahlenschutzes). Eine komplexe Anlage oder eine an einem Ort oder einer Stelle mehrfach installierte Anlage darf für die Zwecke der Anwendung internationaler Sicherheitsnormen als eine einzige Quelle betrachtet werden.

[QUELLE: IAEA Safety Standard No. GS-G-2.1]

3.19

Quellterm

en: **source term**

Menge und Isotopenzusammensetzung des freigesetzten Stoffes oder die Freisetzungsrate, die bei der Modellierung der Freisetzung von Stoffen in die Umwelt verwendet wird

[QUELLE: IAEA-TECDOC-955 (1997)]

3.20

Planungszone für dringende Schutzmaßnahmen

UPZ

en: **urgent protective action planning zone**

Gebiet um eine Anlage, für das Vorkehrungen getroffen wurden, um bei einem nuklearen oder radiologischen Notfall dringende Schutzmaßnahmen zu ergreifen und außerhalb des Standortes Dosen in Übereinstimmung mit internationalen Sicherheitsnormen zu verhindern. Die Schutzmaßnahmen innerhalb dieses Gebietes müssen auf der Grundlage der Umweltüberwachung oder gegebenenfalls der in der Anlage herrschenden Bedingungen ergriffen werden.

[QUELLE: IAEA Safety Standard No. GS-G-2.1]

4 Symbole

$\dot{A}$	Insgesamt freigesetzte Aktivitätskonzentration ($\text{Bq}\cdot\text{s}^{-1}$)
$\dot{A}_i$	Aktivitätsrate des freigesetzten Radionuklids i ($\text{Bq}\cdot\text{s}^{-1}$)
$C_a(X)$	Aktivitätskonzentration in der Luft durch die radioaktive Wolke am Ort X ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$)
$C_{a,\beta\gamma}(X)$	Aktivitätskonzentration des Beta-Gamma-Strahlers in der Luft durch die radioaktive Wolke am Ort X ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$)
$C_{a,\alpha}(X)$	Aktivitätskonzentration des Alphastrahlers in der Luft durch die radioaktive Wolke am Ort X ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$)
$CTA_i(X)$	Atmosphärischer Übertragungskoeffizient des Radionuklids i am Ort X ($\text{s}\cdot\text{m}^{-3}$)
$DPUI_{NH_i}$	Effektive Folgedosis je Inhalationseinheit des Radionuklids i ($\text{Sv}\cdot\text{Bq}^{-1}$)
$DPUI_{NG_i}$	Effektive Folgedosis je Ingestionseinheit des Radionuklids i ($\text{Sv}\cdot\text{Bq}^{-1}$)
$\dot{E}_{p,exp}(X)$	Effektive Dosisleistung durch äußere Strahlenexposition durch die radioaktive Wolke am Ort X ($\text{Sv}\cdot\text{s}^{-1}$)
$\dot{E}_{d,exp}(X)$	Effektive Dosisleistung durch äußere Strahlenexposition durch Ablagerungen am Boden am Ort X ($\text{Sv}\cdot\text{s}^{-1}$)
$E_{p,inh}(X)$	Effektive Dosis durch Inhalation am Ort X (Sv)
$E_{d,inh}(X)$	Effektive Dosis durch Resuspension von Ablagerungen am Boden am Ort X (Sv)
$E_{ing}(X)$	Effektive Dosis durch Ingestion am Ort X (Sv)
$E_d(X)$	Effektive Dosis durch Ablagerungen am Boden am Ort X (Sv)
$E_p(X)$	Effektive Dosis durch die radioaktive Wolke am Ort X (Sv)
$E_{p,ext}(X)$	Effektive Dosis durch äußere Strahlenexposition durch die radioaktive Wolke am Ort X (Sv)
$E_{d,ext}(X)$	Effektive Dosis durch äußere Strahlenexposition durch Ablagerungen am Boden am Ort X (Sv)
$FCDd_i$	Konversionsfaktor der Umgebungs-Äquivalentdosisleistung durch Ablagerung des Radionuklids i ($\text{Sv}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{m}^2$)
$FCDp_i$	Konversionsfaktor der Umgebungs-Äquivalentdosisleistung durch die Wolke des Radionuklids i ($\text{Sv}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{m}^3$)
GAL	Allgemeine Handlungsschwelle für Nahrungsmittel ($\text{Bq}\cdot\text{Kg}^{-1}$)
$H^*(10)$	Umgebungs-Äquivalentdosisleistung in 10 mm Tiefe (Sv)
$\dot{H}^*(10)$	Umgebungs-Äquivalentdosisleistung in 10 mm Tiefe ($\text{Sv}\cdot\text{s}^{-1}$)
$IC\beta\gamma_i$	Detektor-Konversionsfaktor des Beta-Gamma-Strahlers des Radionuklids i (Zählimpulse $\text{s}^{-1}/\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$)
$IC\alpha_i$	Detektor-Konversionsfaktor des Alphastrahlers des Radionuklids i (Zählimpulse $\text{s}^{-1}/\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$)
$H_{thy}(X)$	Folge-Äquivalentdosis für die Schilddrüse am Ort X (Sv)

$OIL [X, E \frac{Y(Y)}{H(Y)},$ Art der Messung	Operative Interventionsschwelle am Ort X entsprechend der Begrenzung der effektiven Dosis oder der Äquivalentdosis am Ort Y für eine bestimmte Art der Messung (Einheit nach Art der Messung)
$r_{net}(X)$	Netto-Zählrate, die sich aus einer Messung in Kontakt mit dem Boden durch einen tragbaren Oberflächenkontaminationsdetektor am Ort X ergibt (s^{-1})
$r_{\beta\gamma/net}(X)$	Netto-Zählrate, die sich aus einer Messung in Kontakt mit dem Boden durch einen tragbaren Oberflächenkontaminationsdetektor für Beta-Gamma-Strahler am Ort X ergibt (s^{-1})
$r_{\alpha/net}(X)$	Netto-Zählrate, die sich aus einer Messung in Kontakt mit dem Boden durch einen tragbaren Oberflächenkontaminationsdetektor für Alphastrahler am Ort X ergibt (s^{-1})
R_{ing}	Faktor der Ingestionsübertragungsrate vom kontaminierten Boden aus ($m^2 s^{-1}$)
R_s	Resuspensionsfaktor vom kontaminierten Boden in die Luft (m^{-1})
T_E	Dauer der Strahlenexposition (s)
T_R	Dauer der Aktivitätsfreisetzung, die auch die Dauer der Strahlenexposition durch die radioaktive Wolke ist (s)
Vd_i	Ablagerungsgeschwindigkeit des Radionuklids i am Boden ($m s^{-1}$)

5 Kurzbeschreibung

Der Zweck der Überwachung in einer Notfall-Expositionssituation ist es, die Strahlungsdosis in der Umgebung des Ortes des nuklearen Notfalls zu ermitteln und Informationen bereitzustellen, um über die Durchführung von Schutzmaßnahmen wie Evakuierung und Unterbringung in Schutzräumen sowie eine Iodprophylaxe zu entscheiden.

Daher ist es im Notfall auch möglich, Messungen mit einem geplanten und bestehenden Überwachungssystem sowie auch mit zeitweiligen Überwachungssystemen vorzunehmen und luftgestützte Messungen, die Messungen über ein großes Gebiet ermöglichen. [Anhang A](#) zeigt Überwachungssysteme, die in einer radiologischen Notfallsituation eingesetzt werden.

Bei einem nuklearen oder radiologischen Notfall sind die praktischen Ziele der Notfallmaßnahmen [\[84\]](#):

- Wiedererlangung der Kontrolle über die Situation;
- Verhindern oder Mildern der Auswirkungen vor Ort;
- Leisten oder Einleiten der Ersten Hilfe und Lenkung der Behandlung von Strahlenschäden;
- Verhindern des Auftretens deterministischer Gesundheitsauswirkungen bei Arbeitskräften und der Bevölkerung;
- Verhindern des Auftretens stochastischer Gesundheitsauswirkungen in der Bevölkerung, soweit möglich;
- Verhindern des Auftretens nicht-radiologischer Auswirkungen auf Einzelpersonen und in der Bevölkerung, soweit möglich;
- Schützen des Eigentums und der Umwelt, soweit möglich;
- Vorbereiten der Wiederaufnahme normaler sozialer und wirtschaftlicher Aktivitäten, soweit möglich.

