

	DIN ISO 18589-2 (VDE 0493-4-5892)	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 „etx Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	VDE

ICS 13.080.01; 17.240

Einsprüche bis 2022-03-14

Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 18589-2
(VDE 0493-4-5892):2017-12

Entwurf

**Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt –
Erdboden –
Teil 2: Leitlinie für die Auswahl der Probenahmestrategie, Probenahme und
Vorbehandlung der Proben
(ISO/DIS 18589-2:2021);
Text Deutsch und Englisch**

Measurement of radioactivity in the environment –
Soil –
Part 2: Guidance for the selection of the sampling strategy, sampling and pre-treatment of samples
(ISO/DIS 18589-2:2021);
Text in German and English

Mesurage de la radioactivité dans l'environnement –
Sol –
Partie 2: Lignes directrices pour la sélection de la stratégie d'échantillonnage, l'échantillonnage et le
prétraitement des échantillons
(ISO/DIS 18589-2:2021);
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 67 Seiten

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

Documents

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist ...

Inhalt

Nationales Vorwort.....	4
Vorwort.....	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe	9
4 Kurzbeschreibung.....	10
5 Probenahmestrategie	11
5.1 Allgemeines	11
5.2 Voruntersuchung	11
5.3 Typen von Probenahmestrategien	12
5.4 Auswahl der Probenahmestrategie	12
6 Probenahmeplan	13
6.1 Allgemeines	13
6.2 Auswahl der Probenahmegebiete, -einheiten und -punkte	13
6.2.1 Allgemeines	13
6.2.2 Probenahme mit wahrscheinlichkeitsorientierter Strategie	14
6.2.3 Probenahme mit zielgerichteter Strategie	14
6.2.4 Auswahlkriterien für Probenahmegebiete und -einheiten	15
6.3 Festlegung der Probenahmegebiete, -einheiten und -punkte	15
6.4 Auswahl der Feldausrüstung.....	16
7 Verfahren der Probenahme	16
7.1 Allgemeines	16
7.2 Entnahme der Proben	17
7.2.1 Wahl der Entnahmetiefe je nach Zielsetzung der Studie	17
7.2.2 Probenahme aus dem Oberboden	19
7.2.3 Probenahme von Bodenprofilen.....	20
7.3 Herstellung der sortierten Probe	21
7.4 Kennzeichnung und Verpackung der Proben	22
7.4.1 Allgemeines	22
7.4.2 Kennzeichnung der Proben.....	22
7.4.3 Probenbegleitbogen	22
7.5 Transport und Lagerung der Proben	23
8 Vorbehandlung der Proben	23
8.1 Prinzip.....	23
8.2 Laborgeräte	23

8.3	Durchführung.....	24
9	Bestimmung der auf dem Boden abgelagerten Aktivität.....	24
9.1	Allgemeines.....	24
9.2	Bestimmung mit Hilfe der Oberflächenaktivitätsdaten	25
9.3	Bestimmung durch Integration der Aktivitätsdaten aus dem Bodenprofil	25
10	Aufgezeichnete Informationen	26
Anhang A (informativ)	Diagramm zur Auswahl der Probenahmestrategie je nach den Zielsetzungen und der radiologischen Untersuchung von Gelände und Probenahmeflächen	27
Anhang B (informativ)	Diagramm zur Entwicklung der Probe vom Probenahmegebiet bis zum Labor	28
Anhang C (informativ)	Beispiel eines Probenahmeplans für ein in drei Probenahmeflächen (A, B, C) unterteiltes Gebiet	29
Anhang D (informativ)	Beispiel eines Probenberichts für eine Einzel-/Mischprobe	30
Anhang E (informativ)	Beispiel eines Probenberichts für ein Bodenprofil mit Bodenbeschreibung.....	31
Literaturhinweise		33

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument ISO/DIS 18589-2:2021 „Measurement of radioactivity in the environment - Soil - Part 2: Guidance for the selection of the sampling strategy, sampling and pre-treatment of samples“ (Entwurf in der Umfrage) 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 Komitees zur Stellungnahme 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.

Zur Normenreihe ISO 18589 sind folgende DIN-Normen veröffentlicht:

- **DIN ISO 18589-1 (VDE 0493-4-5891):2020-10**, *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 1: Allgemeine Leitlinien und Begriffe (ISO 18589-1:2019)*
- **DIN EN ISO 18589-2 (VDE 0493-4-5892):2017-12**, *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 2: Leitlinie für die Auswahl der Probenahmestrategie, Probenahme und Vorbehandlung der Proben (ISO 18589-2:2015); Deutsche Fassung EN ISO 18589-2:2017*
- **DIN EN ISO 18589-3 (VDE 0493-4-5893):2017-12**, *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 3: Messung von Gammastrahlen emittierenden Radionukliden mittels Gammaskpektrometrie (ISO 18589-3:2015); Deutsche Fassung EN ISO 18589-3:2017*
- **DIN ISO 18589-4 (VDE 0493-4-5894):2020-10**, *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 4: Messung von Plutonium-238 und Plutonium-239 + 240 – Messverfahren mit Alphaspektrometrie (ISO 18589-4:2019)*
- **DIN ISO 18589-5 (VDE 0493-4-5895):2020-10**, *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 5: Strontium-90 – Messverfahren mit Proportional- oder Flüssigszintillationszählung (ISO 18589-5:2019)*
- **DIN ISO 18589-6 (VDE 0493-4-5896):2020-10**, *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 6: Gesamt-Alpha- und Gesamt-Betaaktivitäten – Messverfahren mit Gasdurchfluss-Proportionalzählung (ISO 18589-6:2019)*
- **DIN EN ISO 18589-7 (VDE 0493-4-5897):2016-05**, *Ermittlung der Radioaktivität in der Umwelt – Erdboden – Teil 7: In-situ-Messung von Gammastrahlung emittierenden Radionukliden (ISO 18589-7:2013); Deutsche Fassung EN ISO 18589-7:2016*

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.

Änderungen

Gegenüber **DIN EN ISO 18589-2 (VDE 0493-4-5892):2017-12** wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Eine ausführliche Einleitung wurde aufgenommen;
- b) die Verweisungen wurden aktualisiert;
- c) in den **Abschnitten 7.2.2.1** und **8.3** wurden zusätzliche Aussagen aufgenommen;
- d) die Literaturhinweise wurden ergänzt und aktualisiert.

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-Dokumententypen 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*.

Diese dritte Ausgabe ersetzt die zweite Ausgabe (ISO 18589-2:2014), die technisch überarbeitet wurde.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 18589 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

Jedermann ist natürlicher Strahlung ausgesetzt. Die natürlichen Strahlungsquellen sind kosmische Strahlen und in der Natur vorkommende radioaktive Stoffe, die sich in der Erdkruste, in Flora und Fauna und im menschlichen Körper befinden. Menschliche Aktivitäten, die den Gebrauch von Strahlung und radioaktiven Stoffen 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 (NORM; en: naturally occurring radioactive materials) enthalten, und die Erzeugung von Energie durch Verbrennung von Kohle, die solche Stoffe enthält, erweitern die Belastung durch natürliche Strahlungsquellen. In Kernkraftwerken und anderen 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 Strahlenexposition, die nur einen kleinen Anteil am globalen durchschnittlichen Umfang an natürlicher Strahlenbelastung ausmacht. Die medizinische Anwendung 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.

Strahlenexposition 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 geringer als das globale mittlere Niveau der natürlichen Strahlenbelastung (siehe Literaturhinweis [1]).

Mit der zunehmenden Verwendung von Strahlung nehmen auch die möglichen gesundheitlichen Risiken und die Bedenken in der Öffentlichkeit zu. Deshalb werden all diese Tätigkeiten regelmäßig bewertet, um

- das Verständnis der globalen Werte, der zeitlichen Trends in der Bevölkerung und bei den Arbeitnehmern zu verbessern;
- die Anteile der Exposition zu bewerten und ein Maß für ihre relative Bedeutung zu ermitteln;
- neue Probleme zu erkennen, die mehr Aufmerksamkeit und Untersuchung bedürfen. Während die Strahlenexposition von Arbeitnehmern meist direkt gemessen wird, werden die Expositionen der Bevölkerung üblicherweise durch indirekte Verfahren über die Radioaktivitätsmessungen von Abfall, Abwasser und/oder Umweltproben ermittelt.

