

DIN ISO 2889



ICS 13.040.40

Ersatzvermerk
siehe unten**Probenentnahme von luftgetragenen radioaktiven Stoffen aus Kanälen und Kaminen kerntechnischer Anlagen (ISO 2889:2010)**

Sampling airborne radioactive materials from the stacks and ducts of nuclear facilities (ISO 2889:2010)

Échantillonnage des substances radioactives contenues dans l'air dans les conduits et émissaires de rejet des installations nucléaires (ISO 2889:2010)

Ersatzvermerk

Ersatz für DIN 25423 Beiblatt 1:1987-03, DIN 25423-1:1999-12, DIN 25423-2:2000-08 und DIN 25423-3:1987-03

Siehe Anwendungsbeginn

Gesamtumfang 126 Seiten

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

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	7
Nationaler Anhang NA (informativ) Alphabetisches Verzeichnis der Definitionen	10
Einleitung	12
1 Anwendungsbereich	12
2 Normative Verweisungen	12
3 Begriffe	13
4 Formelzeichen	24
5 Faktoren mit Einfluss auf das Probenentnahmeprogramm.....	26
6 Probenentnahmeort.....	26
6.1 Generelle Anforderungen an die Probenentnahmestellen	27
6.2 Kriterien für eine gute Durchmischung am Probenentnahmeort.....	27
6.3 Auslegung von Fortluftkanälen für die Anordnung der Probenentnahmeeinrichtung	29
7 Auslegung der Probenentnahmeeinrichtung	29
7.1 Volumenstrommessung.....	29
7.2 Auslegung und Betrieb der Probenentnahmesonde für die Probenentnahme von Aerosolpartikeln.....	32
7.3 Transport von Aerosolpartikeln	35
7.4 Probenentnahme und Transport von Gasen und Dämpfen	38
7.5 Sammlung von Aerosolpartikeln.....	38
7.6 Sammlung von Gas- und Dampfproben.....	40
7.7 Bewertung und Nachrüstung von bestehenden Systemen.....	41
7.8 Zusammenstellung der Kriterien und Empfehlungen	41
8 Qualitätssicherung und Qualitätsüberwachung.....	42
Anhang A (informativ) Verfahren zur Messung des Luftdurchflusses durch einen Kanal oder Kamin	44
A.1 Einleitung.....	44
A.2 Spezielle Gesichtspunkte für die Anwendung der ISO 10780 bei Probenentnahmen in Kanälen und Kaminen in kerntechnischen Anlagen.....	45
A.2.1 Staurohre (Pitotrohre).....	45
A.2.2 Mittlere molare Masse der Luft im Kamin.....	45
A.2.3 Thermische Anemometer	46
A.3 Umrechnung der Werte von Messungen an einem einzelnen Punkt oder entlang einer einzelnen Linie auf den Gesamtdurchfluss	46
A.3.1 Staurohr	46
A.3.2 Thermisches Anemometer	47
A.3.3 Akustischer Strömungsmesser.....	47
Anhang B (informativ) Modelle der Abscheideverluste von Aerosolpartikeln in Transporteinrichtungen.....	49
B.1 Übertragungsgrad von Aerosolpartikeln bei Komponenten der Transporteinrichtung.....	50
B.1.1 Wandverluste in Probenentnahmesonden	50

	Seite
B.1.2 Gerade Rohre.....	52
B.1.3 Rohrbögen.....	54
B.2 Berechnung der Abscheideverluste von Aerosolpartikeln in einer Transporteinrichtung	55
Anhang C (informativ) Spezielle Betrachtungen zu Probenentnahme, Transport und Sammlung von radioaktiven Iodisotopen	57
C.1 Allgemeine Betrachtungen	57
C.2 Probenentnahme und Transport	57
C.3 Sammelmedien für radioaktive Iodisotope	60
Anhang D (informativ) Optimierung der Wahl von Schwebstofffiltern für die Sammlung radioaktiver Aerosolpartikel.....	61
Anhang E (informativ) Abschätzung der Fehler und Unsicherheiten bei der Probenentnahme aus der Fortluft	65
E.1 Einleitung.....	65
E.2 Bestimmung der Unsicherheit beim Transport von radioaktiven Stoffen.....	66
E.3 Auswertemethode der Unsicherheit.....	67
E.3.1 Auswertemethode für die Unsicherheit der Aktivitätsableitungen aus dem Kamin	67
E.3.2 Kombinierte Unsicherheit	68
E.3.3 Systematische Unsicherheiten.....	68
E.3.4 Unsicherheit im Zusammenhang mit konzeptionellen Fehlern	69
E.3.5 Beschreibung der kombinierten Unsicherheiten bei der Messung der Aktivitätsableitung	70
E.4 Bewertung der Unsicherheiten.....	71
E.4.1 Unsicherheiten bei Probenvolumen, Querschnittsfläche im Kamin und Übertragungsgrad.....	71
E.4.2 Unsicherheit bei der Strömungsgeschwindigkeit	72
E.4.3 Unsicherheit bei den Messgrößen	72
E.4.4 Systematische Unsicherheit infolge der gewählten Methode	73
E.5 Zusammenfassung der Auswertung der Unsicherheiten	73
E.6 Korrelierte Unsicherheiten.....	74
Anhang F (informativ) Nachweis einer guten Durchmischung und der Leistungsfähigkeit der Probenentnahmeeinrichtung	75
F.1 Verfahren zum Nachweis einer guten Durchmischung.....	75
F.1.1 Verfahren 1.....	75
F.1.2 Verfahren 2.....	77
F.1.3 Alternative Wege	78
F.2 Wann ein Nachweis der Leistungsfähigkeit der Probenentnahmeeinrichtung erforderlich ist.....	80
F.2.1 Verfahren zum Nachweis	80
F.2.2 Prüfung vor Ort.....	80
F.2.3 Simulation im Labor	81
F.2.4 Modellierung.....	82
Anhang G (informativ) Charakteristische Eigenschaften von Transuranaerosolpartikeln: Konsequenzen für die Probenentnahme aus der Fortluft kerntechnischer Anlagen	83
G.1 Einleitung.....	83

	Seite
G.2 Auswirkungen von HEPA-Filtern	83
G.3 Charakteristische Eigenschaften von Transuranaerosolpartikeln bei Störfällen	84
G.4 Auswirkungen auf die Auslegung von Probenentnahmesonden	86
G.5 Implikationen für andere kerntechnische Anlagen	86
Anhang H (informativ) Probenentnahme und Sammeln von Tritium und kontinuierliche Messung der Aktivitätskonzentration von Tritium	87
H.1 Chemie des Tritium	87
H.2 Gesichtspunkte bei der Probenentnahme	87
H.2.1 Probenentnahmesonde	87
H.2.2 Heizung	87
H.2.3 Anordnung des Mediums	88
H.3 Sammelmedium	88
H.3.1 Silikagel	88
H.3.2 Molekularsiebe	89
H.3.3 Gaswaschflaschen	89
H.3.4 Kondensation	89
H.3.5 Katalysatoren	89
H.4 Online-Erfassung	89
H.4.1 Ionisationskammer	89
H.4.2 Proportionalzähler	90
Anhang I (informativ) Eingreifschwellenwert	91
I.1 Eingreifschwellenwerte bei der Überwachung mittels kontinuierlicher Messung	93
I.2 Eingreifschwellenwert bei der Überwachung mit Sammelproben und diskreter Messung	94
I.3 Erforderliche Empfindlichkeit, um die gewählten Eingreifschwellenwerte zu erreichen	95
I.4 Alarme bei unzureichender Leistungsfähigkeit und Verfügbarkeit der Einrichtung	96
Anhang J (informativ) Qualitätssicherung	97
J.1 Dokumentation	97
J.1.1 Quellterm	97
J.1.2 Charakterisierung des Fortluftstroms	97
J.1.3 Auslegung und Ausführung	97
J.2 Wartung und wiederkehrende Prüfung	98
J.2.1 Wiederkehrende Prüfungen	98
J.2.2 Prüfung der Durchflussmessgeräte in der Probenentnahmeeinrichtung	98
J.2.3 Messgeräte für die kontinuierliche Bestimmung des Durchflusses der Fortluft	99
J.3 Kalibrierung	100
J.3.1 Kalibrierung der Durchflussmessgeräte in Probenentnahmeeinrichtungen	100
J.3.2 Kalibrierung der Messgeräte für die Bestimmung des Durchflusses der Fortluft	101
J.3.3 Kalibrierung von Zeitmessern	101

	Seite
Anhang K (informativ) Probenentnahme und Sammeln von Kohlenstoff-14	102
K.1 Chemie des Kohlenstoff-14	102
K.2 Gesichtspunkte für die Probenentnahme	102
K.2.1 An Aerosolpartikel gebundenes Kohlenstoff-14	102
K.2.2 Gasförmige Verbindungen von Kohlenstoff-14	102
K.3 Sammelmedien	102
K.3.1 An Aerosolpartikel gebundenes Kohlenstoff-14	102
K.3.2 Gasförmige Verbindungen von Kohlenstoff-14	103
Anhang L (informativ) Einflussgrößen auf die Auslegung der Probenentnahmeeinrichtung	105
L.1 Ziele der Probenentnahme	105
L.2 Gesichtspunkte für verschiedene Probenentnahmesituationen	106
L.2.1 Überlegungen für die Probenentnahme bei bestimmungsgemäßigem Betrieb und bei Störfällen	106
L.2.2 Probenentnahme von Aerosolpartikeln	107
L.2.3 Berücksichtigung großer Aerosolpartikel	108
L.2.4 Probenentnahme kondensierbarer Dämpfe oder reaktionsfreudiger Gase	109
L.2.5 Probenentnahme nicht kondensierbarer reaktionsarmer Gase	109
L.3 Eingreifschwollenwerte	109
L.4 Probenentnahmeumfeld	109
L.4.1 Charakterisierung des Probenentnahmeumfeldes	109
L.4.2 Temperatur	109
L.4.3 Fortluftdurchfluss	110
L.4.4 Zusammensetzung der Fortluft	110
L.4.5 Partikelgröße	110
L.5 Einfluss potenzieller Emissionen auf die Probenentnahme	111
Anhang M (informativ) Probenentnahmesonden und Probenentnahmerechen	112
M.1 Grundsätzliche Betrachtungen	112
M.2 Auslegung von Probenentnahmesonden	112
M.3 Ausführungen von Probenentnahmerechen	114
M.3.1 Theorie der Probenentnahmerechen	115
M.3.2 Beispiele für Probenentnahmerechen	116
Anhang N (informativ) Probenentnahme aus dem Kamin, Sammlung und Überwachung von Ruthenium-106	120
Literaturhinweise	121
 Bild B.1 – Probenentnahmesonde ohne Hüllrohr nach Chandra (1992), bei der etwa die Hälfte der Wandverluste an Aerosolpartikeln mit einem Aerosolpartikeldurchmesser D_a von 10 μm auftreten wie bei einer Probenentnahmesonde mit konstantem Innendurchmesser	51
Bild B.3 – Probenentnahmesonde mit Hüllrohr	51
Bild B.2 – Geometrisches Modell zur Darstellung der Parameter, die zur Nachbildung der Aerosolpartikelablagerung in einem geraden Rohr benutzt werden	53