Bis vor kurzem stützten sich die internationalen Leitlinien zur Vorbereitung von Notfallmaßnahmen auf einen technischen/analytischen Ansatz. Zusammenfassend gilt, dass dieser Ansatz das Notfallszenario modelliert, die Möglichkeiten zur Verringerung der Dosis analysiert und Interventionsgrundsätze angewendet hat, um die beste Lösung für die Umsetzung auszuwählen. In den letzten Jahren wurden die Leitlinien um einen Managementansatz erweitert (siehe [Bild 1](#)), der mehr als nur die unmittelbare Reaktion auf das Ereignis betrachtet. Dieser erweiterte Ansatz richtet sich nicht nur auf die Interventionsgrundsätze, sondern auch auf die Festlegung von Zielen für das Ergebnis der Notfallmaßnahmen. Dieser erweiterte Ansatz ist entscheidend für nukleare Notfälle, bei denen Auswirkungen auf die radiologischen Hintergrundbedingungen nach dem Ereignis erwartet werden. Ziele dürfen auf Erfahrungen aus früheren Notfällen gestützt werden. Mit anderen Worten besteht das Konzept darin, einen Zielwert festzulegen, um die Dosis für die Bevölkerung unter einem bestimmten Wert zu halten und einen Plan aufzustellen. Diese Verlagerung des Ansatzes hat sich in letzter Zeit in der Vereinbarung von Normen der internationalen Gemeinschaft widerspiegelt [\[82\]](#).

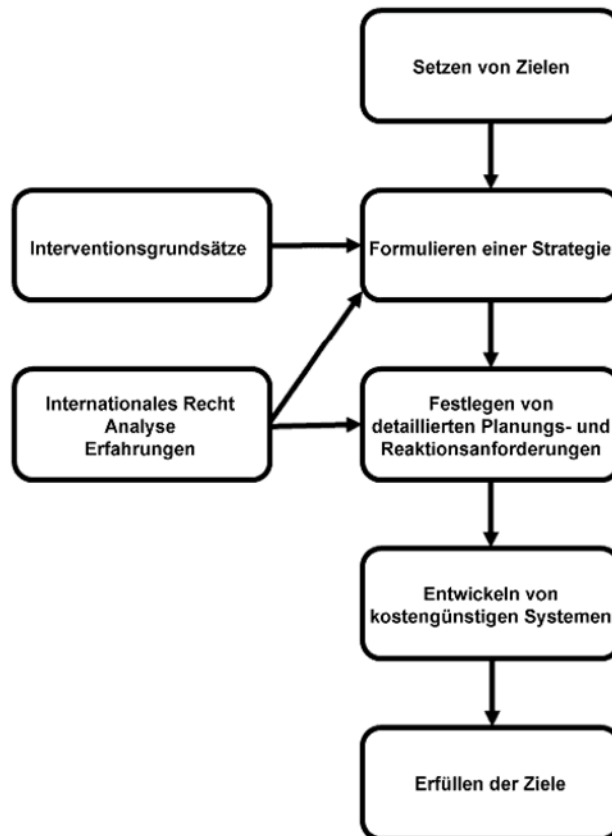


Bild 1 – Managementansatz für Notfallsituationen, modifiziert aus [83]

Das System der allgemeinen und wahlfreien Kriterien ist in [Tabelle 1](#) beschrieben [IAEA gsg-2]. Anlagen mit strengen Anforderungen an die Bereitschafts- und Reaktionsmaßnahmen auf Bedrohungen werden in die Kategorien I, II und III eingestuft.

Die Bedrohungskategorie IV gilt für Aktivitäten mit einem niedrigen Bedrohungsgrad, der für alle Staaten und Gebiete vorausgesetzt wird. Die Bedrohungskategorie V gilt für Gebiete außerhalb des Standortes, in denen Bereitschafts- und Reaktionsmaßnahmen gerechtfertigt sind, um eine Kontamination infolge einer Freisetzung von radioaktiven Stoffen aus einer Anlage der Bedrohungskategorie I oder II zu behandeln.

Tabelle 1 – Fünf Kategorien nuklearer und strahlungsbezogener Bedrohungen in Bezug auf die Anforderungen [84]

Bedrohungskategorie	Zusammenfassung	Beschreibung
I	Die Auswirkungen außerhalb des Standortes können schwerwiegend sein.	Anlagen, wie Kernkraftwerke, für die Ereignisse am Standort (einschließlich sehr unwahrscheinlicher Ereignisse) angenommen werden, die zu schwerwiegenden deterministischen Gesundheitsauswirkungen außerhalb des Standortes führen könnten, oder für die solche Ereignisse in ähnlichen Anlagen aufgetreten sind.
II	Auswirkungen außerhalb des Standortes sind erheblich, aber nicht so schwerwiegend wie bei Kategorie I.	Anlagen, wie einige Arten von Forschungsreaktoren, für die Ereignisse am Standort angenommen werden, die zu Dosen für Personen außerhalb des Standortes führen könnten, die dringende Schutzmaßnahmen in Übereinstimmung mit internationalen Normen rechtfertigen, oder für die solche Ereignisse in ähnlichen Anlagen aufgetreten sind. Die Bedrohungskategorie II (im Gegensatz zu Bedrohungskategorie I) schließt keine Anlagen ein, für die Ereignisse am Standort (einschließlich sehr unwahrscheinlicher Ereignisse) angenommen werden, die zu schweren deterministischen Gesundheitsauswirkungen außerhalb des Standortes führen könnten, oder für die solche Ereignisse in ähnlichen Anlagen aufgetreten sind.
III	Ereignisse am Standort, die dringende Maßnahmen erfordern.	Anlagen, wie industrielle Bestrahlungsanlagen, für die Ereignisse am Standort angenommen werden, die zu Dosen oder zu einer Kontamination führen könnten, die dringende Schutzmaßnahmen am Standort erfordern, oder für die solche Ereignisse in ähnlichen Anlagen aufgetreten sind. Die Bedrohungskategorie III (im Gegensatz zu Bedrohungskategorie II) schließt keine Anlagen ein, für die Ereignisse angenommen werden, die dringende Schutzmaßnahmen außerhalb des Standortes rechtfertigen könnten, oder für die solche Ereignisse in ähnlichen Anlagen aufgetreten sind.
IV	Ereignis überall möglich, nicht notwendigerweise in einer radiologischen Anlage. Niedrigster Bedrohungsgrad (nicht notwendigerweise Mindestmaß an Auswirkungen).	Aktivitäten, die zu einem nuklearen oder radiologischen Notfall führen könnten, die dringende Schutzmaßnahmen an einem unvorhersehbaren Ort erfordern könnten. Dazu gehören nicht genehmigte Aktivitäten wie Aktivitäten im Zusammenhang mit illegal beschafften gefährlichen Strahlenquellen. Außerdem sind Transporte und genehmigte Aktivitäten mit gefährlichen mobilen Quellen, wie Strahlenquellen für die industrielle Radiographie, nuklear betriebene Satelliten oder radiothermische Generatoren, eingeschlossen. Die Bedrohungskategorie IV stellt den niedrigsten Bedrohungsgrad dar, der für alle Staaten und Gerichtsbarkeiten angenommen wird.
V	Aktivitäten außerhalb des Standortes, möglicherweise außerhalb der Gerichtsbarkeit, die Schutzmaßnahmen nach sich ziehen können.	Aktivitäten, die normalerweise nicht mit Quellen ionisierender Strahlung verbunden sind, die aber Produkte hervorbringen, die mit erheblicher Wahrscheinlichkeit infolge von Ereignissen in Anlagen der Bedrohungskategorie I oder II, einschließlich solcher Anlagen in anderen Staaten, in einem Maße kontaminiert werden, das sofortige Produktbeschränkungen in Übereinstimmung mit internationalen Normen erfordert.

Vor allem wird darauf hingewiesen, dass für die wirksame Durchführung von Notfallschutzmaßnahmen außerhalb des Standortes für Anlagen der Bedrohungskategorien I und II im Voraus Pläne für die folgenden Punkte gefordert werden.

Diese Pläne legen Folgendes fest:

Havarieplanungszone (PAZ): vorbeugender Notfallschutz, um die Dosen unter der erwarteten Interventionsdosis zu halten und schwerwiegende deterministische Auswirkungen zu verhindern.