Es ist wichtig, dass die Beteiligten/Betroffenen (wie die Betreiber nuklearer Anlagen, die Aufsichtsbehörden, die örtlichen Krisenstäbe und -organisationen) geeignete Methoden und Verfahren zur repräsentativen Probenahme und zur Handhabung, Transport, Lagerung, Vorbereitung und Messung von Prüfproben vereinbaren, um sicherzustellen, dass die erhaltenen Daten aus den Radioaktivitätsüberwachungsprogrammen ihre bestimmungsgemäße Verwendung unterstützen. Eine Abschätzung der gesamten Messunsicherheit ist ebenfalls systematisch vorzunehmen. Da zuverlässige, vergleichbare und zweckmäßige Daten eine wesentliche Anforderung für jegliche Entscheidung hinsichtlich des Gesundheitswesens auf der Grundlage von Radioaktivitätsmessungen 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 verschiedener Prüflabore im Laufe der Zeit. Labore wenden diese an, um ihre technische Qualifikation nachzuweisen und um Ertüchtigungsprüfungen und Labor-Vergleichsmessungen, zwei Voraussetzungen für das Erlangen einer nationalen Akkreditierung, erfolgreich abzuschließen.

Heutzutage sind mehr als einhundert Internationale Normen verfügbar, die von Prüflaboren zur Messung von Radionukliden in verschiedenen Materialien angewendet werden können.

Fachgrundnormen unterstützen Labore bei der Organisation des Messverfahrens, indem sie allgemeine Anforderungen und Verfahren zur Kalibrierung der Geräte und zur Validierung der Techniken festlegen/vorgeben. Diese Normen unterstützen spezifische Normen, die Prüfverfahren beschreiben, welche vom Personal, z. B. für verschiedene Arten von Proben, durchgeführt werden. Die spezifischen Normen behandeln Prüfverfahren für:

- natürlich vorkommende Radionuklide (einschließlich ^{40}K , ^3H , ^{14}C und jenen, die aus den Zerfallsreihen von Thorium und Uran stammen, insbesondere ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{234}U , ^{238}U und ^{210}Pb), die in Materialien

natürlichen Ursprungs vorgefunden oder durch technische Verarbeitungen, in denen natürlich vorkommende radioaktive Materialien vorkommen (wie Förderung und Verarbeitung von mineralischem Sand oder Produktion und Einsatz von Phosphatdünger), freigesetzt werden;

- von Menschen erzeugte Radionuklide, z. B. Transuranelemente (Americium, Plutonium, Neptunium, Curium), ^3H , ^{14}C , ^{90}Sr und Gammastrahlung emittierende Radionuklide, die in Abfall, flüssigen und gasförmigen Ableitungen und in der Umweltmatrix (z. B. Wasser, Luft, Boden, Flora und Fauna), in Nahrungs- und Futtermitteln als Ergebnis genehmigter Ableitungen vorkommen, und radioaktiver Niederschlag (Fall-out), der bei der Explosion von Nuklearwaffen und bei Störfällen, wie z. B. in Tschernobyl und Fukushima entsteht.

Der Anteil der Dosisraten der natürlichen Hintergrundstrahlung 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.

Eine belastbare Bestimmung der spezifischen Aktivität Gammastrahlung emittierender Radionuklide verschiedener Materialien ist wichtig, um die mögliche Exposition des Menschen abzuschätzen, um Übereinstimmung mit den Strahlenschutz- und Umweltschutzregelungen zu überprüfen, oder um Anleitungen zur Verminderung des Gesundheitsrisikos vorzugeben. Gammastrahlung emittierende Radionuklide werden ebenfalls als Tracer (Markierungssubstanzen) in Biologie, Medizin, Physik, Chemie und Ingenieurwissenschaften eingesetzt. Exakte Aktivitätsmessungen von Radionukliden werden ebenfalls im Heimatschutz und in Zusammenhang mit dem Nichtverbreitungsabkommen (NPT, en: Non-Proliferation Treaty) benötigt.

Dieses Dokument muss im Zusammenhang mit einem Qualitätssicherungsprogramm (ISO/IEC 17025) angewandt werden.

IEC 18589 ist in mehreren Teilen veröffentlicht, welche je nach Bedarf gemeinsam oder einzeln anzuwenden sind und sich an diejenigen richten, für die Bestimmung der im Boden, in Felsgestein und Erz enthaltenen radioaktiven Stoffe (NORM oder TENORM) verantwortlich sind. Die ersten beiden Teile sind allgemeiner Natur und beschreiben die Aufstellung von Programmen und Sammeltechniken, allgemeine Verfahren zur Probenbehandlung im Labor (ISO 18589-1), die Probenahme-strategie und die Verfahren zur Bodenprobenahme, die Handhabung und Vorbehandlung der Proben (ISO 18589-2). In ISO 18589-3, ISO 18589-4 und ISO 18589-5 werden nuklidspezifische Messverfahren zur Bestimmung der Aktivitätskonzentration von Gammastrahlung emittierenden Radionukliden (ISO 18589-3 und ISO 20042), von Plutoniumisotopen (ISO 18589-4) und von Strontium-90 (ISO 18589-5) in Bodenproben behandelt. ISO 18589-6 behandelt nicht nuklidspezifische schnellen Bestimmung der Alpha- und Beta-Gesamtaktivitäten und ISO 18589-7 behandelt die In-situ-Messung Gammastrahlung emittierender Radionuklide.

Die in ISO 18589-3 bis ISO 18589-6 beschriebenen Messverfahren können auch zur Messung der Radionuklide in Klärschlamm, Sediment, Baumaterial und Produkten, die aus einer geeigneten Anreicherung entstehen [2], [3], [4], [5].

Dieses Dokument ist eines einer Reihe Internationaler Normen zur Bestimmung von Radioaktivität in der Umwelt.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument beschreibt die allgemeinen Anforderungen für alle Phasen der Planung (Schreibtischarbeit und Erkundung vor Ort), der Probenahme und der Vorbereitung der Proben für die Prüfungen auf der Grundlage von ISO 11074 und ISO/IEC 17025. Dazu gehören sowohl die Auswahl der Probenahme-strategie, die Festlegung des Probenahmeplans, die Präsentation der allgemeinen Verfahren und Hilfsmittel der Probenahme wie auch die an die Messung der Aktivität der im Erdreich, Fels-gestein und Erz, Baumaterialien und -produkten, Keramik usw. mit natürlich vorhandenen Radionukliden (NORM) oder aus mit NORM verbundenen technischen Prozessen wie z. B. Bergbau und Verarbeitung mineralischer Sande oder Herstellung und Verwendung von Phosphatdünger sowie in Klärschlamm und Sediment.

Zur Vereinfachung wird in diesem Dokument die Benennung „Boden“ für alle o. g. Elemente verwendet.

Dieses Dokument richtet sich an Personen, die im Rahmen des Strahlenschutzes Verantwortung für die Ermittlung der im Boden vorhandenen Radioaktivität tragen. Dabei kann es sich um Erdproben aus Gärten, landwirtschaftlich genutzten, urbanen oder industriellen Geländen oder um von menschlichen Aktivitäten unbeeinflussten Böden handeln.

Dieses Dokument gilt für alle Laboratorien unabhängig von der Anzahl der Mitarbeiter und dem Umfang des durchgeführten Prüfprogramms. Falls eine oder mehrere der in diesem Dokument behandelten Aktivitäten wie Planung, Probenahme oder Prüfungen von einem Labor nicht durchgeführt werden, haben die betreffenden Anforderungen keine Geltung.

ANMERKUNG Die Benennung „Labor“ steht für alle angegebenen Einheiten (Personen, Organisationen usw.), die Planung, Probenahme, Prüfung und Kalibrierung durchführen.

2 Normative Verweisungen

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

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

ISO 11074, *Soil quality – Vocabulary*

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

ISO 18589-1, *Measurement of radioactivity in the environment – Soil – Part 1: General guidelines and definitions*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe und Formelzeichen nach ISO 80000-10, **ISO 18589-1** und ISO 11074 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: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

e Dicke der Schicht, aus der Proben genommen werden;

m_{ss} feuchte Masse der sortierten Probe;

m'_{ss} feuchte Masse einer Teilprobe der sortierten Probe;

- m_{ts} trockene Masse der Prüfprobe;
 a massenbezogene Aktivität der Prüfprobe;
 A_S flächenbezogene Aktivität;
 S Oberfläche der Probenahme.

4 Kurzbeschreibung

Zweck der Messung der Radioaktivität in Böden ist die Überwachung des Einflusses radioaktiver Substanzen [6] auf die Umwelt und/oder die Bewertung der radiologischen Auswirkungen auf die Bevölkerung [7], [8], [9], [10].