	Seite
Bild B.4 – Beispiel einer Transporteinrichtung für Aerosolpartikel	55
Bild C.1 – Zu erwartender Übertragungsgrad von radioaktiven Iodisotopen als Funktion der Zeit für verschiedene Resuspensionsraten	58
Bild C.2 – Zu erwartender anfänglicher Übertragungsgrad von radioaktiven Iodisotopen durch eine Transportleitung aus Edelstahl	59
Bild D.1 – Schematische Darstellung des Abscheidegrades in Abhängigkeit vom aerodynamischen Aerosolpartikeldurchmesser mit Angabe der verschiedenen Filterwirkungsbereiche	61
Bild F.1 – Anwendung des Verfahrens 2 für den Nachweis der Durchmischung	77
Bild F.2 – Kaminfuß, von oben gesehen, mit Diagramm der Probenergebnisse	79
Bild M.1 – Probenentnahmesonde mit Hüllrohr, ausgelegt für einen Luftprobendurchfluss von 57 l min^{-1}	113
Bild M.2 – Ergebnisse von Tests im Windkanal, die den Transmissionsgrad von Aerosolpartikeln mit einem aerodynamischen Aerosolpartikeldurchmesser D_a von $10 \text{ }\mu\text{m}$ durch die in Bild M.1 gezeigte Probenentnahmesonde darstellen	114
Bild M.3 – Ein Probenentnahmerechen, der eine Fläche abdeckt – Beispiel 1	117
Bild M.4 – Ein Probenentnahmerechen, der eine Fläche abdeckt – Beispiel 2	117
Bild M.5 – Ein Probenentnahmerechen, der eine Fläche abdeckt – Beispiel 3	118
Bild M.6 – Beispiel einer Probenentnahmeeinrichtung, wie sie üblicherweise in deutschen kerntechnischen Anlagen verwendet wird	119
 Tabelle 1 – Zusammenfassung der Empfehlungen für einen Probenentnahmeort	 28
Tabelle 2 – Anzahl der Probenentnahmesonden bei Probenentnahmeeinrichtungen mit mehreren Probenentnahmesonden	34
Tabelle 3 – Zusammenfassung der leistungsbezogenen Kriterien und Empfehlungen	42
Tabelle B.1 – Beispiel der Verwendung eines Programms (DEPOSITION 2001a) zur Abschätzung des Übertragungsgrades in einer Transporteinrichtung	56
Tabelle D.1 – Charakteristische Merkmale von Schwebstofffiltern, bewertet für die Verwendung bei der Sammlung radioaktiver Aerosolpartikel	63
Tabelle D.2 – Eigenschaften anderer Schwebstofffilter	64
Tabelle E.1 – Unsicherheit bei der Bestimmung des Volumens der Luftprobe, der Querschnittsfläche des Kamins und des Übertragungsgrads der Transportleitung	72
Tabelle E.2 – Unsicherheit bei der Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeit	72
Tabelle G.1 – Rückhaltegrad von HEPA-Schwebstofffiltern und Durchlass von plutoniumhaltigen Aerosolpartikeln	84
Tabelle I.1 – Hinweise zu Unsicherheiten bei Probenentnahme und Messung	93

Nationales Vorwort

Vorausgegangene Norm-Entwürfe: E DIN ISO 2889:2008-02 und E DIN 25423 Beiblatt 1:1999-10.

Die Internationale Norm ISO 2889:2010 wurde von SC 2 „Radiological protection“ des TC 85 „Nuclear energy, nuclear technologies and radiological protection“ der Internationalen Normungsorganisation (ISO) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Für diese Norm ist das nationale Arbeitsgremium GUK 967.2 „Aktivitätsmessgeräte für den Strahlenschutz“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (<http://www.dke.de>), Gemeinschaftsgremium mit dem Normenausschuss Radiologie (NAR), zuständig. Zu Fragen der Überwachung luftgetragener Aktivitätsableitungen hat dieses den Arbeitskreis GAK 967.2.4 eingesetzt.

Zur Unterstützung der Anwendung dieser Norm sind folgende Beiblätter vorgesehen bzw. veröffentlicht:

- DIN ISO 2889 Beiblatt 1 *Probenentnahme von luftgetragenen radioaktiven Stoffen aus Kanälen und Kaminen kerntechnischer Anlagen – Beiblatt 1: Verteilungen von Aktivität über dem Aerosolpartikeldurchmesser*
- DIN ISO 2889 Beiblatt 2 *Probenentnahme von luftgetragenen radioaktiven Stoffen aus Kanälen und Kaminen kerntechnischer Anlagen – Beiblatt 2: Abschätzung der Änderungen der Konzentration der Aerosolpartikel infolge nicht-isokinetischer Probenentnahme*
- DIN ISO 2889 Beiblatt 3 *Probenentnahme von luftgetragenen radioaktiven Stoffen aus Kanälen und Kaminen kerntechnischer Anlagen – Beiblatt 3: Abschätzung von Abscheideverlusten in Probenentnahmeleitungen*
- DIN ISO 2889 Beiblatt 4 *Probenentnahme von luftgetragenen radioaktiven Stoffen aus Kanälen und Kaminen kerntechnischer Anlagen – Beiblatt 4: Sammelverfahren*
- DIN ISO 2889 Beiblatt 5 *Probenentnahme von luftgetragenen radioaktiven Stoffen aus Kanälen und Kaminen kerntechnischer Anlagen – Beiblatt 5: Verfahren der Bestimmung der Leistungsfähigkeit von Probenentnahmeeinrichtungen*

Im Text wird abweichend von der Formulierungsweise nach DIN 1319, z. B. „eine Kugel mit einem Wert der Dichte von 1 000 kg m⁻³“, die vereinfachte Schreibweise verwendet wie „eine Kugel mit einer Dichte von 1 000 kg m⁻³“.

Eine alphabetische Übersicht über die in Abschnitt 3 definierten Begriffe ist im Nationalen Anhang NA zusammengestellt.

In den Nationalen Fußnoten wird auf folgende Dokumente verwiesen:

- DIN 1343:1990-01, *Referenzzustand, Normzustand, Normvolumen – Begriffe und Werte*
- DIN ISO 11929:2011-01, *Bestimmung der charakteristischen Grenzen (Erkennungsgrenze, Nachweisgrenze und Grenzen des Vertrauensbereichs) bei Messungen ionisierender Strahlung – Grundlagen und Anwendungen (ISO 11929:2010)*
- KTA 1503.1:2002-06, *Überwachung der Ableitung gasförmiger und an Schwebstoffen gebundener radioaktiver Stoffe – Teil 1: Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Kaminfortluft bei bestimmungsgemäßem Betrieb*
- KTA 1504:2007-11, *Überwachung der Ableitung radioaktiver Stoffe mit Wasser*
- KTA 1507:1998-06, *Überwachung der Ableitungen radioaktiver Stoffe bei Forschungsreaktoren*
- VDI 2066 Blatt 1:2006-11, *Messen von Partikeln – Staubmessungen in strömenden Gasen – Gravimetrische Bestimmung der Staubbeladung*
- VDI/VDE 2640 Blatt 3:1983-11, *Netzmessungen in Strömungsquerschnitten – Bestimmung des Gasstromes in Leitungen mit Kreis-, Kreisring- oder Rechteckquerschnitt*

Die im Text der Norm zitierte ISO 10780 wurde bisher nicht als Deutsche Norm übernommen.

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

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

Anforderungen an fest installierte Einrichtungen zur Überwachung der Abgabe von radioaktiven Aerosolen mit gasförmigen Ableitungen sind angegeben in:

- DIN EN 60761-1 (VDE 0493-1-1):2005-05, *Einrichtungen zur kontinuierlichen Überwachung von Radioaktivität in gasförmigen Ableitungen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 60761-1:2002, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60761-1:2004*
- DIN EN 60761-2 (VDE 0493-1-2):2005-05, *Einrichtungen zur kontinuierlichen Überwachung von Radioaktivität in gasförmigen Ableitungen – Teil 2: Besondere Anforderungen an Monitore für radioaktive Aerosole einschließlich Transuranaerosole (IEC 60761-2:2002, modifiziert); Deutsche Fassung EN 60761-2:2004*

Änderungen

Gegenüber DIN 25423-1:1999-12, DIN 25423-2:2000-08, DIN 25423-3:1987-03 und DIN 25423 Beiblatt 1:1987-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Abschnitt 3: Es werden deutlich mehr Begriffe definiert (90 statt bisher 30 in DIN 25423-1:1999-12);
- b) Abschnitt 4: Dieser Abschnitt mit der Erläuterung von 56 Formelzeichen bzw. Abkürzungen kam neu hinzu;
- c) Abschnitt 5: Sehr kurze Übersicht über Einflussfaktoren mit Verweis auf die Anhänge G (Transurane), I (Eingreifschwollenwert) und L (Einflussgrößen). Diese Angaben waren zuvor den einzelnen Themenbereichen zugeordnet und nicht (wie speziell im neuen Anhang L) separat zusammengestellt.
- d) Abschnitt 6: Grundsätzliche Angaben über die Bedingungen am Probenentnahmeort. Entspricht im Wesentlichen 4.1 bis 4.3 von DIN 25423-2:2000-08;
- e) Abschnitt 7: Eindeutig gegliederte Beschreibung der „Hardware“:
 - 7.1 Allgemeines zur Messung;
 - 7.2 und 7.3 Probenentnahmeeinrichtungen für Aerosolpartikel;
 - 7.4 Probenentnahmeeinrichtungen für Gase und Dämpfe;
 - 7.5 Sammler für Partikel;
 - 7.6 Sammler für Gase und Dämpfe;
 - 7.7 Optimierung von Einrichtungen;
 - 7.8 Übersicht über Kriterien, Empfehlungen.DIN 25423-2:2000-08 behandelte fast ausschließlich nur die Anordnung sowie Art und Bauform von Probenentnahmesonden und Transportleitungen.
- f) Abschnitt 8: Qualitätssicherung oder -überwachung, gibt einen Überblick, zur ausführlichen Abhandlung siehe Anhang J. Dieses Thema wurde in DIN 25423 praktisch nicht behandelt.
- g) Anhang A: Messung des Durchflusses, in DIN 25423 nicht vorhanden (abgesehen von Abschnitt 6 in Teil 1 mit allgemeinen Hinweisen zur Überwachung des Luftdurchsatzes);
- h) Anhang B: Verluste von Aerosolpartikeln beim Transport, wurde ausführlich im Beiblatt zu DIN 25423 behandelt, das sich praktisch nur mit diesem Thema beschäftigte, abgesehen von Angaben zu Aerosolpartikelverlusten in DIN 25423-2 und den Hinweisen auf Verluste in 4.1.4.1 bis 4.1.4.6 von DIN 25423-1;
- i) Anhang C: Überlegungen zu radioaktivem Iod, waren in DIN 25423 nicht so ausführlich und nicht separat zusammengestellt wie hier (sondern den einzelnen Abschnitten, wie Partikelverluste, Strömungsverhältnisse usw., zugeordnet);
- j) Anhang D: Schwebstofffilter zur Abscheidung von Aerosolpartikeln, wurde zuvor in DIN 25423-3 in Abschnitt 4 bei den Methoden der Abscheidung von Aerosolpartikeln ausführlich beschrieben;
- k) Anhang E: Unsicherheiten, als eigener übersichtlicher Abschnitt neu aufgenommen;