Planungszone für dringende Schutzmaßnahmen (UPZ)

Die operativen Interventionsschwellen (OIL) und Notfallhandlungsschwellen (EAL) sind Kriterien (z. B. spezifische Beobachtungswerte oder andere Indikatoren), die zur Entscheidungsfindung herangezogen werden. Die Erfüllung der Kriterien löst die Notwendigkeit aus, geeignete Schutzmaßnahmen zu ergreifen und andere

Reaktionen umzusetzen. **Anhang C** enthält ein Beispiel für operative Interventionsschwellen, die zur Beurteilung der Ergebnisse der Vor-Ort-Überwachung und des Screenings von Kontaminationen von Nahrungsmitteln aus Laboranalysen verwendet werden. Im Notfall ist es notwendig, dass die Regierung die Strahlungsüberwachung lenkt und sicherstellt, dass eine großflächige Überwachung durchgeführt werden kann.

Wenn ein Ereignis so schwerwiegend ist, dass die Auswirkungen ziemlich weitreichend sind oder eine längere Sanierungszeit erfordern, dürfen zwei Arten von Zonen eingerichtet werden. Eine Havarieplanungszone (PAZ) darf für den vorbeugenden Notfallschutz eingerichtet werden, um die Dosen unter der erwarteten Interventionsdosis zu halten und schwerwiegende deterministische Auswirkungen zu verhindern. Außerdem würde eine Planungszone für dringende Schutzmaßnahmen (UPZ) für dringend durchzuführende Schutzmaßnahmen eingerichtet werden, um außerhalb des Standortes Dosen in Übereinstimmung mit internationalen Normen zu verhindern. Die Schutzmaßnahmen innerhalb der UPZ müssen auf der Grundlage der Umweltüberwachung oder gegebenenfalls der in der Anlage herrschenden Bedingungen ergriffen werden.

In Notfallsituationen ist die Betreiberorganisation (Meldepflichtiger oder Konzessionsinhaber) für die Quellenüberwachung und die Umweltüberwachung im Nahbereich zuständig und die Aufsichtsbehörde ist für die großräumige Überwachung und auch die Umweltüberwachung im Nahbereich verantwortlich.

6 Durchführungssystem für die Überwachung und Aktionspläne

Aktionspläne werden umgesetzt, wenn ein nuklearer oder radiologischer Notfall eintritt. Die Überwachung ist eine entscheidende Komponente bei der Reaktion auf ein Ereignis, um die tatsächlichen Bedingungen in Bezug auf die Pläne zu erfassen, die einen Hinweis auf die zu erwartenden Bedingungen geben können. Die Art der Überwachung und der durchzuführenden Maßnahmen richtet sich nach der Phase des Ereignisses (d. h. in der Anfangsphase, vor der Freisetzung, während der Freisetzung und nach der Freisetzung). Während der Überwachung müssen bei der Vorgehensweise die Gesundheit und die Sicherheit des Personals, das die Überwachung durchführt, berücksichtigt werden.

6.1 Planungs- und Durchführungssystem

Die Regierung bereitet im Voraus einen Notfallüberwachungsplan vor. Außerdem werden Informationen gesammelt, damit das Durchführungssystem der Notfallüberwachung unter Bezugnahme auf den Notfallüberwachungsplan formuliert werden kann. Der Betreiber sollte sofort Maßnahmen ergreifen, um den Quellterm zu ermitteln, und Messungen in der Umgebung der Anlage durchführen.

Im Notfallüberwachungsplan werden in Abhängigkeit von der Unfallsituation Punkte wie ein spezifisches Durchführungssystem und die damit befassten Personen beschrieben.

Die zuständigen Behörden erstellen einen Notfall-Maßnahmenplan für die Bevölkerung, der auch einen Notfallüberwachungsplan umfasst, um sich auf nukleare Notfälle vorzubereiten. Diese Pläne werden mit dem Personal der kerntechnischen Anlage und den örtlichen Ersthelfern (z. B. Polizei, Feuerwehr und Sanitäter) abgestimmt. Die Pläne sollten darauf abzielen, Informationen zusammenzustellen und zu verteilen sowie Überwachungs- und Ereignisdaten in einer Form zu sammeln, zu verarbeiten und zu interpretieren, die mit einer wirksamen Reaktion auf das Ereignis vereinbar ist. Geeignete Personalausstattung, Fachkenntnisse und Schulungen sollten Teil der Planung sein. Der Notfallüberwachungsplan umfasst das spezifische Durchführungssystem und das zuständige Personal in Abhängigkeit von der Art des Unfalls.

Messgeräte, Versorgungen, Ausrüstungen, Kommunikationssysteme, Infrastruktur und Handbücher müssen für die Durchführung der festgelegten Funktion oder Aufgabe, die als Reaktion auf einen nuklearen oder radiologischen Notfall erforderlich ist, bereitgestellt werden. Es müssen Vereinbarungen mit den Laboratorien getroffen werden, die die Umweltproben und biologischen Proben während der Notfallmaßnahmen analysieren. Bei der Notfallplanung sollte berücksichtigt werden, ob diese Infrastruktur unter den angenommenen Notfallbedingungen einsatzbereit bleiben würde.

Es ist entscheidend, die entsprechenden Versorgungen für Notfallmaßnahmen in angemessener Weise bereitzuhalten. Dazu gehören Strahlungsmessgeräte mit Verteilung, Menge und Ort, Festlegung eines Transportverfahrens und die Fähigkeit, diese in einer Notfallsituation sofort bereitzustellen. Eine angemessene persön-

liche Schutzausrüstung für die Teams vor Ort sollte ebenfalls berücksichtigt werden. Folgende Ausrüstung wird für Messungen in einer Notfallsituation benötigt: Messgeräte für die Strahlungsdosis in der Umgebung

- Überwachungsstation
- zeitweilige Überwachungsstation
- Radiometer (z. B. NaI-Szintillationsradiometer und/oder IC)
- elektrisches Dosimeter

Messgeräte für eine integrierende Dosismessung

- Halbleiter-Dosimeter (TLD, RPLD, OSL)
- elektrische integrierende Dosimeter

Messgeräte für die Erfassung von Radionukliden in der Luft

- Luftsammler mit Aktivkohlepatrone oder Filterpapier zur Bestimmung von I-131
- Partikelsammler

Messgeräte für die Messung von Radionukliden in der Luft

- Luftsammler mit Aktivkohlepatrone oder Filterpapier zur Bestimmung von I-131
- Staubsammler
- Ge-Spektrometer
- NaI-Szintillationsspektrometer

Messgeräte für die Messung der Radionuklidaktivität in den Umweltproben

- Ge-Spektrometer
- NaI-Szintillationsspektrometer
- Vor-Ort-Ge-Spektrometer
- Si-Halbleiterspektrometer
- Zähler der geringen Untergrundstrahlung
- Betaspektrometer
- LSC
- ICP-MS

Messgeräte zur Messung der Oberflächenkontamination

- Geiger-Müller-Zähler
- ZnS-Szintillationszähler
- Plastikszintillationszähler

Messgeräte für die Messung der Radionuklidaktivität in den Umweltproben Einige Messgeräte dürfen vor Ort eingesetzt werden, wenn die Untergrundstrahlung angemessen verringert oder gemessen werden kann.

6.2 Überwachung vor und in der Freisetzungsphase

Vor einer anzunehmenden radiologischen Freisetzung sollten vorrangig Informationen über die wahrscheinliche Zusammensetzung der Freisetzung und die entscheidenden meteorologischen Daten (einschließlich Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Niederschlagsdaten) eingeholt werden, die angeben, wo die Kontamination auftreten könnte. Für die voraussichtliche Zusammensetzung der Freisetzung sollten geeignete Überwachungseinrichtungen bereitgestellt werden.

In der Phase vor der Freisetzung sollten die Umweltüberwachungsteams zusammengestellt und in den bewohnten Gebieten eingesetzt werden. Der voraussichtliche Umfang der Freisetzung ist ausschlaggebend für den Abstand, in dem die Teams in den Wohngebieten eingesetzt werden. Wenn die prognostizierte Frei-

setzung umfangreich ist, sind mehrere Maßnahmen angebracht. Bestehende Pläne zur Anforderung von Unterstützung durch andere Organisationen sollten umgesetzt werden.