Die Hauptziele der Messung von Radionukliden im Boden (siehe [ISO 18589-1](#)) sind:

- Charakterisierung der Radioaktivität in der Umwelt;
- routinemäßige Überwachung der Auswirkungen der von kerntechnischen Anlagen freigesetzten Radioaktivität oder der allgemeinen Entwicklung der Radioaktivität in einem Gebiet;
- Untersuchung von Unfällen und Vorfällen;
- Planung und Überwachung von Korrekturmaßnahmen;
- Kontrolle der Außerbetriebsetzung von Anlagen oder Entsorgung von Materialien.

Folglich werden Messungen der Radioaktivität im Boden in einer Vielzahl unterschiedlicher Situationen vorgenommen, jedoch kann ein einheitlicher Ansatz formuliert werden, der die folgenden, in diesem Dokument beschriebenen Schritte umfasst:

a) Planungsprozess – Auswahl der Probenahmestrategie

Die Auswahl der Probenahmestrategie hängt von den Hauptzielsetzungen und den Ergebnissen einer Voruntersuchung des betreffenden Gebiets ab. Die Probenahmestrategie muss Kenntnisse über die Art, Aktivität, Konzentration, räumliche Verteilung und zeitliche Entwicklung der Radionuklide unter Berücksichtigung der durch Migration, atmosphärische Bedingungen und Land-/Bodennutzung verursachten Veränderungen liefern.

Zur Festlegung der Probenahmestrategie muss eine Voruntersuchung des Geländes durchgeführt werden.

Literaturhinweis [11] bietet eine allgemeine Leitlinie für die Auswahl der Probenahmestrategie und Literaturhinweis [12] für Voruntersuchungen. Literaturhinweis [13] enthält eine spezielle Anleitung für die Untersuchung von naturbelassenen, nahezu naturbelassenen und kultivierten Flächen; und Literaturhinweis [14] behandelt die Untersuchung der Kontamination von Grundstücken.

Einzelheiten sind in [Abschnitt 5](#) angegeben und in [Anhang A](#) wird ein Verfahren für die Auswahl der Probenahmestrategie beschrieben.

b) Planungsprozess – Probenahmeplan

Der Probenahmeplan muss entsprechend der gewählten Probenahmestrategie erstellt werden. Es müssen darin die gewählten Probenahmeflächen und -einheiten, das Probenraster, die Entnahmepunkte, die Art der Proben, die Verfahren und Hilfsmittel der Probenahme und die Sicherheitsvorschriften für das Personal festgelegt werden.

Literaturhinweis [15] gibt eine allgemeine Anleitung für die Struktur der Vorbereitung und Anwendung des Probenahmeplans.

Details wie Auswahl der Probenahmeflächen und -einheiten, die sich aus der Art des bei den betreffenden Flächen angewendeten Rasters ergeben, werden in [Abschnitt 6](#) beschrieben. Die Typen von Proben sind in [ISO 18589-1](#) definiert. Einzelheiten über den Zusammenhang zwischen Probentypen sind in [Anhang B](#) enthalten.

c) Probenahmeablauf – Entnahme der Proben

Die Entnahme aller Bodenproben im Feld muss nach dem festgelegten Probenahmeplan erfolgen.

- Für die Entnahme aus der oberen Bodenschicht wird von jeder gewählten Probenahmeeinheit entweder eine *Einzelprobe* oder werden *n Folgeproben* mit einer festgelegten Dicke erfasst.

- Für die senkrechte Probenahme aus mehreren Bodenschichten werden die Proben aus zunehmender Tiefe senkrecht unter der Oberfläche des Probenahmepunkts entnommen. Den verschiedenen Bodenschichten wird eine *Einzelprobe* oder *n Folgeproben* mit unterschiedlicher Dicke entsprechend der Schichttiefe entnommen. Mit besonderer Sorgfalt sollte darauf geachtet werden, dass die Proben aus den verschiedenen Bodenschichten nicht vermischt werden.

Literaturhinweis [16] gibt eine Anleitung für die Aufzeichnung und Berichterstattung der Proben.

Einzelheiten dazu sind in den Abschnitten 6 und 7 angegeben.

d) Probenahmeablauf – Vorbereitung der sortierten Proben

Die Vorbereitung der *sortierten Proben* geschieht durch Reduzierung der Einzel- oder Mischproben. Eine sortierte Probe sollte den Durchschnittswert einer oder mehrerer gegebener charakteristischer Bodeneigenschaften darstellen. Die Verfahren zur Kennzeichnung, Beschriftung, Verpackung und zum Transport der sortierten Proben zum Labor müssen sicherstellen, dass die Eigenschaften der Proben erhalten bleiben.

Einzelheiten dazu sind in 7.3, 7.4 und 7.5 angegeben.

e) Laborprozess – Handhabung der Laborprobe

Nach Ankunft im Labor gelten die sortierten Proben als *Laborproben* zur Aufbewahrung und weiteren Vorbehandlung vor ihrer Analyse.

Einzelheiten dazu sind in Abschnitt 8 angegeben.

f) Laborprozess – Vorbereitung der Prüfprobe

Vor der Durchführung von Prüfungen werden die Laborproben durch Trocknen, Zerkleinern, Sieben und Homogenisieren aufbereitet, um *Prüfproben* in Form eines feinen gleichförmigen Pulvers zu erhalten. Mit der Vorbehandlung muss sichergestellt werden, dass die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Prüfprobe über der Zeit unverändert bleiben, um leichter interpretierbare Ergebnisse zu erzielen. Repräsentative Teilproben mit Massen, die sich aus den Spezifikationen der verschiedenen Radioaktivitätsmessungen ergeben, müssen von der Prüfprobe als Probenteilmengen abgetrennt werden.

Einzelheiten dazu sind in Abschnitt 8 angegeben.

Wenn Materialien für zukünftige Untersuchungen oder zum Zwecke der Beilegung potentieller Meinungsverschiedenheiten aufbewahrt werden, müssen Teilproben von der Laborprobe oder der Prüfprobe in einer angemessenen und dokumentierten Weise entnommen werden.

5 Probenahmestrategie

5.1 Allgemeines

Während des Planungsstadiums wird die Strategie der Probenahme für das zu untersuchende Areal entsprechend den in Abschnitt 4, Punkt a) beschriebenen Zielsetzungen festgelegt, was zur Erstellung eines Probenahmeplans führt [6], [7], [9], [17], [18], [19].

5.2 Voruntersuchung

Ungeachtet der Zielsetzung der durchgeführten Arbeiten müssen im Voruntersuchungsstadium bestimmte vorbereitende Schritte unternommen werden, um die Festlegung der Probenahmestrategie zu unterstützen, wie die folgenden:

- Auswertung von historischen Daten, Verwaltungsinformationen, Firmenarchiven, vorausgegangenen Studien und Befragungen früherer Mitarbeiter, die bei der Erkennung potentieller Quellen radioaktiver Kontamination helfen können;
- Zusammentragung von Informationen über geologische, hydrologische und pedologische Fakten und wichtige Klimaparameter, um die räumliche und zeitliche Entwicklung der Eigenschaften der radioaktiven Belastung eines Gebiets zu charakterisieren;
- Begehung des zu untersuchenden Areals, um die Topographie, Art des Bewuchses und eventuelle Besonderheiten zu erfassen, welche die Techniken und den Plan der Probenahme beeinflussen können;

- im Falle von landwirtschaftlichen Flächen die Einholung von Informationen von Landwirten über Art und Tiefe der Kultivierung (Bearbeitung des Untergrunds oder Dränage, Pflügen und Ausheben von Gräben usw.) und über chemische Dünger und Zusätze, die zu erhöhter natürlicher Radioaktivität führen können (Art und Menge der angewendeten Produkte).

Wenn keine Daten über radioaktive Bodenverunreinigungen vorliegen oder falls der Verdacht einer Kontamination besteht, können analytische Untersuchungen *in situ* mit tragbaren Detektoren oder mit einigen Vorabproben und anschließender Laboruntersuchung erforderlich sein, um die Flächen und die Strategie für die Probenahme auszuwählen.

5.3 Typen von Probenahmestrategien

Probenahmestrategien sind entweder zielgerichtet oder wahrscheinlichkeitsorientiert, abhängig von der Zielsetzung und den Anfangskenntnissen über die Radioaktivitätsverteilung in dem zu untersuchenden Gebiet.