- l) Anhang F: Methoden zur Verifikation von Vermischung und Leistungsdaten, mit der ausführlichen Beschreibung verschiedener Methoden wurde neu aufgenommen;
- m) Anhang G: Überlegungen zu Transuranen, wurde neu aufgenommen;
- n) Anhang H: Überlegungen zu Tritium, wurde neu aufgenommen;
- o) Anhang I: Eingreifschwellenwert, wurde neu aufgenommen;
- p) Anhang J: Qualitätssicherung, wurde neu aufgenommen. DIN 25423-2 beschreibt auf einer halben Seite lediglich die Notwendigkeit und Häufigkeit von Überprüfungen der gesamten Probenentnahmeeinrichtung.
- q) Anhang K: Überlegungen zu Kohlenstoff-14, wurde neu aufgenommen;
- r) Anhang M: Probenentnahmesonden und -rechen – keine gebogenen Probenentnahmesonden wegen Verlusten bei großen Partikeln (Arbeit von McFarland und Rodgers 1993). Keine Empfehlung von Probenentnahme mit mehreren Probenentnahmesonden (Probenentnahmerechen) mehr, weil der Mittelwert von einer Einzelpunktmessung im Zentrum als repräsentative Probe erfasst wird. Empfehlung von Probenentnahmesonden mit Hüllrohr.
- s) Anhang N: Überlegungen zu Ruthenium-106, wurde neu aufgenommen.
- t) DIN 25423-1 enthält in den Abschnitten 5 bis 7 Anforderungen an Luftförderung und Volumenüberwachung sowie Regelung des Volumenstroms, was in der ISO-Publikation nicht mehr enthalten ist.

Frühere Ausgaben:

DIN 25423-1: 1977-12, 1987-03, 1999-12
DIN 25423-2: 1977-12, 1987-03, 2000-08
DIN 25423-3: 1977-12, 1987-03
DIN 25423 Beiblatt 1: 1977-12, 1987-03

Nationaler Anhang NA (informativ)

Alphabetisches Verzeichnis der Definitionen

Deutsch	Englisch	Nummer
Abscheideverlust	depositional loss	3.25
Absorptionsmittel	absorbent	3.2
Abweichung vom Normalbetrieb, Störfall	off-normal (conditions)	3.54
Adsorptionsmittel	adsorbent	3.6
aerodynamischer Durchmesser	aerodynamic diameter	3.7
Aerosol	aerosol	3.8
Aerosol, monodispers	aerosol, monodisperse	3.9
Aerosol, polydispers	aerosol, polydisperse	3.10
Aerosolpartikel	aerosol particles	3.11
Analysator	analyser	3.12
Anzahlgrößenverteilung	number size distribution	3.52
Aspirationskoeffizient	aspiration efficiency	3.13
Aufbereitungssystem	conditioning system	3.20
Auslass / Auslassebene der Probenentnahmesonde	nozzle exit (plane)	3.50
Befeuchter	humidifier	3.37
Biegung, Bogen	bend	3.14
Dampf	vapour	3.89
Durchfluss	flow rate	3.33
dürfen	may	3.45
effektive Dosis	effective dose equivalent	3.28
Einbettung	burial	3.16
Eingreifschwollenwert	action level	3.5
Einlass / Einlassebene der Probenentnahmesonde	nozzle inlet (plane)	3.51
Emission	emission	3.30
emittieren	emit	3.31
Empfindlichkeit	sensitivity	3.78
flüchtig	volatile	3.91
Fortluft	effluent air	3.29
Genauigkeit	accuracy	3.4
geometrische Standardabweichung	geometric standard deviation	3.35
geometrischer Mittelwert einer Variablen	geometric mean of a variable	3.34
Geschwindigkeitsprofil	velocity profile	3.90
Hauptluftstrom	bulk stream	3.15
HEPA-Filter (Filter für high efficiency particulate air)	HEPA (high efficiency particulate air) filter	3.36
Hüllrohr	shroud	3.81
hydraulischer Durchmesser	hydraulic diameter	3.38
Impaktion	impaction	3.39
Inline-Einrichtung	in-line system	3.40
Interzeption	interception	3.41
isokinetisch	isokinetic	3.42
kalibrieren	calibrate	3.17
kontinuierliche Messung	continuous monitoring	3.22
kontinuierlicher Luftmonitor (Monitor)	continuous air monitor (CAM)	3.21

Deutsch	Englisch	Nummer
kontinuierliches Sammeln	continuous sampling	3.23
Krümmungsverhältnis	curvature ratio	3.24
laminare Strömung	laminar flow	3.43
Luftprobenstrom	sample stream	3.71
Membranfilter	membrane filter	3.46
Mischelement	mixing element	3.47
muss	shall	3.79
Nachweisgrenze	LLD	3.44
Nachweisgrenze	detection limit	3.26
Normbedingungen	standard conditions	3.82
Offline-Einrichtung	off-line system	3.53
Partikel	particle	3.55
Partikel, groß	particle, large	3.56
Partikelgrößenverteilung	particle size distribution	3.57
potenzielle Emissionen	potential emission	3.59
Präzision	precision	3.60
Probe	sample	3.68
Probe für die Bilanzierung	record sample	3.65
Probenentnahme	extractive sampling	3.32
Probenentnahme	sampling	3.72
Probenentnahmeebene	sampling plane	3.75
Probenentnahmeeinrichtung	sampling system	3.76
Probenentnahmeort	sampling location	3.69
Probenentnahmesonde, Einlassöffnung	nozzle	3.49
Probenentnahmesonde	probe	3.61
Probenentnahmestelle	sampling extraction location	3.74
Probenentnahmeumfeld	sampling environment	3.73
Profil	profile	3.62
Qualitätssicherung	quality assurance	3.63
Radionuklid	radionuclide	3.64
Reduzierungseinrichtung	abatement equipment	3.1
Referenzmethode	reference method	3.66
repräsentative Probe	representative sample	3.67
Sammeleinrichtung	sampler	3.70
Sammeleinrichtung, Sammler	collector	3.19
Sinkgeschwindigkeit	sedimentation velocity	3.77
sollte	should	3.80
Störfall(-bedingungen)	accident (conditions)	3.3
Transmission	transmission	3.83
Transporteinrichtung	transport system	3.85
Transportleitung	transport line	3.84
Tröpfchen	droplet	3.27
turbulente Strömung	turbulent flow	3.86
Übertragungsgrad	penetration	3.58
überwachen	monitor	3.48
Unsicherheit	uncertainty	3.87
Unsicherheitsanalyse	uncertainty analysis	3.88
Variationskoeffizient	coefficient of variation (COV)	3.18
Wandverlust	wall loss	3.92

Probenentnahme von luftgetragenen radioaktiven Stoffen aus Kanälen und Kaminen kerntechnischer Anlagen

Einleitung

Diese Norm behandelt die Überwachung der Aktivitätskonzentrationen und der Aktivitätsableitungen radioaktiver luftgetragener Stoffe in Kanälen und Kaminen. Andere Arten der Überwachung der Aktivitätskonzentrationen und der Aktivitätsableitungen luftgetragener radioaktiver Stoffe (Überwachung in der Umgebung oder am Arbeitsplatz) werden in anderen Normen behandelt. Diese Norm vermittelt leistungsbezogene Kriterien für den Einsatz von Einrichtungen zur Probenentnahme von Luftproben einschließlich Probenentnahmesonden, Transportleitungen, Sammeleinrichtungen, Monitoren und Luftdurchflussmesseinrichtungen und -verfahren. Diese Norm informiert auch über Ziele der Überwachung, Qualitätssicherung, Festlegung von Eingreifschwollenwerten der Überwachung, Optimierung von Einrichtungen und Nachweis der Leistungsfähigkeit von Einrichtungen.

ISO 2889 wurde erstmals 1975 als Leitlinie für die Probenentnahme luftgetragener radioaktiver Stoffe in Kanälen, Kaminen und an Arbeitsplätzen von Anlagen, in denen mit radioaktiven Materialien gehandhabt wird, erstellt. Seitdem wurde eine verbesserte technische Grundlage für jedes der hauptsächlichen Spezialgebiete der Probenentnahme entwickelt. Der Schwerpunkt dieser Norm liegt auf der Probenentnahme aus der Luft in Kanälen und Kaminen.

Das Ziel einer unverfälschten repräsentativen Probe wird am besten erreicht, wenn die Luftproben aus einem Luftstrom entnommen werden, in dem mögliche luftgetragene Kontaminationen im Luftstrom gut durchmischt sind. Diese Norm stellt leistungsbezogene Kriterien und Empfehlungen als Hilfsmittel zur Verfügung, um gültige Messwerte der Aktivitätskonzentrationen von luftgetragenen radioaktiven Stoffen in Kanälen oder Kaminen zu gewinnen.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm stellt leistungsbezogene Kriterien und Empfehlungen für die Auslegung und den Gebrauch von Einrichtungen zur Entnahme von Proben von luftgetragenen radioaktiven Stoffen in der Abluft oder Fortluft in Kanälen und Kaminen kerntechnischer Einrichtungen zur Verfügung.

Die Anforderungen und Empfehlungen dieser Norm zielen auf eine Probenentnahme ab, die zur Einhaltung von Vorschriften und zur Überwachung des Verhaltens der Anlage durchgeführt wird. Falls die bestehenden Einrichtungen zur Probenentnahme nicht entsprechend den leistungsbezogenen Anforderungen und Empfehlungen dieser Norm entwickelt wurden, wird ein Nachweis der Leistungsfähigkeit der Einrichtung empfohlen. Falls dabei Unzulänglichkeiten festgestellt werden, sollte geprüft werden, ob eine Nachrüstung notwendig und möglich ist.

Die Kriterien dieser Norm mögen nicht unter allen Umständen mit einer Probenentnahmeeinrichtung, die für Normalbetrieb ausgelegt ist, erfüllbar sein. Bei einem Störfall gelten die Kriterien und Empfehlungen dieser Norm dennoch; bei einem Störfall mögen jedoch spezielle oder eigene Probenentnahmeeinrichtungen erforderlich sein.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente 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 10780:1994, *Stationary source emissions – Measurement of velocity and volume flow rate of gas streams in ducts*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Reduzierungseinrichtung

(en: abatement equipment)

Vorrichtung zur Herabsetzung der Konzentration von Kontaminationen in dem durch einen Kanal oder Kamin abgeleiteten Luftstrom

3.2

Absorptionsmittel

(en: absorbent)

Material, das durch den Vorgang der Diffusion einen Bestandteil aufnimmt, wobei der Bestandteil in die Struktur des Absorptionsmittels eindringt (bei Feststoffen) oder sich darin löst (bei Flüssigkeiten)

ANMERKUNG Wenn während der Absorption eine chemische Reaktion stattfindet, wird der Prozess Chemisorption genannt.