Wenn ein mit Messgeräten ausgerüstetes Luftfahrzeug zur Verfügung steht, sollten Vorkehrungen getroffen werden, um die luftgestützte Plattform zu starten, damit die äußere Gammadosisleistung in der radioaktiven Wolke rechtzeitig überwacht und gegebenenfalls eine Probe des freigesetzten Stoffes genommen werden kann. Das Luftfahrzeug sollte mit der entsprechenden Probenahmeausrüstung und den entsprechenden Versorgungsmitteln ausgestattet sein. Beispielsweise sollten Aktivkohlefilter den Glasfaserfilter verstärken, um die Sammlung von Radioiod sicherzustellen, und spezielle Geräte können zur Probenahme von Tritium- und Edelgasproben verwendet werden.

Sobald eine Freisetzung stattgefunden hat, sind die sinnvollsten Messungen in der Regel die der äußeren Gammadosisleistungen in der radioaktiven Wolke und der Ablagerung von Radionukliden am Boden. Messungen dieser Art können am einfachsten und schnellsten von luftgestützten Plattformen aus durchgeführt werden, sofern diese verfügbar sind. Andernfalls können Messungen der äußeren Gammadosisleistungen in der Luft von entsprechend mit Messgeräten ausgerüsteten Vor-Ort-Teams am Boden durchgeführt werden. Ein frühes Ziel sollte die Bestimmung der allgemeinen Grenze der radioaktiven Wolke sein und wo die operativen Interventionsschwellen überschritten werden könnten und folglich Schutzmaßnahmen ergriffen werden sollten.

Operative Interventionsschwellen sollten im Voraus festgelegt werden, was eine sofortige Interpretation der Messungen der Dosisleistungen im Hinblick auf die erforderliche Intervention ermöglichen würde. Schulungen und Übungen zu den Notfallplänen werden deren ordnungsgemäße Durchführung vorantreiben und Probleme aufzeigen, die während eines tatsächlichen Ereignisses auftreten könnten. Bei einigen Unfallarten kann das Vorhandensein kurzlebiger Radionuklide hinsichtlich der Anfangsdosen für die Bevölkerung möglicherweise sehr wichtig sein. Bei der Erwägung von Interventionen sollten diese Anfangsdosen aufgrund kurzlebiger Radionuklide berücksichtigt werden.

Je nach Art der Freisetzung kann es empfehlenswert sein, nach einer Freisetzung bodengestützte Luftsammler einzurichten, um das Vorhandensein von radioaktivem Niederschlag und resuspendierten Radionukliden zu überwachen. Die Resuspension von Radionukliden ist normalerweise kein wichtiger Expositionspfad, sofern keine Alphastrahler freigesetzt wurden.

Um festzustellen, ob eine vorher festgelegte operative Interventionsschwelle überschritten wurde, sind über entsprechenden Gebieten Schnellmessungen der äußeren Gammadosisleistungen in der Luft durchzuführen. Diese Messungen sollten häufig, mindestens stündlich, an Orten möglicher Interventionen wiederholt werden, wobei meteorologische Daten und Rückmeldungen aus den früheren Erhebungen angemessen berücksichtigt werden sollten. Bei großen Anlagen, bei denen möglicherweise mit schweren Unfällen gerechnet werden muss, können mögliche Orte erheblicher Radionuklidablagerungen im Voraus festgelegt und Vorkehrungen für die Durchführung solcher Messungen von einem Luftfahrzeug aus getroffen werden.

Während einer Freisetzung werden aus der radioaktiven Wolke Luftproben zur Messung der Konzentration und der Zusammensetzung von Radionukliden (z. B. Kr-85 und/oder I-131) entnommen, die die für die Beurteilung der Inhalationsgefährdungen erforderlichen Daten liefern. Unabhängig davon, ob solche Messungen durchgeführt werden können oder nicht, sollte auch eine einfache Messung der äußeren Dosisleistung in der Luft erfolgen.

Die radioaktive Wolke kann möglicherweise radioaktive Edelgase (z. B. Kr-85 und/oder Xe-133) enthalten, die Gammastrahlung emittieren und Personen in der Nähe der durchziehenden Wolke belasten können.

6.3 Überwachung in der Anfangsphase

In der Anfangsphase eines schweren Unfalls mit Luftkontamination (einige Stunden und Tage nach der Freisetzung, nachdem die Ablagerung zum Stillstand gekommen ist) sind die Prioritäten für Umweltmessungen und Probenahmen folgende: [IAEA Safety Standards Safety Guide No. RS-G-1.8]

Unmittelbar nachdem die Freisetzung und Ablagerung zum Stillstand gekommen sind, werden Messungen der äußeren Dosisleistung in der Luft aufgrund der Ablagerung am Boden vorgenommen, um alle Orte außerhalb des Standortes zu ermitteln, an denen die operativen Interventionsschwellen überschritten werden. Dies bietet eine Grundlage für weitere Evakuierungen, kurz- oder langfristige Umsiedlungsempfehlungen oder Einschränkungen für den Verzehr von Nahrungsmitteln. Zur besseren Beschreibung der Freisetzung sollte außerdem

eine In-Situ-Gammaspektrometrie im Ablagerungsgebiet durchgeführt werden. Die gleichzeitige Messung der äußeren Gammadosisleistung in der Luft und am Boden würde die Möglichkeit bieten, die spezifischen Ablagerungsdichten von Radionukliden für andere Orte zu schätzen, für die nur einfache Messungen der äußeren Gammadosisleistung in der Luft vorliegen.

Es werden Orte angegeben, an denen kontinuierliche Messungen der äußeren Gammadosisleistung in der Luft durchgeführt werden können. Diese Messungen sind bei der Vorhersage von Dosen in Abhängigkeit von der Zeit und gegebenenfalls bei der Neufestlegung von operativen Interventionsschwellen hilfreich.

Nach dem Ende der Freisetzung oder nach dem Durchzug der radioaktiven Wolke erfolgt eine Probenahme an der Oberfläche des Bodens zur Bestimmung der spezifischen Radionuklidkonzentrationen der Bodenablagerung. Diese Messungen ergänzen die Gammaspektrometriemessungen vor Ort. Besteht die Möglichkeit, dass Beta- oder Alphastrahler freigesetzt wurden (d. h. Radionuklide, die mit der In-Situ-Gammaspektrometrie nicht nachweisbar sind), werden diese Proben mit den entsprechenden Messgeräten verarbeitet.

Nach dem Ende der Freisetzung oder nach dem Durchzug der radioaktiven Wolke werden Bodenproben zur Messung der Radionuklidkonzentrationen entnommen, um Werte für die Ablagerung am Boden zu erhalten, die die durch In-Situ-Gammaspektrometrie ermittelten Ablagerungswerte ergänzen. Besteht die Möglichkeit, dass Radionuklide freigesetzt wurden, die mit der In-Situ-Gammaspektrometrie nicht nachgewiesen werden können, sollten diese Proben für den Nachweis reiner Betastrahler (z. B. Sr-90) und Alphastrahler (z. B. U- und/oder Pu-Isotope) verarbeitet werden.

Nach dem Ende der Freisetzung oder nach dem Durchzug der radioaktiven Wolke werden Nahrungsmittelproben (Pflanzen, tierisches Eiweiß, Milch) und Wasserproben entnommen. Die Messungen der Radionuklidkonzentrationen liefern die notwendigen Eingangsdaten, um die Notwendigkeit von Beschränkungen für den Verzehr von Nahrungsmitteln und deren mögliche Entsorgung zu beurteilen.

Es sollten Proben von Weideflächen, Milch und anderen Nahrungsmitteln sowie von Wasser entnommen und Messungen durchgeführt werden, um die Exposition der Bevölkerung zu beurteilen und Interventionsmaßnahmen wie Beschränkungen für den Verzehr von Nahrungsmitteln durchzusetzen. Milch kommt bei einem Reaktorunfall oder einem Kritikalitätsunfall wegen der damit verbundenen Freisetzung von Radioiod eine besondere Bedeutung zu. Empfohlene Interventionsschwellen für Radionuklide in Nahrungsmitteln sind im Dokument [IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No. GSR-Part 3] enthalten. Besteht der Verdacht, dass es zu Freisetzungen von Tritium gekommen ist, sollten Messungen von Tritium in der Weidevegetation durchgeführt werden.