Zielgerichtete Strategien basieren auf *a priori* gegebenen Zwängen, die zu einer Auswahl von Probenahmereinheiten in einem bestimmten Gebiet führen, das wegen spezifischer Interessen oder hoher Kontaminationspegel besonders genau zu untersuchen ist.

Wahrscheinlichkeitsorientierte Strategien basieren auf einer Auswahl von Probenahmereinheiten ohne *a priori* gegebene Zwänge.

Die Auswahl der Probenahmereinheiten und Probenahmepunkte ist in 6.2 beschrieben.

5.4 Auswahl der Probenahmestrategie

Die Vorgehensweise oder Probenahmestrategie muss je nach den verfolgten Zielen und relevanten Endpunkten gewählt werden, wie z. B. Schutz von Mensch und Umwelt unter Berücksichtigung sozialer und wirtschaftlicher Einschränkungen. Die gewählte Probenahmestrategie sollte sicherstellen, dass die Radioaktivität der Proben für die Verteilung der Radionuklide im Boden des zu untersuchenden Gebiets repräsentativ ist [6], [7], [9], [15], [17].

Obgleich die Strategie immer nur von Fall zu Fall festgelegt werden kann, sollte ihre Auswahl doch in folgenden Schritten erfolgen:

- Auswertung der Aufzeichnungen, die eine historische Studie des Probenahmeareals erlauben, insbesondere im Hinblick auf seine frühere Nutzung (Angabe der Informationsquellen);
- Bewertung der bevorzugten Migrationswege bzw. Akkumulationsbezirke;
- Erkundung vor Ort in Bezug auf die Grenzen der Probenahmegebiete und durchgeführten Probengewinnung;
- bei der Erkundung vor Ort können zur schnellen analytischen Untersuchung tragbare Strahlungsdetektoren eingesetzt werden, um die Verteilung der Radioaktivität in den zu untersuchenden Gebieten zu erfassen.

Dieser Schritt im Planungsprozess ergibt eine große Anzahl von Wahlmöglichkeiten und kann zu wichtigen und kostenintensiven Maßnahmen führen. Außerdem gehört dazu die Festlegung der angestrebten Datenqualität entsprechend den zu analysierenden Parametern.

Anhang A enthält ein Flussdiagramm, das bei der Auswahl einer Probenahmestrategie je nach den Zielen der Untersuchung helfen kann.

Die Auswahl der Strategie bestimmt die Probendichte, die zeitliche und räumliche Verteilung der Einheiten, aus denen die Proben entnommen werden, und den Zeitplan für die Erfassung der Proben, wobei Folgendes zu berücksichtigen ist:

- potentielle Verteilung der Radionuklide: homogen oder heterogen („Hotspots“);
- charakteristische Merkmale der Umgebung;
- minimal benötigte Masse an Erdreich, um alle Laboruntersuchungen durchzuführen; und

- maximale Anzahl von Prüfungen, die vom Labor für die Studie durchgeführt werden kann.

In vielen Fällen kann eine Voraussage über das mögliche Vorhandensein einer Bodenkontamination und ihre Verteilung (homogen oder heterogen) gemacht werden. Es ist dann erforderlich, diese Hypothese durch eine zielgerichtete Probenahmestrategie zu verifizieren. Eine Variante dieser Strategie, die systematisch anhand repräsentativer Probenahmepunkte abläuft, ist für die Überwachung von Arealen ausgelegt, deren radioaktive Ursprünge und Verteilungsmuster bekannt sind. Dies erlaubt eine genauere Festlegung der Anzahl und Lage von Probenahmepunkten als eine rein wahrscheinlichkeitsorientierte Probenahmestrategie. Diese subjektive Auswahl der Probenahmepunkte kann mit einem statistischen Ansatz kombiniert werden, um den Qualitätsanforderungen für die Interpretation gerecht zu werden. Ist die räumliche Verteilung der Radioaktivität nicht bekannt, ist die Wahl einer zielgerichteten, räumlich zufälligen Strategie erforderlich.

Wahrscheinlichkeitsorientierte Strategien mit Probenahme nach dem Zufallsprinzip (zufällige Verteilung der Probenahmepunkte) sind nur dann geeignet, wenn die Verteilung der Radioaktivität in dem Areal als homogen angenommen wird. Für ein Areal mit gelegentlichen Heterogenitäten (Punktquellen) wird die Verwendung einer systematischen Probenahmestrategie empfohlen, die vom Kenntnisstand über die Verteilung dieser Heterogenitäten in den verschiedenen Probenahmebereichen abhängt.

Wenn das Ziel der Untersuchung die Charakterisierung einer erst kürzlich stattgefundenen Ablagerung auf der Bodenoberfläche ist, wie im Falle eines Fallouts nach einer routinemäßigen genehmigten Gasfreisetzung oder nach einem Unfall, wird die Entnahme der oberen Bodenschicht empfohlen.

Wenn es jedoch um die Studie eines verunreinigten Areals geht, bei der es erforderlich ist, die vertikale Migration der Radionuklide in die Tiefe zu ermitteln (um eine Vorhersage über die potentielle Kontamination des Grundwassers zu machen), sind Proben von unterschiedlich tiefen Schichten zu entnehmen. Dabei können entweder Schichten mit gleicher Dicke oder mit für die Bodenschichtung repräsentativen Dicken festgelegt werden.

Die gewählte Probenahmestrategie hat eine Reihe technischer Optionen zur Folge, die in Abschnitt 6 beschrieben sind.

6 Probenahmeplan

6.1 Allgemeines

Der Probenahmeplan legt die präzise Vorgehensweise fest, die je nach Anwendung der Prinzipien der gewählten Strategie alle Maßnahmen und Tätigkeiten benennt, die im Feld auszuführen sind. Der Plan bestimmt auch das für die Durchführung der Probenahme benötigte Personal. Der Plan steht in direktem Zusammenhang mit dem Zweck der Studie, den charakteristischen Umweltmerkmalen des Areals, der Kapazität der Prüfeinrichtungen des Labors und der angestrebten Datenqualität, die für die Interpretation der Messergebnisse erforderlich ist.

Der Probenahmeplan ist entsprechend der jeweiligen Sachlage von Fall zu Fall zu erstellen. Der Plan muss alle Informationen enthalten, die für die Durchführung der Entnahme der Proben erforderlich sind, wie z. B. Probenahmebereiche, Probenahmeeinheiten, Lage der Probenahmepunkte in den Probenahmeeinheiten, Art der Proben, Einzel- oder Mischproben, Anzahl der Inkremente bei Mischproben, Periodizität, erforderliche Probenmasse in Hinblick auf die geplanten Prüfungen, Erfordernisse für die Archivierung des Materials, vertikale Verteilung usw.

6.2 Auswahl der Probenahmegebiete, -einheiten und -punkte

6.2.1 Allgemeines

Nach der Entscheidung über die Probenahmestrategie werden auf der Grundlage der Ergebnisse der Voruntersuchung die Probenahmegebiete und -einheiten festgelegt. In manchen Fällen können die Grenzen der Probenahmegebiete und die Lage der Probenahmeeinheiten für die Routineüberwachung anhand von gesetzlichen Bestimmungen festgelegt werden, wie es beispielsweise beim Betrieb einer neuen kerntechnischen Anlage der Fall ist. Sie werden als Folge der für das Projekt durchgeführten radiologischen Referenzstudie

bestimmt. Bei Untersuchungen nach Störfällen lassen sich die Größe des Probenahmegebiets und die Lage der Probenahmeeinheiten ebenfalls anhand der zum Zeitpunkt des Störfalls bestehenden Umgebungsbedingungen (Windstärke und Windrichtung, Topographie usw.) und der Veränderungen der Eigenschaften der Quellen (Radionuklide, Aktivität, Freisetzungsdauer usw.) festlegen.

Bei einer wahrscheinlichkeitsorientierten Strategie können die Probenahmeeinheiten entweder durch systematische oder zufällige Verfahren gewählt werden, wohingegen das Zufallsverfahren bei einer zielgerichteten Strategie nicht eingesetzt werden kann.

Bei beiden Strategien können die Probenahmepunkte entweder systematisch oder nach dem Zufallsprinzip gewählt werden.

Abhängig von der Heterogenität der radioaktiven Verteilung kann auf demselben Areal für die verschiedenen Probenahmegebiete auch eine Kombination dieser Strategien eingesetzt werden.