3.3

Störfall

Störfallbedingungen)

(en: accident (conditions))

Störfallzustand, der zur Freisetzung ungewöhnlicher Mengen an Radionukliden führen kann

3.4

Genauigkeit

(en: accuracy)

Grad der Übereinstimmung zwischen einem gemessenen Größenwert und dem wahren Größenwert

3.5

Eingreifschwollenwert

(en: action level)

Schwellenwert der Aktivitätskonzentration in der Fortluft, bei dem eine geeignete Maßnahme durchgeführt werden muss

3.6

Adsorptionsmittel

(en: adsorbent)

Material, im Allgemeinen ein Feststoff, das eine mit ihm in Berührung kommende Substanz durch im Nahbereich wirksame Molekularkräfte zurückhält, welche die adsorbierte Substanz an die Oberfläche des Materials binden

3.7

aerodynamischer Durchmesser

D_a

(en: aerodynamic diameter)

aerodynamischer Durchmesser eines Partikels beliebiger Form und Dichte ist der Durchmesser einer Kugel mit einer Dichte von $1\,000\text{ kg m}^{-3}$, welche die gleiche Sinkgeschwindigkeit in ruhender Luft wie das luftgetragene Partikel aufweist

3.8

Aerosol

(en: aerosol)

Dispersion fester oder flüssiger Partikel in Luft oder einem anderen Gas

ANMERKUNG Ein Aerosol besteht nicht ausschließlich aus Aerosolpartikeln.

3.9

Aerosol, monodispers

(en: aerosol, monodisperse)

Aerosol mit (festen oder flüssigen) Aerosolpartikeln, die alle etwa die gleiche Größe haben

ANMERKUNG Im Allgemeinen ist die geometrische Standardabweichung der Größenverteilung eines monodispersen Aerosols geringer oder gleich 1,1.

3.10

Aerosol, polydispers

(en: aerosol, polydisperse)

Aerosol mit Aerosolpartikeln unterschiedlicher Größe

ANMERKUNG Im Allgemeinen ist die geometrische Standardabweichung der Größenverteilung eines polydispersen Aerosols größer als 1,1.

3.11

Aerosolpartikel

(en: aerosol particles)

feste oder flüssige Bestandteile eines Aerosols

3.12

Analysator

Monitor

(en: analyser)

Gerät, das nahezu in Echtzeit Daten über radiologische Eigenschaften des Gasstroms (Luftstroms) in einer Probenentnahmeeinrichtung oder einem Fortluftkanal liefert

ANMERKUNG Ein Analysator ermittelt üblicherweise die Konzentrationen von Radionukliden in einem entnommenen Luftstrom, doch sind manche Analysatoren auch direkt innerhalb oder außerhalb eines Kamins oder Kanals montiert.

3.13

Aspirationskoeffizient

(en: aspiration efficiency)

Verhältnis der Aerosolpartikel-, -massen- oder -anzahlkonzentration in der Einlassöffnung der Probenentnahmesonde zur entsprechenden Konzentration in der freien Strömung

3.14

Biegung

Bogen

(en: bend)

stetige Richtungsänderung einer Probentransportleitung

ANMERKUNG Das Krümmungsverhältnis sollte wenigstens größer als 3 sein.

3.15

Hauptluftstrom

(en: bulk stream)

Luftstrom in einem Kanal oder Kamin im Unterschied zum Luftprobenstrom

3.16

Einbettung

(en: burial)

Einlagerung eines Partikels in ein Filtermedium oder die Abdeckung eines Partikels durch nachfolgende Ablagerungen von körniger Materie

3.17

kalibrieren

(en: calibrate)

Operationen, mit denen in einem ersten Schritt unter spezifizierten Bedingungen der Zusammenhang zwischen Größenwerten mit Messunsicherheiten, die durch Normale gegeben sind, und den entsprechenden Ausgaben bzw. Anzeigen einschließlich der zugehörigen Unsicherheiten hergestellt wird. In einem zweiten Schritt wird diese Information benutzt, um ein Messergebnis aus der Ausgabe oder Anzeige zu erhalten.

3.18**Variationskoeffizient**

(en: coefficient of variation (COV))

Größe, die das Verhältnis der Standardabweichung einer Variablen zu ihrem Mittelwert angibt

ANMERKUNG Dieser Wert wird üblicherweise als Prozentsatz angegeben.

3.19**Sammeleinrichtung****Sammler**

(en: collector)

Komponente einer Probenentnahmeeinrichtung, die zur Aufnahme (Sammeln) von Radionukliden für die Analyse dient

ANMERKUNG Z. B. ein Schwebstofffilter, das zur Abscheidung von Aerosolpartikeln, die alpha-emittierende Transurane oder andere Radionuklide enthalten, aus dem Luftprobenstrom verwendet wird.

3.20**Aufbereitungssystem**

(en: conditioning system)

Einrichtung, die zur gezielten kontrollierten Änderung der Aerosolpartikelkonzentration, der Gaszusammensetzung, der Partikelgrößenverteilung, der Temperatur oder des Drucks in einem Luftprobenstrom verwendet wird

3.21**kontinuierlicher Luftmonitor**

(en: continuous air monitor (CAM))

nahezu in Echtzeit arbeitende Sammeleinrichtung mit zugehörigem Detektor, die Daten über Radionuklide (z. B. Konzentration der alpha-emittierenden Aerosolpartikel) in einem Luftprobenstrom liefert

3.22**kontinuierliche Messung**

(en: continuous monitoring)

kontinuierliche Messung von einem oder mehreren charakteristischen Probenmerkmalen in nahezu Echtzeit

3.23**kontinuierliches Sammeln**

(en: continuous sampling)

entweder ununterbrochenes Sammeln oder sequentielles automatisches Sammeln einer Probe in Intervallen, die kurz genug sind, um Ergebnisse zu liefern, die für die gesamte Dauer der Probenentnahme repräsentativ sind

ANMERKUNG Die Probe kann in nahezu Echtzeit analysiert werden (d. h. wie bei der kontinuierlichen Messung), oder sie kann nach dem Sammeln in einem entfernt gelegenen Labor analysiert werden.

3.24**Krümmungsverhältnis**

(en: curvature ratio)

Verhältnis des Biegeradius zum Rohrdurchmesser

3.25**Abscheideverlust**

(en: depositional loss)

Verlust an Bestandteilen einer Luftprobe durch Ablagerung an den Innenwänden einer Probenentnahmeeinrichtung

ANMERKUNG Siehe auch Wandverluste.

3.26

Nachweisgrenze

(en: detection limit)

kleinstes Eingangssignal eines Gerätes oder einer Einrichtung, von dem mit einer vorbestimmten Wahrscheinlichkeit gesagt werden kann, dass es das Untergrundsignal des Gerätes oder der Einrichtung übersteigt

3.27

Tröpfchen

(en: droplet)

flüssige Aerosolpartikel

3.28

effektive Dosis

(en: effective dose equivalent)

Summe der Produkte des Dosisäquivalents für ein Körperorgan oder -gewebe und der geltenden Gewichtungsfaktoren für jedes Körperorgan oder -gewebe, das einer Strahlung ausgesetzt wird

3.29

Fortluft

(en: effluent air)

aus einem Prozess, einem Werk oder einer Anlage in die Umgebung entweichende Luft

ANMERKUNG In dieser Norm liegt der Schwerpunkt auf der Fortluft, die durch Kanäle oder Kamine in die Atmosphäre geleitet wird.

3.30

Emission

(en: emission)

Verunreinigungen, die in die Umgebung geleitet werden

3.31

emittieren

(en: emit)

abgeben von Verunreinigungen in die Umwelt

3.32

Probenentnahme

(en: extractive sampling^{N1)})

ANMERKUNG Siehe 3.72.

3.33

Durchfluss

(en: flow rate)

Rate, mit der eine Masse oder ein Volumen eines Gases (Luft) eine gedachte Querschnittsfläche entweder in einer Leitung einer Probenentnahmeeinrichtung oder in einem Kanal oder Kamin durchströmt

ANMERKUNG Die Rate, mit der ein Volumen die gedachte Fläche durchströmt, wird als Volumendurchfluss bezeichnet, und die Rate, mit der eine Masse die gedachte Fläche durchströmt, wird entweder als Massendurchfluss oder als Volumendurchfluss bei Normbedingungen bezeichnet.

3.34

geometrischer Mittelwert einer Variablen

x_g

(en: geometric mean of a variable)

für N Messungen einer Zufallsvariablen x mit den Werten x_i ist x_g definiert nach Gleichung (1):

$$\ln x_g = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln x_i \quad (1)$$

^{N1)} Nationale Fußnote: In ISO 2889:2010 werden die Begriffe „extraction“ und „sampling“ gleichbedeutend gebraucht; „extraction“ ist eigentlich Probenentnahme, „sampling“ oder „collection“ ist Sammeln.

3.35**geometrische Standardabweichung** s_g

(en: geometric standard deviation)

wenn es N Messungen einer Zufallsvariablen x mit den Werten x_i gibt, wird die geometrische Standardabweichung s_g nach Gleichung (2) berechnet:

$$\ln^2 s_g = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\ln x_i - \ln x_g)^2 \quad (2)$$

Dabei ist

x_g der geometrische Mittelwert der Zufallsvariablen

3.36**HEPA-Filter**

(en: HEPA (high efficiency particulate air) filter)

hochwirksames Filter, das zur Entfernung von Aerosolpartikeln aus einem Luftstrom eingesetzt wird

ANMERKUNG Ein HEPA-Filter sammelt gewöhnlich Aerosolpartikel mit der am meisten durchdringenden Aerosolpartikelgröße (zwischen 0,1 µm und 0,3 µm Durchmesser) mit großer Wirksamkeit und ist für das Sammeln noch größerer Anteile von Aerosolpartikeln mit entweder größeren oder kleineren Durchmessern konzipiert. Der Abscheidegrad für den durchdringendsten Aerosolpartikeldurchmesser ist in keiner Internationalen Norm festgelegt.

3.37**Befeuchter**

(en: humidifier)

Gerät zum Hinzufügen von Wasserdampf zum Probenluftstrom

3.38**hydraulischer Durchmesser**

(en: hydraulic diameter)

äquivalenter Kanaldurchmesser für Kanäle, deren Querschnitt nicht rund ist

ANMERKUNG Im Allgemeinen beträgt er das Vierfache der Querschnittsfläche, dividiert durch den Umfang.