6.4 Überwachung nach der Freisetzungsphase

Sobald eine Freisetzung zum Stillstand gekommen ist und sich die Ablagerungswerte stabilisiert haben, können durch den Einsatz der In-Situ-Gammaspektrometrie schnell weitere Informationen gewonnen werden. Mit dieser Technik können die Ablagerungsdichten aller Gammastrahlung abgebenden Radionuklide ermittelt werden; diese Informationen können dann zur Hochrechnung der integrierten äußeren Dosen für die betroffene Bevölkerung verwendet werden. Bei Bedarf können diese genaueren Informationen verwendet werden, um überarbeitete operative Interventionsschwellen für die Situation nach besseren Kenntnissen abzuleiten. Eine erfolgreiche In-Situ-Gammaspektrometrie erfordert eine gezielte Vorbereitung und eine umfassende Kalibrierung der verwendeten Messgeräte. Die ermittelten Informationen sind wertvoll für die Festlegung weiterer Maßnahmen, die erforderlich sein könnten.

Die Ergebnisse der In-Situ-Gammaspektrometrie sollten so bald wie möglich durch die Entnahme repräsentativer Bodenproben aus genau festgelegten und gemessenen Gebieten ergänzt werden. Diese Ergebnisse können zur Bestätigung der Ergebnisse der In-Situ-Gammaspektrometrie herangezogen werden, vor allem aber sollten Analysen durchgeführt werden, um jede vermutete Ablagerung von Radionukliden (d. h. von reinen Alpha- oder Betastrahlern) festzustellen, die mit der In-Situ-Gammaspektrometrie nicht gemessen werden konnte. Wenn kurzlebige Radionuklide vorhanden sein könnten, werden zeitnahe Analysen von Bodenproben mehr Informationen liefern.

Nachdem die unmittelbare Situation bestimmt ist und alle erforderlichen Interventionen durchgeführt wurden, sollten Probenahmeprogramme aufgestellt werden, um festzustellen, ob längerfristige Interventionen wie vorübergehende Umsiedlungen und Beschränkungen für den Verzehr von Nahrungsmitteln durchgeführt werden sollten. Gemüse und andere lokal angebaute Produkte, die Trinkwasserversorgung und Milch von örtlichen Molkereien müssen durch Vergleich mit den operativen Interventionsschwellen überprüft werden. Umfang und

Art solcher Probenahmeprogramme hängen vom Ausmaß und der Größenordnung der Freisetzung sowie von der Demographie des Ortes in Bezug auf die lokalen landwirtschaftlichen Aktivitäten und die Bevölkerungsverteilung ab.

Die Bevölkerung sollte unverzüglich über die Ergebnisse der Umweltüberwachung oder anderer Aktivitäten informiert werden, die sie, ihre Häuser, ihre Gemeinschaft oder ihre Arbeitsplätze direkt betreffen, sowie über die Interpretation der Ergebnisse in Bezug auf Gesundheitsrisiken und Hinweisen zu etwaigen Schutzmaßnahmen auf der Grundlage der Überwachungsdaten und anderer einschlägiger Daten.

7 Leitfaden zu Messungen in Notfallsituationen

Die Durchführungssysteme der Notfallüberwachung lassen sich grob in die Messung der Umgebungsdosisleistung und die Messung der Aktivität in Umweltproben unterteilen. Jedes Thema wird im Folgenden beschrieben.

7.1 Umgebungsdosis

Dosisleistungen können in verschiedenen Zusammenhängen gemessen werden. Es gibt kontinuierliche Messsysteme (vorübergehend oder dauerhaft am Standort vorhanden), Vor-Ort-Erhebungen (Luft- oder Bodenablagerung), Durchfahrten mit einem Überwachungsfahrzeug und eine luftgestützte Überwachung (radioaktive Wolke und Bodenablagerung).

In der Regel wird die Umgebungsdosisleistung als operative Interventionsschwelle in Sv/h angewendet, während das Messergebnis in der Überwachungsstation gewöhnlich in Gy/h angegeben wird. Bei Gammamessungen sind diese Angaben in der Regel gleichwertig.

Die Umweltüberwachungen in der Umgebung von kerntechnischen Anlagen gehört zur Routine, um zu bestätigen, dass die öffentlichen Dosisgrenzwerte nicht überschritten werden, und um die erwarteten geringen Emissionswerte radioaktiver Stoffe zu überprüfen. Diese Systeme und Proben dürfen auch bei Maßnahmen nach einem nuklearen Notfall eingesetzt werden. Ein besonderer Vorteil besteht darin, dass die normalen radiologischen Bedingungen an diesen Stellen bekannt sind und die Systeme zur Unterhaltung einer lückenlosen Überwachungskette und von Analysen der Proben vorhanden sind.

In einer Notfallsituation ist es wahrscheinlich, dass die Routineüberwachung der Anlage durch ereignisspezifische Probenahmen ergänzt werden muss. Anstelle der Überwachung durch Teams vor Ort ist es möglich, die Umgebungsdosis kontinuierlich mit einer zeitweiligen (tragbaren) Überwachungsstation zu messen, die an einem aussagekräftigen Ort angeordnet wird.

Für jede zeitweilige Überwachungseinrichtung sollte eine zugehörige Vorgehensweise festgelegt werden, die ihre Überwachungsaufgaben normiert. Nach den Beispielen für operative Interventionsschwellen in [Anhang C](#) wird die Umgebungsdosisleistung z. B. in 1 m Höhe über dem Boden gemessen. Es muss beachtet werden, dass bei der Auswertung die Messhöhe zu berücksichtigen ist. Fotografien der neu eingerichteten Überwachungseinrichtungen können ebenfalls aufschlussreich sein, um die Einrichtung der Station und die örtlichen Bedingungen zu bestätigen.

7.2 Messung mit Radiometer und Überwachungsfahrzeug

Zusätzlich zu Überwachungsstationen und tragbaren Überwachungseinrichtungen sind auch Radiometer und Überwachungsfahrzeuge sinnvolle Verfahren.

Solange der Zugang möglich ist, können diese Verfahren zur Überprüfung der Strahlungsdosisleistung zwischen festen Messpunkten eingesetzt werden. Mit dem Überwachungsfahrzeug ist es möglich, die Strahlungsdosisleistung im Kontaminationsgebiet aufgrund von Ablagerungen ständig zu messen und sich einen Überblick über die Verteilung der Strahlungsdosisleistung in einem großen Gebiet zu verschaffen.

Entsprechend der Standard-OIL ([Anhang C](#)) wird die Umgebungsdosisleistung in 1 m Höhe über dem Boden gemessen, aber Überwachungsfahrzeuge haben unterschiedliche Höhen und Abschirmungen. Die Prüfer sollten diese Unterschiede bei der Interpretation der Messdaten berücksichtigen.

7.3 Luftgestützte Überwachung

Die luftgestützte Überwachung ist sinnvoll für eine umfassende und schnelle Überwachung von radioaktiven Stoffen, die sich auf dem Boden abgelagert haben. Bei schwerwiegenden Ereignissen können möglicherweise die Grenzen der radioaktiven Wolke bestimmt oder bestätigt werden. Der Zweck der luftgestützten Überwachung hängt von der Messgeräteausrüstung und den Probenahmesystemen ab, die installiert sind und unterhalten werden, sowie von den Fähigkeiten des qualifizierten Personals zur Datenerfassung. Die luftgestützte Überwachung ist auch dann sinnvoll, wenn das Überwachungspersonal aufgrund einer Katastrophe nicht tätig werden kann.

7.4 Strahlungsüberwachung von Oberflächenwasser

Bei einem radiologischen Notfall werden die betroffenen Oberflächengewässer im Allgemeinen von Personen geräumt. Die Dringlichkeit der Überwachung von Oberflächenwasser hängt von der Art des Ereignisses und dem Zweck der Überwachung ab. Eine solche Überwachung darf zur Abschätzung der Freisetzung, zur Bestimmung des Ausmaßes der Kontaminationswolke oder der möglichen Dosis erfolgen. Die Bestimmung der Auswirkungen auf die Biota erfolgt in der Regel, nachdem sich das Ereignis stabilisiert hat, da sich die unmittelbare Reaktion auf das Ereignis in erster Linie auf die Gesundheit und Sicherheit der Menschen und den Erhalt der Infrastrukturen/Anlagen richtet. Üblicherweise werden Wasser- und Sedimentproben entnommen und analysiert. Die Entnahme von Biota-Proben, wie Wassertiere und Vegetation, sollte zur Routine gehören. Wenn Oberflächenwasser betroffen ist, sollte an einem Standort ein langfristiges Probenahmeprogramm eingerichtet werden, bis das potentielle Risiko vermindert ist. Bei der Überwachung von Oberflächenwasser muss auch die Nutzung der betroffenen Gewässer als Trinkwasserquellen berücksichtigt werden.