6.2.2 Probenahme mit wahrscheinlichkeitsorientierter Strategie

Bei der wahrscheinlichkeitsorientierten Strategie werden die Untersuchungsgebiete nach ihrer Festlegung mit einem Raster überzogen, das die Probenahmeeinheiten bestimmt. Die Größe der Rastermaschen sollte sich nach der Oberflächengröße des Areals richten. Außerdem sind die Untersuchungskapazität des Labors und die finanziellen Gegebenheiten zu berücksichtigen, welche die Anzahl der Proben, die analysiert werden können, begrenzen. Die Flächengröße der Rastereinheiten kann von wenigen Quadratmetern bis zu einigen Quadratkilometern reichen, abhängig von dem zu untersuchenden Areal.

Wenn eine Radioaktivitätskarte als Ergebnis der radiologischen *In-situ*-Voruntersuchung (siehe Literaturhinweis [20]) zur Verfügung steht, können die über das Probenahmegebiet gelegten Rastermaschen dem für die radioaktive Kartographie benutzten Gitter entsprechen. Die Radioaktivitätskarte kann dort dichter sein, wo kontaminierte Bereiche vermutet werden, bzw. weniger dicht, wo keine Kontamination vermutet wird.

Bei der systematischen Probenahme werden Proben an jedem Gitterpunkt oder in der Maschenmitte entnommen. Die endgültige Anzahl der Probenahmegebiete, die letztlich erfasst werden, hängt von der Heterogenität der Umgebungsmerkmale und den durch die topographische Komplexität des Geländes gegebenen Einschränkungen der Zugänglichkeit ab.

Bei der Probenahme nach dem Zufallsprinzip werden die Probenahmeeinheiten zu Referenzzwecken gekennzeichnet und es wird eine Nummer im Zufallsverfahren gewählt.

Wenn die Studie den Zweck hat, die durch die Einwirkung einer bestimmten Quelle von Radioaktivität entstehenden Folgen für die Umwelt zu untersuchen, ist ein Vergleich mit der Höhe der Hintergrundaktivität vorzunehmen. Letztere kann in einem Gebiet ermittelt werden, das als von der zu untersuchenden Quelle nicht kontaminiert anzusehen ist (z. B. unbeeinflusst von etwaigen Flüssigkeitseinleitungen von der zu untersuchenden Anlage) und das als Referenzgebiet betrachtet wird.

6.2.3 Probenahme mit zielgerichteter Strategie

Bei einer zielgerichteten Probenahmestrategie wird das Untersuchungsgebiet durch die Einschränkungen bestimmt, die durch die Untersuchungsziele auf der Grundlage der Umweltdaten und der kartographischen Ergebnisse gegeben sind.

Der Probenahmeplan beruht auf der subjektiven Auswahl von Probenahmeeinheiten anhand der vorhandenen Vorkenntnisse über das Gebiet bzw. die Voruntersuchung der radioaktiven Belastung *in situ*.

Wenn das Ziel darin besteht, Proben mit der höchsten Aktivität zu erfassen, aber keine Daten über die radioaktive Belastung vorliegen, ermöglicht eine radiologische Voruntersuchung mit einem tragbaren Detektor die Erstellung einer Karte des Areals, in der die kontaminierten Bereiche hervorgehoben werden und die bei der Festlegung des Probenahmeplans mit genauer Lage der Probenahmeeinheit hilfreich ist (siehe Literaturhinweis [20]).

ANMERKUNG Einer der Gesichtspunkte dieser Voruntersuchung ist auch die Abschätzung der Gefahren für die Personen, die die Proben sammeln, und somit die Festlegung der Strahlenschutzmaßnahmen, die insbesondere vor Ort zum Schutz des Personals vor Strahlung vorzunehmen sind.

Bei der Routineüberwachung einer kerntechnischen Anlage kann die Probenahmeeeinheit als der Punkt maximaler Konzentration des voraussichtlichen Fallouts durch die Gasfreisetzung aus der Anlage gewählt werden.

Wenn die Radioaktivität des Bodens gleichzeitig mit der anderer Umweltbestandteile (Luft, Wasser, Bioindikatoren, Elemente der menschlichen Nahrungskette) untersucht wird, sollte bei der Auswahl der Probenahmeeeinheit auch das Vorhandensein dieser anderen Indikatoren berücksichtigt werden.

6.2.4 Auswahlkriterien für Probenahmegebiete und -einheiten

Mit Hilfe der Ergebnisse früherer Umweltstudien und der Informationen aus der visuellen Erkundung vor Ort lassen sich Probenahmegebiete mit homogener topologischer Konfiguration und mit Pflanzenbewuchs ermitteln. Dabei ist es wichtig, höher gelegene Flächen von Hangflächen, Flächen mit krautartigem Bewuchs von solchen mit Büschen und Sträuchern, Waldgebiete von kultiviertem Ackerland usw. zu unterscheiden.

Soweit möglich, sollten Probenahmeeeinheiten gewählt werden, in denen die Bodenschichten nicht durch menschliche Aktivitäten gestört wurden und die einen gut erhaltenen krautartigen Bewuchs aufweisen. Die Fläche einer Probenahmeeeinheit muss mindestens einige Quadratmeter betragen. Jede Störung muss unter Angabe von Umfang, Art und Ursache auf dem Probenbegleitbogen notiert werden.

Die Überwachung der radioaktiven Belastung von gestörten Böden kann zusätzlich zu der Radioaktivitätsuntersuchung an Pflanzen im Feld vorgenommen werden. Bei Ackerland kann die obere Bodenschicht mit einer Dicke gleich der Pflügtiefe als homogen angesehen werden, wenn die Kontamination vor dem Pflügen der Fläche aufgetreten ist. Im Falle von industriell genutztem oder bebautem Land kann gegebenenfalls das zum Auffüllen verwendete Material untersucht werden, wobei die ihm immanente Heterogenität und die Art seiner Ablagerung zu berücksichtigen sind.

Für die routinemäßige Überwachung sind die Probenahmeeeinheiten, die in regelmäßigen Zeitabständen untersucht werden, frei von Bäumen und Sträuchern zu halten.

Wenn die Probenahmestrategie eine Beschreibung des Bodenprofils verlangt, ist die Schichtdicke anhand pedologischer Merkmale [21], [22], [23], [24] oder der erwarteten Geschwindigkeit der vertikalen Migration der Radionuklide zu bestimmen. Einzelheiten zum Verfahren der Entnahme von Proben aus der Tiefe sind in 7.2.3 beschrieben. Ein Beispiel für einen Probenahmeplan ist in [Anhang C](#) enthalten.

Bei Ackerland lassen sich insbesondere Randeffekte vermeiden, wenn man mindestens 20 m innerhalb der Ackergrenzen bleibt, soweit die Ziele der Studie nichts anderes vorgeben.

6.3 Festlegung der Probenahmegebiete, -einheiten und -punkte

Probenahmegebiete sind anhand folgender Parameter festzulegen:

- Verwaltungsbezirk, Name der Stadt, des Orts oder allgemein benutzte Bezeichnung des Gebiets;
- Name oder Referenzbezeichnung des Probenahmegebiets;
- geographische Koordinaten, ermittelt aus einer topographischen Karte oder mit GPS.

Für die Festlegung der Grenzen von Gebieten und gegebenenfalls der Grenzen und Kennzeichnung von Probenahmeeeinheiten wird die Verwendung einer offiziellen, von einer nationalen Behörde ausgestellten topographischen Karte mit für Details ausreichend großem Maßstab empfohlen.

Die Probenahmepunkte werden durch ihre geographischen Koordinaten beschrieben, wozu eine topographische Karte oder GPS zu benutzen ist.

6.4 Auswahl der Feldausrüstung

Die Ausrüstung sollte nach Literaturhinweis [25] gewählt werden. Besondere Aufmerksamkeit ist auf die Qualität der Hilfsmittel für die Entnahme der Proben zu richten und vor allem darauf, dass die benutzten Hilfsmittel keine Veränderungen der zu bestimmenden Radionuklide (d. h. deren Verunreinigung oder Verlust) bewirken.