3.39**Impaktion**

(en: impaction)

Prozess, durch den Aerosolpartikel aus einem Luftstrom entnommen werden, indem sie auf ein Objekt im Luftstrom auftreffen

ANMERKUNG Die Krümmung von Strömungslinien, prinzipiell an der angeströmten Seite des Objekts, verursacht, dass Aerosolpartikel mit genügender Trägheit auf das Objekt aufprallen, während der Luftstrom das Objekt umströmt.

3.40**Inline-Einrichtung**

(en: in-line system)

Einrichtung, bei dem sich der Detektor neben oder im Innern des Fortluftstroms befindet

3.41**Interzeption**

(en: interception)

Prozess, durch den Aerosolpartikel aus einem Luftstrom dadurch entnommen werden, dass sich ein Objekt in der Strömung befindet, in der die Flugbahn des Schwerpunkts der Aerosolpartikel das Objekt verfehlen würde, jedoch der Körper des Aerosolpartikels das Objekt streift

3.42**isokinetisch**

(en: isokinetic)

Zustand, wenn die Geschwindigkeit der Luft in der Querschnittsebene der Einlassöffnung einer Probenentnahmesonde gleich der Geschwindigkeit der ungestörten Luft im Kamin oder Kanal an der Stelle ist, an der sich die Einlassöffnung der Probenentnahmesonde befindet

ANMERKUNG Anisokinetisch ist das Gegenteil von isokinetisch. Subisokinetisch bezieht sich auf den Zustand, bei dem die Geschwindigkeit an der Einlassöffnung der Probenentnahmesonde geringer ist als die freie Strömungsgeschwindigkeit. Superisokinetisch beschreibt den Zustand, bei dem die Geschwindigkeit an der Einlassöffnung der Probenentnahmesonde höher als die freie Strömungsgeschwindigkeit ist.

3.43

laminare Strömung

(en: laminar flow)

Strömung in Kaminen oder Kanälen, bei der die Reynoldszahl niedriger als etwa 2 200 ist

ANMERKUNG Diese Strömung ist in einem Fortluftstrom gewöhnlich nicht anzutreffen. Die Durchmischung in einer laminaren Strömung erfolgt durch molekulare Diffusion, bei der es sich um einen viel langsameren Prozess als bei der Durchmischung bei turbulenter Strömung handelt.

3.44

LLD

(en: LLD, lower limit of detection)

Abkürzung für die Nachweisgrenze

3.45

dürfen

(en: may)

in Regeln und Normen für Maßnahmen, die nicht zwingend vorgeschrieben, aber zulässig sind

3.46

Membranfilter

(en: membrane filter)

Filtermedium, bestehend aus dünnen Folien auf organischer Basis mit einem breiten Bereich an auswählbarer Porosität und kontrollierter Zusammensetzung

ANMERKUNG Dünne poröse Metallfilter werden manchmal auch Membranfilter genannt.

3.47

Mischelement

(en: mixing element)

Einrichtung in einem Kanal oder Kamin, die zur Verbesserung der Vermischung von Kontamination und strömender Luft dient

3.48

überwachen

(en: monitor)

Messung einer Größe (z. B. der Aktivitätskonzentration) eines luftgetragenen radioaktiven Bestandteils oder des Hauptanteils an radioaktivem Material, entweder kontinuierlich oder mit einer Häufigkeit, welche die Bestimmung der Größe nahezu in Echtzeit erlaubt, oder in Intervallen, die den geltenden Vorschriften entsprechen

3.49

Probenentnahmesonde

Einlassöffnung

(en: nozzle)

Vorrichtung zum Entnehmen einer Luftprobe aus einem Fortluftstrom und Weiterleitung der Luftprobe zu einer Transportleitung oder zu einer Sammeleinrichtung

ANMERKUNG Innerhalb der Probenentnahmesonde gibt es eine Übergangszone, in der sich der Luftprobenstrom an die Bedingungen in der Transportleitung anpasst.

3.50

Auslass der Probenentnahmesonde

(Auslassebene der Probenentnahmesonde)

(en: nozzle exit (plane))

gedachte Ebene über den Querschnitt einer Transportleitung, welche den Bereich der Probenentnahmesonde von der Transportleitung trennt

ANMERKUNG Häufig ist die Probenentnahmesonde eine separate Komponente, und die Auslassöffnung und Auslassebene ist eindeutig als das stromabwärts liegende Ende dieser Komponente definiert. Handelt es sich nicht um eine separate Komponente, ist die Auslassöffnung bzw. Auslassebene der Probenentnahmesonde das Ende der Übergangszone des Luftstroms in der Probenentnahmesonde und desjenigen in der Transportleitung.

3.51

Einlass der Probenentnahmesonde

(Einlassebene der Probenentnahmesonde)

(en: nozzle inlet (plane))

gedachte Querschnittsebene der Einlassöffnung einer Probenentnahmesonde, wo der Luftstrom erstmals in die Probenentnahmeeinrichtung eintritt

ANMERKUNG In dem speziellen Fall einer Probenentnahmesonde mit Hüllrohr bezieht sich die Einlassebene auf die innere Probenentnahmesonde und nicht auf das Hüllrohr.

3.52

Anzahlgrößenverteilung

(en: number size distribution)

Einteilung der Anzahl von Partikeln nach Größenintervallen über den gesamten in einer Probe vorhandenen Größenbereich

ANMERKUNG Bei Aerosolpartikelproben ist es die Angabe der relativen Anzahl von Partikeln (gemessene Partikelanzahl in einem Größenintervall, dividiert durch die Gesamtanzahl der Partikel in der Probe) zu den entsprechenden Intervallen des aerodynamischen Durchmessers.

3.53

Offline-Einrichtung

(en: off-line system)

Einrichtung, bei dem eine Luftprobe aus der Fortluft entnommen und an einem Ort analysiert wird, der entfernt von der Stelle ist, an der die Probenentnahme stattfindet

3.54

Abweichung vom Normalbetrieb

(en: off-normal (conditions))

ungeplante Zustände, die sich vom Normalbetrieb wesentlich unterscheiden

ANMERKUNG Beispiele sind Geräteausfälle und Störfälle.

3.55

Partikel

(en: particle)

molekulare Aggregate, die einen Festkörper oder eine Flüssigkeit bilden und deren Größe von einigen wenigen Moleküldurchmessern bis zu einigen Zehntel Millimetern (mehreren hundert Mikrometern) reicht

3.56

Partikel, groß

(en: particle, large)

Partikel mit einer Größe von mehr als 10 µm

3.57

Partikelgrößenverteilung

(en: particle size distribution)

allgemeinerer Begriff als Größenverteilung, wobei die Größen Masse oder Aktivität anstelle der Partikelanzahl verwendet werden

3.58

Übertragungsgrad

(en: penetration)

Verhältnis der Konzentration am Ausgang der Probenentnahmeeinrichtung, einschließlich Transportleitung, und der Konzentration im Kanal oder Kamin

3.59

potenzielle Emissionen

(en: potential emission)

Radionuklide, die bei Abwesenheit einer Kontrolleinrichtung von einer Anlage in die Umgebung freigesetzt werden könnten

3.60

Präzision

(en: precision)

Grad der Übereinstimmung der angezeigten Werte von wiederholten Messungen an einem Objekt unter definierten Bedingungen

ANMERKUNG Die Präzision wird durch wiederholte Tests an einer homogenen Probe unter definierten Bedingungen ermittelt. Die Präzision einer Methode wird quantitativ entweder als die aus den Ergebnissen einer Serie kontrollierter Messergebnisse errechnete Standardabweichung oder als Variationskoeffizient der Messwerte ausgedrückt.

3.61

Probenentnahmesonde

(en: probe)

umgangssprachlich gelegentlich benutzter Begriff für eine in einen Kanal, Kamin oder Arbeitsbereich eingeführte Vorrichtung

ANMERKUNG Üblicherweise bezeichnet der Begriff Probenentnahmesonde eine oder mehrere Einlassrohre und einen Teil der Transportleitung.

3.62

Profil

(en: profile)

Verteilung der Luftströmungsgeschwindigkeit oder der Gas- oder Partikelkonzentration über die Querschnittsfläche des Kanals oder Kamins

3.63

Qualitätssicherung

(en: quality assurance)

geplante und systematische Maßnahmen, die erforderlich sind, um zu bestätigen, dass eine Einrichtung oder ein Bauteil im Einsatz zufriedenstellend arbeitet und dass die Ergebnisse sowohl korrekt als auch rückverfolgbar sind

3.64

Radionuklid

(en: radionuclide)

instabiles Isotop eines Elements, das zerfällt oder sich spontan in ein anderes Isotop oder einen unterschiedlichen Energiezustand umwandelt und dabei Strahlung emittiert

3.65

Probe für die Bilanzierung

(en: record sample)

Probe, die zu Berichtszwecken entnommen wird

ANMERKUNG Im Allgemeinen werden Proben für die Bilanzierung offline analysiert.

3.66

Referenzmethode

(en: reference method)

Einrichtung und Methode, die Ergebnisse liefert, mit denen die Ergebnisse anderer Methoden verglichen werden

ANMERKUNG Es wird angenommen, dass bei Anwendung einer Referenzmethode die richtigen Ergebnisse geliefert werden.

3.67**repräsentative Probe**

(en: representative sample)

Probe mit derselben Qualität und Merkmalen der interessierenden Substanz, wie sie an ihrer Quelle zum Zeitpunkt der Probenentnahme vorlagen

3.68**Probe**

(en: sample)

Teil eines betrachteten Luftstroms (Luftprobe) bzw. ein oder mehrere getrennte Bestandteile aus einem Teil eines Luftstroms

3.69**Probenentnahmeort****Probenentnahmestelle**

(en: sample extraction location, sampling location)

Ort der Probenentnahme aus dem Luftstrom

3.70**Sammeleinrichtung**

(en: sampler)

Einrichtung, die Bestandteile der Luftprobe sammelt oder während des Sammelns analysiert

3.71**Luftprobenstrom**

(en: sample stream)

Luft, die durch eine Probenentnahmeeinrichtung strömt

3.72**Probenentnahme**(en: sampling^{N2)})

Prozess der Entnahme einer Probe (Luftprobe) aus dem freien Luftstrom und ihre Weiterleitung zu einer Sammeleinrichtung für die Analyse

3.73**Probenentnahmeumfeld**

(en: sampling environment)

Bedingungen von Luftstrom und Gas innerhalb eines Kamins, welche den Probenentnahmeprozess beeinflussen können. Zu solchen Faktoren gehören Druck, Temperatur und molekulare Zusammensetzung des Gases.