7.5 Überwachung von Umweltmedien und Nahrungsmitteln

Durch die Überwachung werden das Ausmaß des Kontrollverlusts über den radioaktive Stoff und die Wege, über die Menschen der Strahlung ausgesetzt sein können, ermittelt. Zu Umweltmedien gehören luftgetragene Stoffe, Niederschlag, Erde, Nahrungsmittel und Getränke. Bodenproben umfassen Erdreich, Meeres-, Fluss- und Seesedimente, die im Allgemeinen von der Oberfläche bis in geringe Tiefen entnommen werden. Bei Nahrungsmittelproben sollte die Ernährungskultur in einer Region berücksichtigt werden. Bei Nahrungsmitteln und Getränken, die möglicherweise sofort kontaminiert und verzehrt werden, z. B. Oberflächenwasser oder Fisch, sollte umgehend eine Probenahme zur Untersuchung auf kurzlebige Radionuklide erfolgen, damit eine optimale Beurteilung der Dosis erfolgen kann. Ist ein Nahrungsmittel sofort kontaminiert, aber die Behörden sind sich sicher, dass der Verzehr unterbunden werden kann, z. B. Salat aus einem landwirtschaftlichen Betrieb, ist eine solche sofortige Probenahme nicht erforderlich. Da sich die Aktivitätskonzentration in der Probe mit der Zeit verändert, sollte die Probe schnellstens entnommen und analysiert werden. Vor allem, wenn davon ausgegangen wird, dass ein Nuklid mit kurzer Halbwertszeit in der Probe enthalten ist, ist eine sofortige Analyse erforderlich.

7.5.1 Messung von radioaktiven Stoffen in Umweltmedien

Die Messung der Konzentration radioaktiver Stoffe in der Atmosphäre, im Boden und in den umgebenden Wasserquellen dient der Sammlung von Informationen in Notfallsituationen aufgrund einer Nuklearkatastrophe und der Bereitstellung von Informationen zur Beurteilung der Strahlenauswirkungen auf die Bevölkerung und die Umwelt. Die Probenahmen dürfen von Teams vor Ort durchgeführt werden, welche Proben im Rahmen von Routineüberwachungsprogrammen oder von Fahrzeugen oder Luftfahrzeugen aus nehmen. Während grobe Probenahmen einige Informationen liefern können, stellen eine qualitätskontrollierte Probenahme, eine lückenlose Nachweiskette und eine Probenanalyse idealere Daten zur Verfügung.

7.5.2 Messung von radioaktiven Stoffen in Nahrungsmitteln und Getränken

Ein wirksames Verfahren zur Begrenzung der Dosis für die Bevölkerung ist die Sicherstellung, dass die Konzentrationen radioaktiver Stoffe in Nahrungsmitteln unter den vorher festgelegten Kriterien liegen. Ein in Japan eingeführtes Kriterium darf auf Ereignisse angewendet werden, bei denen Cäsium- und Iodemissionen aus einem Reaktorunfall betrachtet werden; die Konzentration radioaktiver Stoffe in Lebensmitteln in Gebieten, in denen die Strahlungsdosisleistung in der Umgebung 0,5 $\mu\text{Sv/h}$ übersteigt, wird gemessen [75]. Mit diesem Kriterium erübrigt sich die Notwendigkeit umfangreicher Probenahmen von Nahrungsmitteln und Getränken. Dieses Kriterium ist für Ereignisse mit einer Alphakontamination nicht geeignet.

8 Erläuterung von Standard-OILs

8.1 Strahlungsüberwachung für OIL 1

Um eine Strahlenexposition von der Bodenoberfläche aus (auf dem Boden abgelagerter radioaktiver Stoff), die Inhalation von resuspendiertem radioaktivem Stoff oder eine unbeabsichtigte Strahlenexposition durch eine Aufnahme zu verhindern, sollte die Umgebungsdosis über mehrere Stunden gemessen werden. Der Anfangswert beträgt 500 $\mu\text{Sv/h}$ als Strahlungsdosisleistung in der Umgebung, gemessen in 1 m Höhe über dem Boden [75]. Die Umgebungsdosisleistung wird gemessen, um die Umsetzung des Strahlenschutzes auf der Grundlage von OIL 1 zu beurteilen.

8.2 Strahlungsüberwachung für OIL 2

OIL 2 ist ein Messwert für die Bodenkontamination, der frühzeitige Schutzmaßnahmen verlangt, um die Dosis für ein Jahr für alle in dem Gebiet lebenden Personen unter den allgemeinen Kriterien für das Ergreifen von Maßnahmen zur angemessenen Verringerung des Risikos stochastischer Auswirkungen zu halten. Er dient dazu, eine Strahlenexposition von der Bodenoberfläche aus (auf dem Boden abgelagerter radioaktiver Stoff), die Inhalation von resuspendierten radioaktiven Stoffen oder eine Aufnahme durch Inhalation zu verhindern.

8.3 Strahlungsüberwachung für OIL 6

OIL 6 sind Messwerte für die Konzentration in Nahrungsmitteln, Milch oder Wasser, die es rechtfertigen, Beschränkungen für den Verzehr in Betracht zu ziehen, um die effektive Dosis für eine Person unter 10 mSv im Jahr zu halten. [IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No. GSG-2]

Tabelle 3 – Beispiele für Anfangswerte von OIL 6 [75]

Nuklide	Wasser, Milch, Milchprodukte	Gemüse, Getreideprodukte, Fleisch, Eier, Fisch und anderes
	[Bq/kg]	[Bq/kg]
I-131	300	2 000
Cs	200	500
Plutonium und andere Alphastrahler in der Transuran-Reihe	1	10
Uran-Isotope	20	100

9 Beurteilung der prognostizierten Dosis auf der Grundlage von Überwachungsergebnissen

Die prognostizierte Dosis und die empfangene Dosis sind keine messbaren Größen und können nicht als Grundlage für Sofortmaßnahmen in einem Notfall verwendet werden. Es ist notwendig, im Voraus operative Kriterien (Werte von messbaren Standardgrößen oder Beobachtungswerten) als Ersatz für die allgemeinen Kriterien für die Durchführung verschiedener Schutzmaßnahmen und anderer Reaktionsmaßnahmen aufzustellen. Diese im Voraus berechneten operativen Standardkriterien werden als operative Interventionsschwelle (OIL) bezeichnet und wie folgt festgelegt:

- Während einer Freisetzung: auf der Grundlage von Prognosen und Messungen in der radioaktiven Wolke;
- nach dem Durchzug einer radioaktiven Wolke: auf der Grundlage von Messungen der Ablagerungen.

Die operative Interventionsschwelle ist ein Kriterium für die Festlegung dringender Schutzmaßnahmen und von Schutzmaßnahmen in der Anfangsphase (hauptsächlich in der UPZ) auf der Grundlage der Ergebnisse der Umweltüberwachung in Notfallsituationen und zur Bestimmung der Durchführung von Maßnahmen, die für den Strahlenschutz der Bevölkerung erforderlich sind (gegebenenfalls mehrere Maßnahmen). Es handelt sich also nicht nur um einen Wert für spezifische Schutzmaßnahmen wie eine Evakuierung, mit Ausnahme von Beschränkungen für den Verzehr von Nahrungsmitteln (OIL 5 und OIL 6).

Die Beurteilung der strahleninduzierten Auswirkungen eines nuklearen oder radiologischen Notfalls erfolgt anhand der effektiven Dosis, der Äquivalentdosis und der RBE-gewichteten Energiedosis. Dosimetrische Größen und ihre Anwendung in Notfallsituationen sind in Bild 2 [86] dargestellt.