Je nach Probenahmeplan, in dem die Tiefe und Bodenart der zu entnehmenden Proben festgelegt sind, können die Hilfsmittel aus der folgenden Liste ausgewählt werden:

- a) Material für die Markierung der Grenzen: Pfosten, Stangen, Bänder usw.;
- b) für die Probenahme an oder nahe der Oberfläche: Schaufel, Begrenzungsmittel wie Metallrahmen, Erdbohrer, Vorbohrer, gerade Sonde, Spaten (die Hilfsmittel sind nach jeder Probenahme zu reinigen);
- c) für die Probenahme aus einer Tiefe bis 2 m: Erdbohrer oder Baumaschinen wie
 - mechanischer Löffelbagger zum Ausheben von Gräben, aus denen die Proben entnommen werden (zu achten ist dabei auf instabile Wandungen in bröckligen oder gestörten Böden);
 - mechanisches oder hydraulisches Stoßrohr zur Probengewinnung;
- d) für die Probenahme aus einer Tiefe über 2 m: Kernbohrer mit Bohrrohren aus einem Material, das nicht mit dem Bodenmaterial reagiert;
- e) für alle Probenahmen gemeinsame Geräte:
 - Spatel oder Messer aus Edelstahl;
 - Behälter mit einem Fassungsvermögen von mindestens 10 l;
 - saubere trockene Leinentücher mit einer Größe von etwa 2 m², die nicht mit Erde reagieren;
 - Beutel oder Flaschen mit großer Öffnung oder Kunststoffkästen mit einem Fassungsvermögen von mindestens 2 l, die feuchtigkeitsbeständig, wasserdicht und staubdicht sind und nicht mit Erde reagieren;
 - Probenkennzeichnungsmaterial: Etiketten, Markierungen usw.;

Bei der Untersuchung von flüchtigen Radionukliden sind besondere Vorkehrungen erforderlich, um während der Erfassung und Aufbewahrung der Proben die flüchtigen Substanzen nicht zu verlieren.

- f) spezielle Geräte zur Bestimmung der Oberflächenaktivität:
 - Waage mit geeigneter maximaler Gewichtsskala und mit ausreichender Genauigkeit;
 - Maßband oder Messstab ausreichender Länge für die Messung der Inkremente.

7 Verfahren der Probenahme

7.1 Allgemeines

Das Probenahmeverfahren ist im Probenahmeplan festgelegt und hängt von den Zielsetzungen der Studie ab. Die Entnahme der Proben und die Vorbereitung der sortierten Proben sind unabhängig von der gewählten (zielgerichteten oder wahrscheinlichkeitsorientierten) Probenahmestrategie. Die Ziele der Studie sind in 7.2.1 für die Entnahme von Proben aus oberen Schichten bis 20 cm Tiefe und aus tieferen Schichten bei anderen Anwendungen für eine gegebene Probenahmeeinheit beschrieben.

Die in 7.2.2 und 7.2.3 enthaltenen allgemeinen Anweisungen gelten für die folgenden Fälle:

- erste Übersicht über die radioaktive Belastung der Umwelt;
- Routineüberwachung des Einflusses kerntechnischer Anlagen oder der Entwicklung des umgebenden allgemeinen Geländes;
- Untersuchungen von Störfällen und anderen Vorkommnissen;
- Planung und Kontrolle von Korrekturmaßnahmen;
- Außerbetriebsetzung von Anlagen und Entsorgung des Erdreichs vom Standort;
- spezielle Anleitungen werden gegeben zur

- Untersuchung der vertikalen Verteilung von Radionukliden, einschließlich der aus einem Graben entnommenen Proben;
- Bestimmung der vom Boden aufgenommenen Aktivität.

7.2 Entnahme der Proben

7.2.1 Wahl der Entnahmetiefe je nach Zielsetzung der Studie

7.2.1.1 Erste Übersicht über die Radioaktivität in der Umwelt

Bei ungestörten Böden kann die Tiefe der Schicht bzw. der Schichten, aus der Proben entnommen werden, mit einem der beiden folgenden Verfahren bestimmt werden:

- Einheitlicher Ansatz mit Probenahme aus Tiefen, die unabhängig von den natürlichen Schwankungen der Bodeneigenschaften sind [21], [22]. Beispielsweise kann eine Oberflächenschicht bis zu einer Tiefe von 20 cm als eine einzige Einheit erfasst werden oder, falls eine Referenzoberflächenschicht für zukünftigen potentiellen Fallout benötigt wird, als zwei Einheiten erfasst werden, und zwar eine von der Oberfläche bis zur Tiefe von 5 cm [26] und die zweite bis zur Tiefe von 20 cm [27].
- Uneinheitlicher, an die natürlichen Merkmale angepasster Ansatz, bei dem sich die Probenahmeschichten [7] nach der Dicke der Wurzelschicht oder der pedologischen Charakteristik des Profils richten. Im letzteren Fall sollte eine entsprechende Anzahl von separaten Proben aus jedem Horizont entnommen werden, wenn verschiedene Bodenhorizonte vorliegen.

Bei durch menschliche Aktivitäten wie Ackerbau veränderten (gestörten) Böden werden zwei Ansätze unterschieden:

- a) einheitlicher Ansatz mit Probenahme in einer Tiefe, die sich speziell nach der lokalen Bodenbearbeitungspraxis richtet. Beispielsweise können je nach gepflügter Tiefe Proben bis zu einer Tiefe von 20 cm oder mehr erfasst werden;
- b) uneinheitlicher, an die tatsächlichen Merkmale des Bodens angepasster Ansatz. Bei Probenprofilen ergibt sich die Oberflächenschicht aus der Tiefe des gestörten Horizonts, und die unteren Schichten werden aus den pedologischen Merkmalen bestimmt. Im letzteren Fall sollte eine entsprechende Anzahl von separaten Proben aus jedem Horizont entnommen werden, wenn verschiedene Bodenhorizonte vorliegen.

7.2.1.2 Routineüberwachung des Einflusses kerntechnischer Anlagen oder der Entwicklung des umgebenden allgemeinen Geländes

Unveränderte Böden für die Probenahme werden nach einem einheitlichen Ansatz, wie er in 7.2.1.1 beschrieben ist, ausgewählt. Damit die Proben aus verschiedenen Probenahmen vergleichbar sind, ist es wichtig, dass Bodenproben in einem Teil des Gebiets entnommen werden, in dem mindestens ein Jahr lang keine Probenahme stattgefunden hat. Wenn während der Voruntersuchung des Areals eine Referenzoberflächenschicht definiert wurde, ist zur Feststellung des potentiellen Fallouts dieselbe Oberflächenschichttiefe zu erfassen.

Wenn die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens im Probenahmegebiet homogen sind und keine potentielle Entwicklung der radioaktiven Eigenschaften im Verlauf der Zeit stattfindet, kann die Erfassung der Proben auf einen Probenahmepunkt beschränkt werden.

Sequentielle Bodenproben können mit geeigneten Werkzeugen zur Erfassung von Massen von mindestens 1 kg Trockenmasse je Probenahmepunkt entnommen werden. Für die von mehreren Gruppen durchgeführte Überwachung eines allgemeinen Territoriums ist durch das Verfahren der Probenahme sicherzustellen, dass Erde aus derselben Tiefe entnommen wird, damit die Ergebnisse verglichen werden können (siehe 9.2).

7.2.1.3 Untersuchung von Störfällen und anderen Vorkommnissen

Wenn die Kontamination eines Gebiets nach einem Störfall wahrscheinlich ist, sollten sobald wie technisch möglich Oberflächenproben im gesamten betroffenen Gebiet entnommen werden, wobei die Grundsätze des Strahlenschutzes zu berücksichtigen sind. Das Ziel ist die Bestimmung des Ausmaßes der horizontalen Kontamination sowie bei heterogener diffuser Verunreinigung (mit bekannten Strahlenquellenpunkten) die Ermittlung des resultierenden Aktivitätsgradienten.

Um für einen Störfall oder andere Vorkommnisse vorbereitet zu sein, können im Voraus bestimmte geeignete Probenahmeeinheiten in der Umgebung kerntechnischer Anlagen festgelegt werden, um unmittelbar nach einem Störfall eine angemessene Probenahme sicherzustellen.

In Fällen, bei denen nach einer kürzlich stattgefundenen Kontamination die Bodenaktivität ermittelt werden soll, wird empfohlen, Proben von der Oberfläche bis zu einer Tiefe von maximal 5 cm zu entnehmen. Da die Messergebnisse als Oberflächenaktivität anzugeben sind, ist es wichtig, dass das Gebiet, in dem Oberflächenproben genommen werden, ebenso wie die Masse der sortierten Probe und die Masse der Laborprobe genau bestimmt werden. Die Tiefe der Probeninkremente muss die gleiche sein und protokolliert werden (Einzelheiten siehe [Abschnitt 9](#)).