3.74**Probenentnahmestelle****Probenentnahmeort**

(en: sampling location, sampling extraction location)

siehe 3.69

3.75**Probenentnahmeebene**

(en: sampling plane)

Querschnittsfläche, in der die Probe aus dem Luftstrom entnommen wird

3.76**Probenentnahmeeinrichtung**

(en: sampling system)

Einrichtung, bestehend aus einem Einlass, einer Transportleitung, einer Einrichtung zur Behandlung des Luftstroms und einer Sammeleinrichtung oder einem Monitor

^{N2)} Nationale Fußnote: In ISO 2889:2010 werden die Begriffe „extraction“ und „sampling“ gleichbedeutend gebraucht; „extraction“ ist eigentlich Probenentnahme, „sampling“ oder „collection“ ist Sammeln (siehe auch 3.32).

ANMERKUNG Abhängig von der Anwendung ist in der Probenentnahmeeinrichtung möglicherweise keine Einrichtung zur Behandlung der Luftströmung enthalten.

3.77

Sinkgeschwindigkeit

(en: sedimentation velocity)

(maximale) Endgeschwindigkeit, die ein Aerosolpartikel in einem ruhenden Medium (Luft) als Folge der Gravitation erreicht

3.78

Empfindlichkeit

(en: sensitivity)

Änderung des Anzeigewerts eines mechanischen, kerntechnischen, optischen oder elektronischen Instruments durch Änderung der von dem Instrument erfassten variablen Größe

ANMERKUNG Die Steigung der Kalibrierkurve eines Instruments, bei dem eine Kalibrierkurve den Ausgabewert des Instruments als Funktion des Eingangswerts angibt.

3.79

muss

(en: shall)

für die Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften bedeutet dies eine zwingende Maßnahme

3.80

sollte

(en: should)

für die Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften bedeutet dies eine Maßnahme, die wünschenswert, aber nicht zwingend ist

3.81

Hüllrohr

(en: shroud)

aerodynamischer Verzögerer, der um eine Probenentnahmesonde herum angeordnet ist, um Einflüsse auf die Probenentnahme zu verringern

3.82

Normbedingungen

(en: standard conditions)

die Normbedingungen in dieser Norm sind eine Temperatur von 25 °C und ein Druck von 101,325 kPa^{N3)}

ANMERKUNG Sie dienen der Umrechnung der Dichtewerte von Luft auf eine gemeinsame Grundlage. Andere Temperaturen können benutzt werden und sollten dann konsequent verwendet werden.

3.83

Transmission

(en: transmission)

Verhältnis der Aerosolpartikelkonzentration an der Auslassöffnung der Probenentnahmesonde zur Aerosolpartikelkonzentration in der freien Strömung

ANMERKUNG Es sollte dargestellt werden, ob die Massen- oder die Aktivitätskonzentration verwendet wird.

3.84

Transportleitung

(en: transport line)

Teil einer Transporteinrichtung zwischen der Austrittsebene der Probenentnahmesonde und der Einlasssebene einer Sammeleinrichtung oder eines Analysators

^{N3)} Nationale Fußnote: In Deutschland werden nach DIN 1343:1990, *Referenzzustand, Normzustand, Normvolumen – Begriffe und Werte*, für den Normzustand eines Gases die Temperatur von 0 °C und der Druck von 101,325 kPa verwendet.

3.85**Transporteinrichtung**

(en: transport system)

alle Komponenten einer Probenentnahmeeinrichtung mit Ausnahme der Sammeleinrichtung(en) oder der Monitore

3.86**turbulente Strömung**

(en: turbulent flow)

Strömung, die durch starke Mischung der Eigenschaften der fluiden Medien charakterisiert ist

ANMERKUNG Die Strömung in einem Rohr ist beispielsweise turbulent, wenn die Reynoldszahl höher als etwa 3 000 ist, und sie ist laminar, wenn die Reynoldszahl unter etwa 2 200 liegt. In der laminaren Strömung gibt es wenig Vermischung.

3.87**Unsicherheit**

(en: uncertainty)

Größe, die die Verteilung der Größenwerte einer Messgröße auf der Grundlage von Informationen kennzeichnet

ANMERKUNG Normalerweise wird die Unsicherheit als gegebenes statistisches Maß des Vertrauens (z. B. 95 %) angegeben.

3.88**Unsicherheitsanalyse**

(en: uncertainty analysis)

Verfahren zur Ermittlung des Gesamteinflusses auf die Genauigkeit oder Präzision einer abhängigen Variablen infolge der geschätzten Unsicherheiten bei unabhängigen Variablen

3.89**Dampf**

(en: vapour)

gasförmiger Zustand von Materialien, die im Unterschied zu nicht kondensierbaren Gasen bei Raumtemperatur flüssig oder fest sind

ANMERKUNG Dämpfe sind Gase, die von Flüssigkeiten oder Feststoffen freigesetzt oder verflüchtigt wurden.

3.90**Geschwindigkeitsprofil**

(en: velocity profile)

Verteilung der Werte der Geschwindigkeit über einen gegebenen Querschnitt in einem Kamin oder Kanal

3.91**flüchtig**

(en: volatile)

Stoff mit hohem Dampfdruck, so dass bei der vorherrschenden Temperatur beträchtliche Mengen des Materials gasförmig werden

ANMERKUNG In dieser Norm wird die Temperatur im Kamin generell als Bezugswert betrachtet.

3.92**Wandverlust**

(en: wall loss)

Verlust von Bestandteilen der Luftprobe durch Abscheidung an den Innenwänden einer Probenentnahmeeinrichtung

ANMERKUNG Quantitativ ist es der äquivalente Konzentrationsverlust an den Wänden einer Probenentnahmesonde oder Transportleitung bzw. einer Aufbereitungs- oder Transporteinrichtung durch die Konzentration an der Einlasssebene der Probenentnahmesonde, der Transportleitung oder der Transporteinrichtung.

4 Formelzeichen

Die in dieser Norm in Gleichungen verwendeten Formelzeichen sind nachstehend definiert.

A	Querschnittsfläche des Kamins oder Kanals, in m^2
A_e	Aspirationskoeffizient einer Probenentnahmesonde, dimensionslos
B	relative Unsicherheit, dimensionslos
B_{cal}	relative Unsicherheit bei der Kalibrierung
B_L	totale relative Unsicherheit
B_{PAR}	relative Unsicherheit von Parametern
B_{TST}	relative Unsicherheit bei Prüfung
C	Cunningham-Slipkorrektur für Aerosolpartikel, dimensionslos
C_{af}	Korrektionsfaktor, mit dem die mittlere Strömungsgeschwindigkeit ermittelt wird, zur Bestimmung des Durchflusses in einem Kamin oder Kanal aus einer mit einem akustischen Durchflussmessgerät erfassten mittleren Strömungsgeschwindigkeit, dimensionslos
C_P	Druckkoeffizient in einem Pitot-Staudruckrohr, dimensionslos
C_{pt}	Korrektionsfaktor, mit dem die mittlere Strömungsgeschwindigkeit ermittelt wird, zur Bestimmung des Durchflusses in einem Kamin oder Kanal aus einer Einzelpunktmessung mit einem Pitot-Staudruckrohr, dimensionslos
C_{ta}	Korrektionsfaktor, mit dem die mittlere Strömungsgeschwindigkeit ermittelt wird, zur Bestimmung des Durchflusses in einem Kamin oder Kanal aus einer Einzelpunktmessung mit einem thermischen Anemometer, dimensionslos
c_A	Aktivitätskonzentration in der Fortluft, in Bq m^{-3}
c_e	Aktivitäts-, Massen- oder Aerosolpartikelkonzentration in der Auslassebene einer Komponente der Transporteinrichtung, in Bq m^{-3} oder kg m^{-3}
c_i	Aktivitäts- oder Aerosolpartikelkonzentration in der Einlassebene einer Komponente der Transporteinrichtung, in Bq m^{-3} oder in kg m^{-3}
c_∞	Aktivitäts- oder Aerosolpartikelkonzentration im ungestörten Luftstrom an der Probenentnahmestelle, in Bq m^{-3} oder in kg /m^{-3}
D_a	aerodynamischer Aerosolpartikeldurchmesser, in μm
De	Dean-Zahl einer Strömungskrümmung ($De = Re/R_0^{1/2}$), dimensionslos
d_t	Innendurchmesser einer Komponente der Transporteinrichtung (z. B. Rohr), in m
E	Emissionsrate aus dem Kamin, in Bq s^{-1}
E_{mittel}	über einen Zeitraum gemittelte Emissionsrate aus dem Kamin, in Bq s^{-1}
E_C	Unsicherheit bei der Bestimmung des Kalibrierfaktors, dimensionslos
E_{QT}	kombinierte relative Unsicherheit des Luftvolumens, dimensionslos
E_S	relative Unsicherheit bei der Ablesung des Durchflussmessgeräts, dimensionslos
E_t	relative Unsicherheit der Messung des Sammelzeitraumes, dimensionslos
F_k	Fluktuationskonstante, dimensionslos
L	Länge eines Rohrabschnitts, in m
L_C	Vertrauensbereich
L_{LD}	Nachweisgrenze (en: LLD = lower limit of detection)
I_w	Verluste von Aerosolpartikeln an der Wand von Leitungen (Wandverluste), dimensionslos
M	durchschnittliche molare Masse eines Gases, in kg mol^{-1}
M_p	Mischung der radioaktiven Kontaminationen in der Fortluft, dargestellt als das Verhältnis der Konzentration in der Luftprobe zur Konzentration in der Fortluft, dimensionslos
N	Anzahl der Punkte oder Beobachtungen
P	gesamter Übertragungsgrad der Probe durch eine Transporteinrichtung, dimensionslos

P_j	Übertragungsgrad einer Probe durch die j -te Komponente einer Transporteinrichtung, dimensionslos
p	Druck, in kPa
p_{std}	Normdruck, 101,325 kPa
Q	gesamtes Volumen der Fortluft, von dem die Luftprobe stammt, bei der Temperatur, dem Druck und der Gaszusammensetzung des Fortluftstroms, in m^3
Q_T	gesamtes erfasstes Gasvolumen (Luftvolumen), in m^3
q	Volumendurchfluss, in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
q_a	Volumendurchfluss bei den tatsächlichen Temperatur- und Druckverhältnissen, in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
q_{std}	Volumendurchfluss bei Normbedingungen (25 °C und 101,325 kPa), in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$
R	Gaskonstante für ein bestimmtes Gas (R_u/M), in kJ (kg K)^{-1}
R_c	Krümmungsradius einer Rohrbiegung, in m
R_o	Krümmungsverhältnis ($R_o = R_c/d_t$), dimensionslos
R_u	universelle Gaskonstante, $R_u = 8,314 \text{ J (mol K)}^{-1}$
R_a	Oberflächenrauigkeit, in μm
Re	Reynoldszahl der Strömung in einem Rohr ($Re = \rho U_m d_t / \mu$), dimensionslos
r	Resuspensionsrate, in s^{-1}
r_n	Netto-Zählrate infolge der Aktivität in einem Messpräparat, in s^{-1}
S	Signal
St	Stokes-Zahl, $St = (C \rho_w D_a^2 U_m) / (9 \mu d_t)$, dimensionslos
s	Standardabweichung
T	Temperatur, in K
T_a	Temperatur im Kamin oder Kanal, in K
T_{std}	Normtemperatur, 298 K
t	Zeit, in s
t_{samp}	Sammelzeitraum, in s
U_m	mittlere Geschwindigkeit von Gas (Luft) in einem Strömungsrohr, in m s^{-1}
V	Geschwindigkeit, in m s^{-1}
V_j	Geschwindigkeit am Mittelpunkt des j -ten Elements, in m s^{-1}
V_{std}	äquivalente Geschwindigkeit bei Normbedingungen (25 °C und 101,325 kPa), in m s^{-1}
v_d	Ablagerungsgeschwindigkeit aufgrund der Brown'schen Diffusion oder turbulenten Schwerkraftsedimentation an der Wand eines Transportrohrs, in m s^{-1}
v_e	effektive Ablagerungsgeschwindigkeit von Verunreinigungen an der Wand eines Transportrohrs, in m s^{-1}
v_g	Sinkgeschwindigkeit eines Aerosolpartikels, in m s^{-1}
v_{ge}	Komponente der Sinkgeschwindigkeit, in m s^{-1}
α	Winkelkoordinate in einem Rohrquerschnitt, in rad
δ	Unsicherheit
ε_d	Nachweisvermögen des Detektors, dimensionslos
ε_f	Sammelvermögen; dimensionslos
ε_{TS}	Transportvermögen
λ	Zerfallskonstante, in s^{-1}
μ	dynamische Viskosität eines Gases, in Pa s