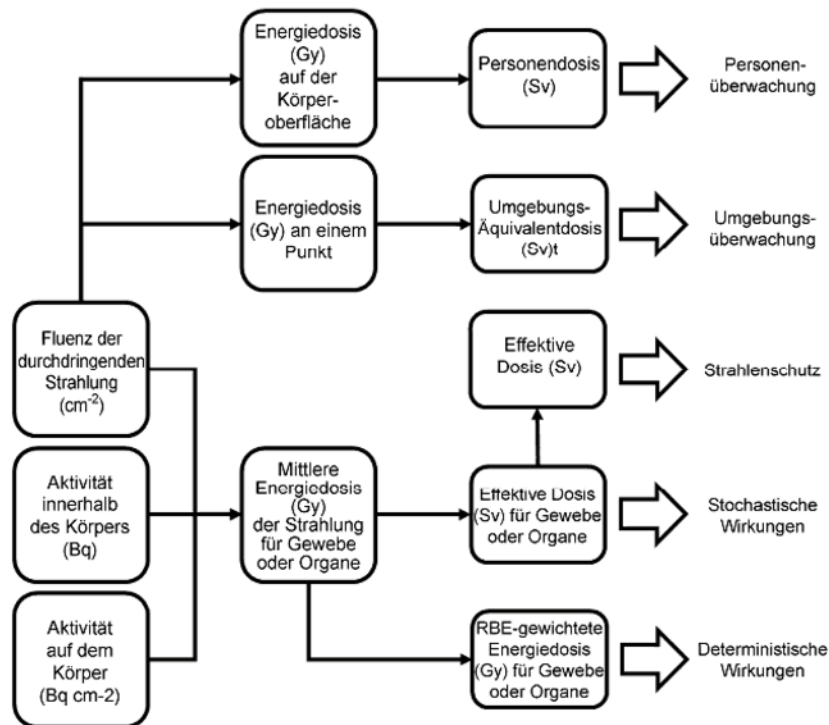


Bild 2 – Dosimetrische Größen und ihre Anwendung in Notfallsituationen, modifiziert aus IAEA GSG-2 [86]

9.1 Beurteilung der prognostizierten Dosis während einer Freisetzung

Das Ziel in dieser Phase ist, so schnell wie möglich die voraussichtlichen Kurzzeiddosen zu ermitteln, die die Bevölkerung in der Windrichtung aufnehmen kann, um geeignete Schutzmaßnahmen (Unterbringung in Schutzräumen, Evakuierung, Iodprophylaxe) ergreifen zu können.

Zu diesem Zweck werden an einem Ort M in Windrichtung entlang der Achse der Freisetzung ständige Messungen der Dosisleistung $\dot{D}_p$ und, wenn möglich, der Aktivitätskonzentration in der Luft C_a durchgeführt (siehe Bild 1).

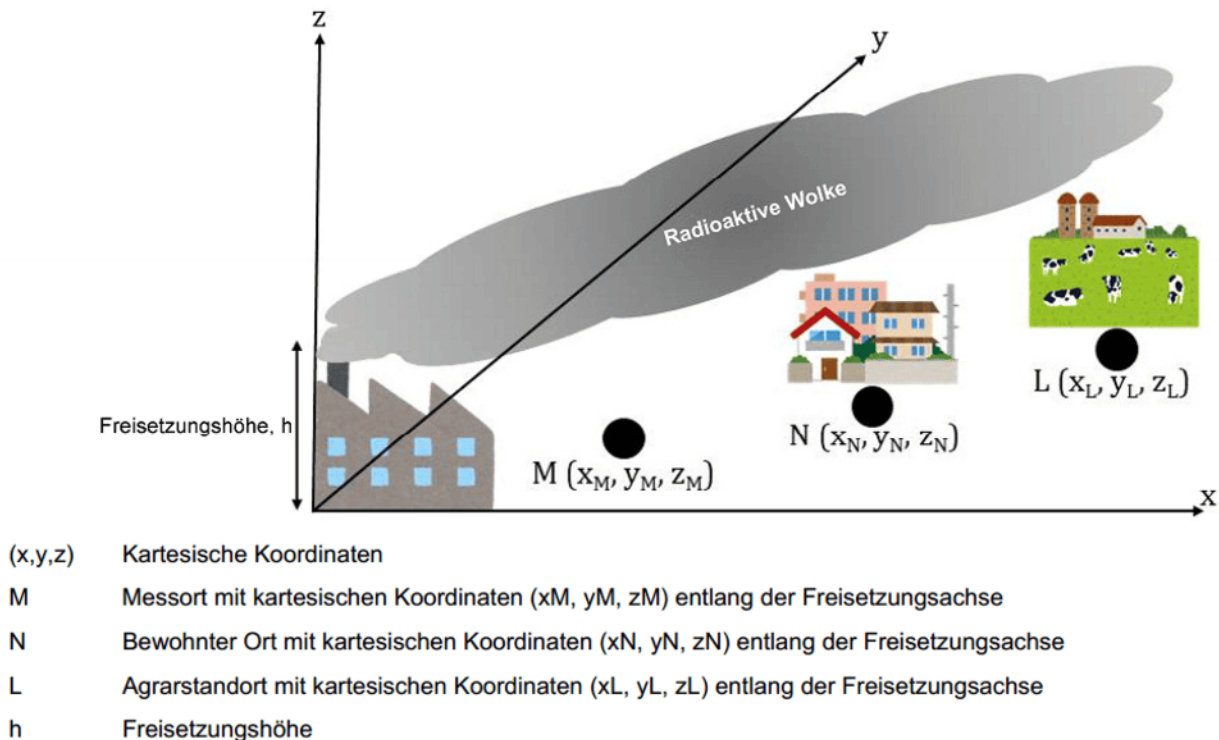


Bild 3 – Verhalten der radioaktiven Wolke in der Umwelt

Die effektive Dosis durch die radioaktive Wolke am bewohnten Ort N (siehe Bild 3) wird wie folgt ermittelt:

$$E_p(N) = E_{p,ext}(N) + E_{p,inh}(N) \quad (1)$$

ANMERKUNG 1 Während des Durchzugs der radioaktiven Wolke ist die effektive Dosis durch die Inhalation der Resuspension der am Boden abgelagerten Aktivität im Vergleich zur effektiven Dosis durch die Inhalation der radioaktiven Wolke vernachlässigbar.

ANMERKUNG 2 Während des Durchzugs der radioaktiven Wolke ist die effektive Dosis durch äußere Strahlenexposition durch die Ablagerungen am Boden im Vergleich zur effektiven Dosis durch die äußere Strahlenexposition durch die radioaktive Wolke vernachlässigbar.

ANMERKUNG 3 Die effektive Dosis durch äußere Strahlenexposition wird anhand der Messgröße der Umgebungs-Äquivalentdosis in 10 mm Tiefe ($H^*(10)$) bestimmt.

ANMERKUNG 4 Die effektive Dosis durch Inhalation wird anhand der Messung der Aktivitätskonzentration in der Luft bestimmt.

Wenn Iod im freigesetzten Quellterm enthalten ist, kann es außerdem notwendig sein, die Folge-Äquivalentdosis für die Schilddrüse aufgrund der Inhalation der radioaktiven Wolke am bewohnten Ort N zu ermitteln (siehe Bild 3).

Anhand der effektiven Dosis durch die radioaktive Wolke am Ort N $E_p(N)$ und gegebenenfalls der Folge-Äquivalentdosis für die Schilddrüse am Ort N $H_{thy}(N)$ können im Voraus die operativen Interventionsschwellen (OILs) aufgestellt werden, die es ermöglichen, die Umgebungs-dosisleistung und, falls möglich, die Messungen der Aktivitätskonzentration durch die radioaktive Wolke am Ort M unmittelbar als prospektive Beurteilung der Dosis zu interpretieren, um geeignete Schutzmaßnahmen für die am Ort N lebende Bevölkerung (Unterbringung in Schutzräumen, Evakuierung, Iodprophylaxe) vorherzusehen.

Für die prospektive Beurteilung der Dosis und die damit verbundenen operativen Interventionsschwellen müssen Annahmen getroffen werden über Folgendes:

- Quellterm;

- Dauer der äußeren Strahlenexposition;

Expositionsdauer, Atemfrequenz, Alter der betroffenen Bevölkerung, physikalisch-chemische Form der beteiligten Radionuklide (Aerosolteilchengröße, Geschwindigkeit der Lungenabsorption) bei Strahlenexposition durch Inhalation.

Ein Beispiel für die Bestimmung der operativen Interventionsschwellen am Messort M zur Beurteilung der prognostizierten Dosis an einem bewohnten Ort N während des Durchzugs einer radioaktiven Wolke ist in [Anhang D](#) enthalten.