In Fällen einer früheren Kontamination muss das Probenahmeverfahren die Wanderung der Radionuklide im Boden berücksichtigen. Proben sind von verschiedenen Ebenen zu entnehmen, bis zu einer maximalen Tiefe je nach der vertikalen Migrationsrate, die von der Bodenbeschaffenheit sowie von den chemischen und physikalischen Eigenschaften der Radionuklide abhängt (Einzelheiten siehe [7.2.3](#)).

Wenn auf dem Gelände Installationsabfälle wie z. B. in Form von Baumaterialien gefunden werden, können sie radiologisch untersucht werden, um festzustellen, ob sie als eine potentielle Quelle von Radionukliden oder von Strahlenbelastung anzusehen sind.

Da Fallout heterogene Areale kontaminieren kann, was die Anzahl der für die Probenahme idealen Bereiche z. B. auf Grund von Bebauung oder Baumbewuchs einschränkt, dürfen die Proben in offenen Flächen abseits von Gebäuden und/oder Bäumen entnommen werden.

7.2.1.4 Planung und Kontrolle von Korrekturmaßnahmen

Die Arbeiten beinhalten die Erfassung horizontaler und vertikaler Profilproben über dem gesamten zu untersuchenden Gebiet, um die charakteristischen Merkmale der gestörten Bodenschichten in allen Tiefen zu bestimmen. Dies kann zu einer Erweiterung der Untersuchungstiefe bis zu einem Bereich führen, in dem die betreffenden Radionuklide nicht mehr nachweisbar sind. Bei Ackerland ist die Gesamttiefe der Probenahme mindestens gleich der gepflügten Tiefe oder der Tiefe der Wurzelschicht (was davon tiefer liegt).

Zwei Fälle sind möglich: Entweder ist die Kontamination des Areals gut bekannt, wie im Falle eines alten Uranbergwerks, oder die Kontamination wird erst seit kurzem vermutet, weil frühere Aktivitäten nicht protokolliert wurden.

Im Falle der bekannten Kontamination wurden meistens schon Schutzmaßnahmen ergriffen. Die Planung von Korrekturmaßnahmen kann anhand der im ersten Absatz dieses Unterabschnitts beschriebenen Arbeiten vorgenommen werden.

Im Falle des neueren Verdachts auf radioaktive Kontamination des Bodens, der auf Grund eines Gerüchts, der Anfrage einer Einzelperson oder der zufälligen Entdeckung der früheren Verwendung von Radionukliden auf dem Gelände zurückgeht, ist unabhängig vom Ursprung des Verdachts zunächst der Status des Gebiets festzustellen, und dann sind die erforderlichen Schritte für eine schnelle Untersuchung einzuleiten.

Als erster Schritt kann die Messung der Gammadosisleistung vorgenommen werden. Falls die Dosisleistung der Gammastrahlung normal ist, kann eine Messung mit einem mit geeignetem Detektor ausgestatteten Zähler durchgeführt werden. Diese schnellen Untersuchungen können in Verbindung mit historischen Nachforschungen helfen, den Verdacht zu bestätigen oder zu widerlegen.

Wenn auf dem Gelände Installationsabfälle, z. B. in Form von Baumaterialien oder Bauschutt, gefunden werden, können diese radiologisch untersucht werden, um festzustellen, ob sie als eine potentielle Quelle von Radionukliden oder von Strahlenbelastung anzusehen sind.

Falls sich der Verdacht nicht entkräften lässt, können Schutzmaßnahmen ergriffen und eine ausführlichere Untersuchung vorgenommen werden. Die Planung dieser Untersuchung kann anhand der im ersten Absatz dieses Unterabschnitts beschriebenen Arbeiten vorgenommen werden. Bei der zu untersuchenden Probenahmeeinheit sind in jeder Ebene des gestörten Bodens Probenreihen von mindestens fünf Ebenen zu entnehmen. Die Oberflächenschicht wird bis zu einer maximalen Tiefe von 5 cm erfasst. Die darunter liegenden Schichten werden durch aufeinanderfolgende Abschnitte erfasst, deren Dicke sich aus der untersuchten Tiefe dividiert

durch die Anzahl der Probenahmeschichten errechnet. Jedoch darf die Dicke jeder Schicht bei Ackerland nicht mehr als 10 cm und bei aufgefülltem Gelände nicht mehr als 50 cm betragen. Darüber hinaus darf die Entnahme der Proben aus den einzelnen Schichten nicht dazu führen, dass die Bodenhorizonte (Ackerland) oder die Materialien (Deponiegelände) vermischt werden.

Bei der Entnahme von Proben aus gestörtem Boden sind die in 7.2.3 angegebenen Empfehlungen zu befolgen.

7.2.1.5 Außerbetriebsetzung von Anlagen und Weiterverwendung von Geländen

Bodenrekultivierungsmaßnahmen und die Außerbetriebsetzung von Anlagen, in denen radioaktive Materialien benutzt wurden, können zum Anfall von Abraum und Materialien führen, die entsprechend den nationalen Vorschriften zu behandeln sind. Manche dieser Materialien, wie z. B. Bauschutt, können wieder verwendet oder als Abfall entsorgt werden. Für diese Materialien ist die Einhaltung der nationalen Vorschriften bezüglich ihrer radioaktiven Belastung nachzuweisen.

Die Probenahmestrategie muss die zukünftige Nutzung des Geländes berücksichtigen. Die Probenahmestrategie für die Einteilung in entsorgbare Abfälle und wiederverwendbare Materialien hängt davon ab, ob das Material

- noch über die Fläche verteilt ist;
- zusammengetragen und aufgehäuft ist;
- vorübergehend in großen Säcken, Fässern oder anderen Behältern aufbewahrt wird; oder
- lose oder in Behältern auf Lastwagen verladen ist.

Wenn kontaminiertes Erdreich oder Bauschutt über eine Fläche verteilt ist, gehören zur Radioaktivitätsbestimmung die horizontale und die vertikale Probenahme nach 7.2.1.4 über dem gesamten Gelände.

Maßnahmen wie *In-situ*-Messungen oder Untersuchungen von Lastwagenladungen auf erhöhte Radioaktivität können ebenfalls durchgeführt werden. Sie sind in Literaturhinweis [20] beschrieben.

7.2.2 Probenahme aus dem Oberboden

7.2.2.1 Allgemeines

Bei der Planung der Probenahmeeinheit sollte an allen Probenahmepunkten ein Teil der Vegetation über dem Oberboden entfernt und gegebenenfalls aufbewahrt werden (Durchgangsstudie, siehe 6.2.3). Übliche Vorsorgemaßnahmen sind zu treffen, um unnötige Querkontaminationen beim Sammeln der Proben zu vermeiden. Die Gerätschaften können insbesondere bei hoch kontaminierten Böden kontaminiert werden und müssen daher zwischen den einzelnen Sammelpunkten gereinigt werden, oder es müssen Einwegartikel verwendet werden.

7.2.2.2 Probenahme mit Kernbohrer

Der Kernbohrer wird bis zu der je nach Zielsetzung der Studie gewünschten Tiefe (5 cm oder mehr) in das Erdreich unter der Bodenoberfläche gesenkt. Der Bohrer wird dann herausgezogen und der Bohrkern einschließlich der Reste von Pflanzenteilen und Wurzeln entnommen und in einen geeigneten Behälter gelegt. Dieser Vorgang wird für jeden Probenahmepunkt der Einheit wiederholt, und die Bohrkerns werden zu einer Mischprobe vermischt. [26], [27]

Der Kernbohrer, der die Bodenprobe enthält, kann auch direkt zum Labor gebracht werden, wo die Entnahme der Probe, die Kombination der Bohrfolgen und ihre mögliche Reduktion mit Aussonderung der groben Bestandteile unter günstigeren Bedingungen durchgeführt werden können als im Feld.

7.2.2.3 Probenahme mit Rahmen

Bei manchen Arten von trockener loser Erde kann ein quadratischer Rahmen von 20 cm Seitenlänge und 5 cm Höhe [27] oder ein Ring von 10 cm Durchmesser und 5 cm Tiefe [26] verwendet werden. Der Rahmen wird in die Bodenoberfläche gedrückt. Die Erde im Innern des Rahmens wird mit einer kleinen Kelle bis zu einer Tiefe

von 5 cm ausgehoben und in einen geeigneten Behälter gegeben. Dieser Vorgang wird für jeden Probenahmepunkt der Einheit wiederholt, und die Bodenfolgen werden zu einer Mischprobe vermischt.