θ	Winkel der Wirbelströmung, in rad
ρ	Dichte, in kg m^{-3}
ρ_{std}	Dichte der Luft bei Normbedingungen (25 °C und 101,325 kPa), $1,184 \text{ kg m}^{-3}$
ρ_{w}	Dichte des Wassers bei 4 °C, $1\,000 \text{ kg m}^{-3}$
σ	Varianz
τ	Transmissionsgrad einer Probenentnahmesonde
τ_{L}	Übertragungsgrad durch die Transportleitung
τ_{P}	Transmissionsgrad durch die Probenentnahmesonde
ϕ	Winkel der Neigung einer Rohrachse gegen die Senkrechte, in rad

5 Faktoren mit Einfluss auf das Probenentnahmeprogramm

Diese Norm befasst sich mit Verfahren der Entnahme von Proben von luftgetragenen radioaktiven Bestandteilen in Kanälen und Kaminen von Anlagen. Es gibt jedoch wichtige Faktoren, die Einfluss auf die Auslegung der Probenentnahmeeinrichtungen haben. Einige dieser Faktoren sind:

- Zweck der Probenentnahme;
- Betriebsbedingungen (Normalbetrieb und Störfall);
- Eigenschaften des Luftstroms und der radioaktiven Bestandteile;
- gewünschte Empfindlichkeit der Messungen (Nachweisgrenzen);
- Konzentrationen oder Gesamtemissionen, die Maßnahmen auslösen (Eingreifschwollenwerte).

Der Einfluss dieser Faktoren auf die Probenentnahmeeinrichtung sollte ermittelt werden. Hinweise hinsichtlich der ersten drei Einflüsse sind in den Anhängen G, I und L enthalten. Informationen zu den letzten beiden sind in Anhang I zu finden.

Bei Störfällen kann die Leistungsfähigkeit der Probenentnahmeeinrichtung durch Änderung einiger Parameter wie Temperatur, Durchfluss in den Kanälen und Kaminen und Art der Aerosolpartikel beeinflusst werden. Deshalb sollten die Kriterien in dieser Norm, die für Normalbetrieb gültig ist, als Empfehlungen für Störfälle angesehen werden.

6 Probenentnahmeort

Der Probenentnahmeort muss die Möglichkeit bieten, eine repräsentative Probe zu entnehmen.

Eine repräsentative Probe wird am besten an einer Stelle entnommen, an der die interessierenden radioaktiven Stoffe innerhalb des freien Luftstroms gut durchmischt sind. Der Ausdruck „gut durchmischt“ wird durch verschiedene Kriterien, die in 6.2 aufgeführt sind, bestimmt. Der Konstrukteur sollte die Belüftungseinrichtung so konzipieren, dass ein günstiger Ort geschaffen wird, wo die Probe aus einem gut durchmischten Luftstrom entnommen werden kann (siehe 6.3). In diesem Fall kann die Probenentnahmeeinrichtung nur eine einzelne Probenentnahmesonde aufweisen. In Fällen, bei denen das Kriterium einer guten Durchmischung nicht erreicht wird, kann ein Probenentnahmegerät mit mehreren Probenentnahmesonden verwendet oder erforderlich werden, um eine repräsentative Probe zu erhalten. Die Auslegung und der Betrieb von Probenentnahmesonden und Probenentnahmegeräten ist in 7.2 und Anhang M beschrieben.

Ein oder mehrere der folgenden Schritte sollten in Fällen durchgeführt werden, in denen diese Kriterien in Einrichtungen zur Führung der Fortluft, die vor dem Inkrafttreten dieser Norm ausgelegt oder gebaut wurden, nicht eingehalten werden können, wobei eine sorgfältige Betrachtung angestellt werden sollte (siehe 7.7):

- a) Wahl einer anderen Probenentnahmestelle für die Probenentnahmesonde;
- b) Einbau von Vorrichtungen, mit denen das Mischen gefördert wird;
- c) Durchführung eines In-situ-Tests, mit dem die Entnahme einer repräsentativen Probe nachgewiesen wird.

6.1 Generelle Anforderungen an die Probenentnahmestellen

Es müssen vollständige Kenntnisse über die Abmessungen des Kanals oder Kamins und über den darin vorliegenden Luftstrom vorliegen. Bei einem Kamin sollte der Probenentnahmeort normalerweise zwischen dem Luftaustritt des Lüfters oder der Lüfter und dem Kaminende liegen. Dabei sollte beachtet werden, dass der Probenentnahmeort nicht zu nahe am Kaminaustritt liegt, da Windeffekte das Geschwindigkeitsprofil am Probenentnahmeort signifikant beeinflussen könnten. In gut durchmischter Luftströmung liegen erfolgversprechende Probenentnahmeorte typischerweise im Bereich von 5 bis 10 hydraulischen Durchmessern stromabwärts von einer Strömungsstörung und 3 oder mehr hydraulische Durchmesser stromaufwärts von einer Strömungsstörung. Es gibt Situationen, in denen größere Abstände erforderlich sind. Besondere Aufmerksamkeit sollte auf die Anordnung der Zuluftströme gerichtet werden. Ein zusätzlicher kleiner sekundärer Luftstrom nahe der Wandung des Kamins oder Kanals sollte vermieden werden. Biegungen, Lüfter, Kanalverbindungen und ähnliche Störungen fördern die Mischung, können aber auch Störungen im Geschwindigkeitsprofil und dem Konzentrationsprofil der Kontaminationen sowie der Angularität des Luftstroms in den ersten 2 bis 3 dynamischen Durchmessern stromabwärts hervorrufen. Deshalb sollten Probenentnahmeorte, die zu nahe bei solchen Störungen liegen, vermieden werden, selbst wenn dies zu Lasten längerer Proben-transportleitungen geht.

Neben den physikalischen Gesichtspunkten für die Erfassung einer repräsentativen Luftprobe gibt es noch andere Überlegungen bezüglich der Anordnung von Probenentnahmesonde und zugehörigen Einrichtungen. Der Ort sollte leicht und sicher zugänglich sein und keine Probleme bei Service und Wartung der Sammeleinrichtung bereiten. Es sollte möglich sein, dort Sammeleinrichtungen oder Monitore unterzubringen, ohne die Qualität der Probe dadurch einzuschränken. Starke Strahlungsfelder nach einem Störfall können ein Problem in Bezug auf die Sicherheit der Arbeiter am Probenentnahmeort mit sich bringen. Hohe Umgebungstemperatur oder Luftfeuchte können ebenfalls in manchen Fällen ein Problem sein. Durch jede dieser Situationen können längere als normal erforderliche Transportleitungen notwendig werden, um die Installation von Sammeleinrichtungen und Monitoren an einem geeigneten Ort vorzunehmen.

6.2 Kriterien für eine gute Durchmischung am Probenentnahmeort

Die Werte der Eigenschaften, die auf eine gut durchmischte Luftströmung hinweisen, sind durch Parameter bestimmt, die in den folgenden Unterabschnitten als Kriterien angegeben sind. Diese Parameter müssen durch eine Reihe von Prüfungen ermittelt werden. Beispiele solcher Prüfungen sind in 6.2.1 bis 6.2.5 und im Anhang F dargelegt. Die Messungen werden in der Probenentnahmeebene durchgeführt.

6.2.1 Wirbelströmung

Das Vorhandensein einer Wirbelströmung kann die Vermischung der Aerosolpartikel im Luftstrom ungünstig beeinflussen und die Leistung der Probenentnahmesonden herabsetzen. Der durchschnittliche Winkel zwischen der Richtung der Luftströmung und der Achse des Einlassrohres der Probenentnahmesonde sollte nicht größer als 20° sein.

6.2.2 Profil der Strömungsgeschwindigkeit der Luft

Messungen der Strömungsgeschwindigkeit der Luft werden an den in ISO 10780 beschriebenen Gitterpunkten durchgeführt^{N4)}. Der Variationskoeffizient, der die Standardabweichung der Messwerte als Prozentwert des Mittelwerts angibt, wird berechnet. Der Variationskoeffizient sollte über eine Fläche, die mindestens die mittleren zwei Drittel der Querschnittsfläche des Kamins oder Kanals umfasst, 20 % oder weniger betragen.

6.2.3 Profil der Gaskonzentration

Ein Tracergas (z. B. Alkohol, Schwefelhexafluorid, Helium oder dergleichen) wird stromaufwärts des Probenentnahmeorts in den Luftstrom eingeführt. Die Konzentration des Tracergases wird an denselben Gitterpunkten gemessen, die für die Bestimmung der Gleichförmigkeit der Strömungsgeschwindigkeit der Luft benutzt wurden. Der Variationskoeffizient der Konzentrationen an den Messpunkten wird berechnet. Der Variationskoeffizient der Tracergaskonzentration sollte über mindestens den mittleren zwei Dritteln der Querschnittsfläche des Kanals oder Kamins 20 % oder weniger betragen. Außerdem sollte die Konzentration des

^{N4)} Nationale Fußnote: Die Messungen können auch nach VDI 2066 Blatt 1 durchgeführt werden.

Tracergases an keinem Messpunkt um mehr als 30 % vom Mittelwert der Konzentrationen an allen Gitterpunkten abweichen.

6.2.4 Bestimmung des Partikelkonzentrationsprofils

Geeignete Testaerosolpartikelkollektive werden stromaufwärts vom Probenentnahmeort in den Luftstrom aufgegeben. Die Konzentrationen der Testaerosolpartikel werden an denselben Gitterpunkten gemessen, die für die Bestimmung der Gleichförmigkeit der Strömungsgeschwindigkeit der Luft benutzt wurden. Der Variationskoeffizient der Konzentrationen an den Messpunkten wird berechnet. Der Variationskoeffizient sollte über mindestens den mittleren zwei Dritteln der Querschnittsfläche des Kamins oder Kanals 20 % oder weniger betragen.