Innerhalb von Stunden kann es unter Umständen erforderlich sein:

- am Messort M eine Probe der Bodenoberfläche und eine Luftprobe zu entnehmen, gefolgt von entsprechenden Messungen der Aktivität, um die Kohärenz der vorher bestimmten Radionuklidverteilung $\frac{\dot{A}_l}{\dot{A}}$ des Quellterms und damit die verwendeten operativen Interventionsschwellen zu überprüfen;
- am bewohnten Ort N eine Messung der Dosisleistung durchzuführen und eine Probe der Bodenoberfläche und eine Luftprobe zu entnehmen, gefolgt von entsprechenden Messungen der Aktivität, um die Kohärenz der Beurteilung der prognostizierten Dosis zu überprüfen.

Innerhalb weniger Tage sollte die Radionuklidmischung in dem betroffenen Gebiet bestimmt und gegebenenfalls sollten die für die Entscheidungsfindung verwendeten operativen Interventionsschwellen geändert werden.

9.2 Beurteilung der prognostizierten Dosis nach dem Durchzug der radioaktiven Wolke

Diese Situation wird in [Bild 3](#) veranschaulicht, allerdings ohne die radioaktive Wolke. Das Ziel dieser Phase ist, so schnell wie möglich die voraussichtlichen Kurzzeitdosen aufgrund von Ablagerungen zu ermitteln, die die Bevölkerung aufnehmen kann:

- die in einem kontaminierten Gebiet wohnt,
- die landwirtschaftliche Produkte aus einem kontaminierten Gebiet verzehrt,

um geeignete Schutzmaßnahmen zu ergreifen (Evakuierung, Einschränkung des Verzehrs lokaler Produkte).

Zu diesem Zweck werden an einem Ort M entlang der Achse der Freisetzung $\dot{E}_{d,ext}$ und die Oberflächenaktivität bestimmt (siehe [Bild 3](#)). $\dot{E}_{d,ext}$ ist das Ergebnis einer Messung der Umgebungs-Äquivalentdosisleistung $\dot{H}^*(10)$ und die Oberflächenaktivität wird als Netto-Zählrate $r_{net}(M)$ angegeben, die sich aus einer Messung in Kontakt mit dem Boden durch einen tragbaren Oberflächenkontaminationsdetektor ergibt.

- Am bewohnten Ort N (siehe [Bild 3](#))

Die effektive Dosis durch Ablagerungen wird wie folgt angegeben:

$$E_d(N) = E_{d,ext}(N) + E_{d,inh}(N) + E_{ing}(N) \quad (2)$$

ANMERKUNG 1 Die effektive Dosis durch äußere Strahlenexposition wird anhand der Messgröße der Umgebungs-Äquivalentdosis in 10 mm Tiefe ($H^*(10)$) bestimmt.

ANMERKUNG 2 Gegebenenfalls kann die Äquivalentdosis auf der Haut aufgrund des Kontakts mit dem kontaminierten Boden beurteilt werden, um eine mögliche deterministische Wirkung zu vermeiden.

- Am Agrarstandort L (siehe [Bild 3](#))

Im Allgemeinen beruhen die Kriterien für das Unterbinden des Verzehrs lokaler Produkte auf Grenzwerten für die Aktivitätskonzentration, die auch als allgemeine Handlungsschwellen (GALs, en: generic action levels) für Nahrungsmittel bezeichnet werden, wobei anstelle der prognostizierten Dosis die prognostizierte Aktivitätskonzentration eines am Standort L angebauten Produkts bestimmt wird.

Die allgemeine Handlungsschwellen (GALs) stellen die Kriterien für einzelne Radionuklidgruppen bereit, die unabhängig von der Summe der Aktivitäten der Radionuklide in jeder Gruppe angewendet werden müssen.

Die operativen Interventionsschwellen (OILs) sollten im Voraus festgelegt werden, damit besteht die Möglichkeit, Messungen der Umgebungsdosisleistung und der Oberflächenkontamination (angegeben in Zählimpulsen, s^{-1}) durch Ablagerungen am Ort M sofort als prospektive Beurteilung der Dosis zu interpretieren, um geeignete Schutzmaßnahmen zu ergreifen wie:

- Evakuierung der am Ort N lebenden Bevölkerung, deren Kriterien auf Grenzwerten für die äußere und innere Strahlenexposition durch Inhalation der resuspendierten Bodenkontamination und durch Ingestion aufgrund von Kontakt mit kontaminiertem Boden beruhen;
- Unterbinden des Verzehrs lokaler Produkte am Agrarstandort L, dessen Kriterien auf Grenzwerten für die Aktivitätskonzentration beruhen.

Für die prospektive Beurteilung der Dosis und die damit verbundenen operativen Interventionsschwellen müssen Annahmen getroffen werden über Folgendes:

- Dauer der Strahlenexposition und Anteil, der bei äußerer Strahlenexposition wahrscheinlich auf die Haut übertragen wird;
- bei Strahlenexposition durch Inhalation die Expositionsdauer, den Resuspensionsfaktor, die Atemfrequenz, das Alter der betroffenen Bevölkerung und die physikalisch-chemische Form der beteiligten Radionuklide (Aerosolteilchengröße, Geschwindigkeit der Lungenabsorption); und
- bei Ingestion aufgrund von Kontaktexposition der Anteil, der wahrscheinlich aufgenommen wird, die chemische Form der beteiligten Radionuklide (Darmtransferfaktor) und das Alter der betroffenen Bevölkerung;
- den Produktionsertrag je Anbaufläche des Produkts, den täglichen Verzehr des Produkts, die Dauer des Verzehrs des Produkts, die chemische Form der beteiligten Radionuklide (Darmübergangsfaktor) und das Alter der betroffenen Bevölkerung für die Ingestion des belasteten Produktes.

Ein Beispiel für die Bestimmung von operativen Interventionsschwellen am Messort M zur Beurteilung der prognostizierten Dosis an einem bewohnten Ort N durch Ablagerungen nach dem Durchzug der radioaktiven Wolke ist in [Anhang E](#) enthalten.

Innerhalb von Stunden kann es unter Umständen erforderlich sein:

- am Messort M eine Probe der Bodenoberfläche zu entnehmen, gefolgt von einer entsprechenden Messung der Aktivität, um die Kohärenz der vorher bestimmten Radionuklidverteilung $\frac{A_i}{A}$ des Quellterms und damit der verwendeten operativen Interventionsschwellen zu überprüfen;
- am bewohnten Ort N eine Messung der Dosisleistung und eine direkte Messung der Oberflächenkontamination durchzuführen und eine Probe der Bodenoberfläche zu entnehmen, gefolgt von einer entsprechenden Messung der Aktivität, um die Kohärenz der prognostizierten Beurteilung der Dosis zu überprüfen;
- am Agrarstandort L eine Messung der Dosisleistung und eine direkte Messung der Oberflächenkontamination durchzuführen und eine Probe der Bodenoberfläche und der Ernte zu entnehmen, gefolgt von einer entsprechenden Messung der Aktivität, um die Kohärenz der Beurteilung der prognostizierten Aktivitätskonzentration zu überprüfen.

Innerhalb weniger Tage sollte die Radionuklidmischung in dem betroffenen Gebiet bestimmt und gegebenenfalls sollten die für die Entscheidungsfindung verwendeten operativen Interventionsschwellen geändert werden.

10 Labormanagement

10.1 Laborpersonalmanagement

Das Laborpersonal muss sich im Voraus mit den Verfahren der Messgeräte, der Probenahme und den Analyseverfahren sowie mit der Messunsicherheit vertraut machen, um eine Strahlenexposition und Kontamination, Fehler und Anspannung bei der eigenen Arbeit zu vermeiden. Das Laborpersonal muss über die Kenntnisse, Fertigkeiten und Fähigkeiten verfügen, die für die Erfüllung der festgelegten Funktion oder Aufgabe bei einem nuklearen oder radiologischen Notfall erforderlich sind. Der Laborleiter muss einen Plan für die Auswahl der Mitarbeiter und für die Ausbildung aufstellen, um sicherzustellen, dass das Personal über die erforderlichen Kenntnisse, Fertigkeiten, Fähigkeiten, Ausrüstungen und Verfahren sowie über sonstige Vorkehrungen verfügt, um die ihnen zugewiesenen Aufgaben zu erfüllen.