7.2.3 Probenahme von Bodenprofilen

7.2.3.1 Allgemeines

Diese Maßnahme betrifft die Probenahme zur Bestimmung der Tiefenverteilung der Kontamination und des Gradienten der Aktivitätskonzentration. Die Proben werden bis zu einer Tiefe entnommen, die sich nach den pedologischen Gegebenheiten und der Zielsetzung der Studie richtet. Je nach der Tiefe, in der noch Aktivität angetroffen wird oder die untersucht wird, können Bohrlöcher erforderlich sein.

Bei Böden mit höherer Kohäsion, bei denen es leicht ist, bis zu mehreren Dezimetern einzudringen, kann ein Bohrwerkzeug mit einer Innenhülle benutzt werden, die sich bis zur Eindringtiefe füllt. Bei anderen Böden können die Proben entweder aus einem Graben mit einer Tiefe von bis zu etwa 2 m oder von Bohrkernen, die mit Rohrbohrern aus einer Tiefe von bis zu mehreren Metern gewonnen werden, entnommen werden (siehe 7.2.3.2 und 7.2.3.3).

ANMERKUNG Die Grabentechnik ist anderen Verfahren vorzuziehen, weil sie eine bessere Erkennung der Bodenhorizonte mit minimaler Störung ermöglicht.

Bei Böden mit natürlichen oder künstlichen makroskopischen Heterogenitäten (Schrumpfspalten in Lehmböden, Drainagegräben usw.), die bevorzugte Migrationswege darstellen können, wird die Entnahme von Proben außerhalb dieser Strukturen empfohlen, außer dort, wo die Erfassung dieser Strukturen erforderlich ist. Jede angetroffene Anomalie muss auf dem Probenbegleitbogen notiert werden.

Da sehr durchlässige Böden (z. B. Sand) zu tieferer Migration der Radionuklide führen als andere Bodentypen, muss die Probenahme bis zu einem Bodenhorizont fortgesetzt werden, in dem die betreffenden Radionuklide nicht mehr festzustellen sind.

Wo Proben in Schichten durch sukzessive Schnitte mit einer Dicke, die sich aus der untersuchten Gesamtprofiltiefe dividiert durch die Anzahl der Schichten ergibt, entnommen werden, ist darauf zu achten, dass jede Überlappung von Probenschichten aus verschiedenen Bodenhorizonten vermieden wird.

Den Probenbegleitunterlagen ist eine Beschreibung des Bodens mit Angabe der Bodenhorizonte und ihrer physikalischen Eigenschaften (Farbe, Gefüge, Struktur, Grobstoffgehalt usw.) beizufügen, um die Interpretation der Ergebnisse zu erleichtern.

7.2.3.2 Probenahme aus einem Graben

Ein Graben von genügend großem Querschnitt (z. B. 0,5 m bis 1 m Breite und einer Länge von 2 m bis 4 m) wird mit geeigneten Hilfsmitteln ausgehoben, um den vollen Umfang des Schichtungsprofils (Log) des ausgehobenen Bodenmaterials zu erkennen. Die Abmessungen des Grabens richten sich nach den benutzten Geräten/Maschinen (z. B. Löffelbagger), der zu erreichenden Tiefe (durchschnittlich 2 m) und der Art des Bodens.

Die senkrechte Grabenwandung wird mit einem Messer abgeschabt, um die Bodenhorizonte zu finden, die nicht von der Aushubmaschine verdichtet oder verunreinigt wurden.

An der Wand werden von jedem Horizont manuell mit einem Spatel Folgeproben mit einer Mindestmasse von 1 kg und entsprechender Angabe der Maße entnommen, wobei eine Vermischung der einzelnen Bodenhorizonte zu vermeiden ist. Die Anzahl der Folgeproben je Horizont ergibt sich aus den Abmessungen der Probenahmeinheit und der benötigten Prüfprobenmasse.

Besonders vorsichtig ist darauf zu achten, dass vor und während der Probenahme keine Erde in den Graben fällt. Die Folgeproben aus demselben Horizont werden in einen sauberen Behälter oder Plastikbeutel gegeben. Die resultierende Mischprobe wird mit einer Schaufel oder einem ähnlichen Werkzeug gründlich durchgemischt. Während dieser Arbeit sind Klumpen zu zerkleinern und grobe Bestandteile von mehr als 2 cm Größe zu entfernen (oder getrennt zu sammeln, je nach Zielsetzung der Studie).

7.2.3.3 Probenahme aus der Tiefe mit einem Kernbohrer

Zunächst wird mit einem geeigneten Hilfsmittel nach 7.2.2.3 eine Oberflächenprobe von mindestens 1 kg Trockenmasse aus einer maximalen Tiefe von 5 cm entnommen.

Dann werden mit einem geeigneten Kernbohrer die Tiefenproben genommen. Der (die) Bohrkern(e) wird (werden) aus dem Boden geholt, dem Bohrwerkzeug entnommen und auf eine saubere, chemisch neutrale und trockene Unterlage gelegt. Die Ausrichtung (oben-unten) und die Tiefe der Proben werden markiert.

Wird ein einheitlicher Ansatz mit vordefinierten Schichttiefen angewendet, werden die Bohrkern(e), ausgehend von der Oberflächenschicht, zugeschnitten und in mindestens 5 Abschnitte (einschließlich der separat erfassten Oberflächenschicht) aufgeteilt, wobei eine Vermischung der verschiedenen Bodenschichten zu vermeiden ist. Diese Abschnitte bilden die Folgeproben der einzelnen erfassten Schichten.

Wird eine Horizontmethode gewählt, werden die Bohrkern(e) ab der Oberflächenschicht jeweils an den Grenzen der einzelnen Bodenhorizonte, die entlang dem Bohrkern zu erkennen sind, durchgeschnitten. Die resultierenden Abschnitte stellen dann die Inkremente der verschiedenen erfassten Horizonte dar.

Die Anzahl der zu entnehmenden Bohrkern(e) und damit die Anzahl der Folgeproben je Schicht oder je Horizont wird in Relation zum Durchmesser des Bohrwerkzeugs, den Abmessungen der Probenahmeinheit und der erforderlichen Prüfprobenmasse festgelegt.

Zur Herstellung der Mischprobe und der Laborprobe siehe 7.3.

Wird ein Bohrwerkzeug mit Innenhülle benutzt, können die Hüllen aus dem Bohrwerkzeug herausgenommen und zum Labor gebracht werden, wo die einzelnen Arbeitsschritte wie Öffnen der Hülle, Kennzeichnen und Zuschneiden der Proben von Horizonten und Schichten, die Kombination der Folgeproben aus demselben Horizont bzw. derselben Schicht und ihre mögliche Reduktion mit Aussonderung der groben Bestandteile unter günstigeren Bedingungen durchgeführt werden können als im Feld.

7.3 Herstellung der sortierten Probe

Die Folgeproben aus derselben Probenahmeinheit werden in einen sauberen Behälter oder Kunststoffbeutel gegeben. Die resultierende Mischprobe wird über eine saubere, ebene und chemisch neutrale Unterlage verteilt und mit einer Schaufel oder einem ähnlichen Werkzeug gründlich durchmischt. Während dieser Arbeit sind Klumpen zu zerkleinern und grobe Bestandteile von mehr als 2 cm Größe zu entfernen (oder getrennt zu sammeln, je nach Zielsetzung der Studie), um die sortierte Probe herzustellen.

Bei bestimmten Studien sollten das jeweilige Verhältnis von Grobanteilen zur Masse der erfassten Bodenprobe bestimmt und deren radioaktive Eigenschaften gemessen werden. Die petrografische Natur und der anthropogene Ursprung des Schutts sowie die offensichtliche Porosität der Probe sollten protokolliert werden. Neuere Prüfverfahren, die spezielle Techniken erfordern, sind in diesem Rahmen nicht enthalten.

Die Viertelungstechnik (siehe Literaturhinweis [28]) kann zur Aufteilung der sortierten Probe eingesetzt werden, um eine Teilprobe von etwa 1 kg Trockensubstanz herzustellen.

Alle zum Labor geschickten sortierten Proben sind zu kennzeichnen und von einem nach 7.4 erstellten Probenbegleitbogen zu begleiten.

Wenn Radionuklide in Form flüchtiger Verbindungen für ein Bodenprofil untersucht werden, dürfen die von verschiedenen Bodenhorizonten entnommenen Proben nicht vermisch werden, soweit nicht anderes gefordert wird, und Folgeproben dürfen nicht kombiniert oder einer Homogenisierung oder Klumpenzerkleinerung unterzogen werden.