Testaerosolpartikel mit einem aerodynamischen Aerosolpartikeldurchmesser D_a von etwa 10 µm werden empfohlen^{N5)}. Diese Art von Testaerosolpartikeln sollte deshalb benutzt werden, weil ein Testaerosol benötigt wird, dessen aerodynamisches Verhalten deutliche Trägheitseffekte aufweist, welche die Durchmischung nachteilig beeinflussen könnten. Sie können relativ leicht sowohl in monodisperser (nur eine Partikelgröße) oder polydisperser Form erzeugt und in den Kaminluftstrom eingebracht werden.

In Fällen, bei denen zusätzliche Daten über die relevante Partikelgrößenverteilung (z. B. die Aktivitätsverteilung über dem aerodynamischen Aerosolpartikeldurchmesser) im Normalbetrieb und bei Störfällen vorliegen, kann die Partikelgrößenverteilung der Testaerosolpartikel entsprechend gewählt werden^{N6)}.

6.2.5 Zusammenfassung der Empfehlungen für Orte zur Probenentnahme aus einem gut durchmischten Luftstrom

Die empfohlenen Kriterien für Orte, an denen Proben aus einem gut durchmischten Luftstrom entnommen werden, sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1 – Zusammenfassung der Empfehlungen für einen Probenentnahmeort

Charakteristik	Methode	Kriterium
Messung zur Feststellung, ob der Luftstrom im Kamin oder Kanal zyklonisch ist	Nach ISO 10780.	Der durchschnittliche resultierende Winkel zwischen Strömungsrichtung und Düsenachse sollte weniger als 20° betragen.
Geschwindigkeitsprofil	Nach ISO 10780 werden Punkte in den mittleren 2/3 der Kamin- oder Kanalfäche ausgewählt. Weitere Punkte oder Flächen können hinzugenommen werden, um den Bereich adäquat abzudecken.	Der Variationskoeffizient sollte über den mittleren Bereich des Kamins, der mindestens 2/3 der Kaminquerschnittsfläche umfasst, nicht größer als 20 % sein.
Konzentrationsprofil des Tracergases	Nach ISO 10780 werden Punkte in den mittleren 2/3 der Kamin- oder Kanalfäche ausgewählt. Weitere Punkte oder Flächen können hinzugenommen werden, um den Bereich adäquat abzudecken.	Der Variationskoeffizient sollte über den mittleren Bereich des Kamins, der mindestens 2/3 der Kaminquerschnittsfläche umfasst, nicht größer als 20 % sein.
Maximale Abweichungen der Tracergaskonzentrationen	Nach ISO 10780 werden Punkte in der gesamten Querschnittsfläche ausgewählt.	An keinem Punkt des Messgitters sollte die Konzentration des Tracergases um mehr als 30 % vom Mittelwert abweichen.
Konzentrationsprofil von Aerosolpartikeln	Nach ISO 10780 werden Punkte in der Querschnittsfläche ausgewählt. Weitere Punkte oder Flächen können hinzugenommen werden, um den Bereich adäquat abzudecken.	Der Variationskoeffizient sollte über den mittleren Bereich des Kamins, der mindestens 2/3 der Kaminquerschnittsfläche umfasst, nicht größer als 20 % sein.

^{N5)} Nationale Fußnote: Die Angabe „etwa 10 µm“ oder „10 µm“ bedeutet, dass der aerodynamische Durchmesser D_a der Aerosolpartikel im Bereich von 8 µm bis 12 µm liegt (siehe auch 7.3.1).

^{N6)} Nationale Fußnote: Eine detaillierte Behandlung findet sich in einem Beiblatt zu dieser Norm.

6.3 Auslegung von Fortluftkanälen für die Anordnung der Probenentnahmeeinrichtung

Die Entnahme einer repräsentativen Probe aus einem Kanal oder Kamin geschieht am besten dort, wo die möglichen radioaktiven Bestandteile im Luftstrom gut durchmischt sind. Bei der Konstruktion neuer Fortluftkanäle oder beim Umbau älterer Installationen sollte der Konstrukteur Vorrichtungen einbauen, welche die Durchmischung stromabwärts von Lüftern, Reduzierungseinrichtung und allen zusätzlichen Luftströmen zum Hauptluftstrom fördern^{N7)}.

ANMERKUNG Solche Vorrichtungen zur Verbesserung der Durchmischung bewirken dies durch die Erzeugung starker Turbulenzen. Ein oder mehrere 90°-Krümmer, konvergierende Luftströme, Mischkästen, Perimeterringe und kommerzielle statische Mischer verbessern die Durchmischung. Andererseits haben Umlenkbleche und Strömungsrichtbleche den gegenteiligen Effekt. Die Tests von McFarland et al. (1999a), McFarland et al. (1999b), Seo et al. (2006) und Han et al. (2007) beschreiben die Untersuchungen von Vorrichtungen, durch die die Durchmischung gefördert wird. Früher geprüfte Konfigurationen können verwendet und ihre Größe angepasst werden. Es gibt dokumentierte Untersuchungen in der veröffentlichten Literatur und in technischen Berichten: Rodgers et al. (1996), Ballinger et al. (2004), Glissmeyer (2001), Glissmeyer und Maughan (2001), Glissmeyer und Maughan (1998a), Glissmeyer und Maughan (1999), Glissmeyer (1998b), Glissmeyer et al. (2002) und Glissmeyer (2006).

7 Auslegung der Probenentnahmeeinrichtung

Der Übertragungsgrad für die interessierenden Aerosolpartikel, Gase und Dämpfe vom freien Luftstrom bis zur Sammeleinrichtung oder zum Monitor muss bestimmt werden.

Die in dieser Norm enthaltenen leistungsbezogenen Kriterien zur Überwachung der Ableitungen können als Empfehlungen für Probenentnahmeeinrichtungen, die nur dem Zweck der Überwachung der Funktion der Anlage dienen, angesehen werden.

Die Leistungsfähigkeit der Probenentnahmeeinrichtung für Aerosolpartikel ist für Normalbetrieb und die meisten Störfälle als ausreichend zu betrachten, wenn eine Prüfung unter normalen Bedingungen mit nahezu monodispersen Aerosolpartikeln mit einem aerodynamischen Aerosolpartikeldurchmesser D_a von 10 µm einen Übertragungsgrad von mehr als 50 % ergibt. In Fällen, bei denen zusätzliche Informationen über die entsprechende Partikelgrößenverteilung (z. B. die Aktivitätsverteilung über dem Aerosolpartikeldurchmesser) vorliegen, kann die Partikelgrößenverteilung des Testaerosolpartikelkollektivs entsprechend gewählt werden.

Die Erörterung in 7.1 bis 7.8 umfasst nicht alle möglichen Umstände und kann an spezielle Umstände, bei denen eine Prüfung weder angemessen noch praktikabel ist, und an örtliche Vorschriften angepasst werden. Eine auf der Basis des Risikos abgestufte Vorgehensweise kann bei der Auslegung von Einrichtungen angewendet werden, die der Probenentnahme von Radionukliden in Kaminen und Kanälen der nukleartechnischen Industrie dienen. Die Abhandlung einer solchen Vorgehensweise gehört jedoch nicht zum Umfang dieser Norm

7.1 Volumenstrommessung

Es sollten genaue Messungen des Durchflusses der Luftströme sowohl in der Probenentnahmeeinrichtung als auch im Kanal oder Kamin vorgenommen werden, da sie einen direkten Einfluss auf die Genauigkeit der Bestimmung der Ableitungen haben. Die Unsicherheiten gehen in die Berechnung der Ableitungen ein, wenn die Luftdurchflüsse im Kanal und Kamin und der Probenentnahmeeinrichtung nicht auf derselben Gasdichte beruhen. Dies wirkt sich signifikant aus, wenn einer der Luftströme höhere oder niedrigere Temperatur- oder Druckwerte aufweist. Dies ist z. B. dann der Fall, wenn sich die Anlage in einer Höhenlage von mehr als 300 m über dem Meeresspiegel befindet oder das Durchflussmessgerät auf der Unterdruckseite des Luftfördergerätes angeschlossen ist. Örtliche Vorschriften können die für die Berichte von Ableitungen anzuwendenden Gasdichten vorschreiben.

Bei der Berechnung der Menge der abgeleiteten Luft sollten die Dichteunterschiede in den Luftströmen berücksichtigt oder Messverfahren benutzt werden, die auf einer Normdichte beruhen. Typische Bedingungen

^{N7)} Nationale Fußnote: Die Verwendung von derartigen Einrichtungen zur Durchmischung ist keine Anforderung, sondern nur eine Empfehlung für den Fall, dass die vorliegende Durchmischung unzureichend ist.

für Strömungsmessungen bei Normdichte sind ein Druck von 101,325 kPa und eine Temperatur von 298 K (25 °C)^{N8)}. Werte der Strömungsmessungen unter diesen Bedingungen werden mit der Maßeinheit $\text{m}^3_{\text{std}} \text{s}^{-1}$ (oder $\text{m}^3_{\text{std}} \text{min}^{-1}$) angegeben und der Durchfluss durch das Formelzeichen q_{sta} gekennzeichnet. Die Verwendung von sogenannten Massendurchflussmessgeräten bei den Luftströmen sowohl in den Kanälen und Kaminen als auch in der Probenentnahmeeinrichtung und die Kalibrierung für dieselben Normgasdichtebedingungen können es überflüssig machen, die Dichteunterschiede anzupassen.

7.1.1 Messung des Durchflusses des Fortluftstroms

Der Durchfluss des Fortluftstroms sollte kontinuierlich gemessen werden, wenn zu erwarten ist, dass der Luftdurchfluss in einem Jahr um mehr als 20 % schwankt. Falls Daten aus früheren Zeiten zur Verfügung stehen, kann der 20-%-Wert durch die Standardabweichung der früheren Messwerte angenähert werden. Faktoren wie die Wartung von Lüftern, das Öffnen von Türen und die Änderung der Anzahl von Lüftern sollten bei der Feststellung, ob die kontinuierliche Messung des Luftdurchflusses erforderlich ist, berücksichtigt werden.

Wenn die kontinuierliche Messung des Durchflusses des Fortluftstroms nicht erforderlich ist, sollten mindestens einmal jährlich regelmäßige manuelle Messungen des Luftdurchflusses nach ISO 10780 durchgeführt werden. Diese Standardmethode entsprechend der in Anhang A angegebenen Modifikation wird im Folgenden als Referenzmethode bezeichnet.

Für kontinuierlich zu überwachende Kanäle und Kamine sollte die Einrichtung zur Messung und Aufzeichnung des Luftdurchsatzes in der Lage sein, den Massen- oder Volumendurchfluss des Fortluftstroms mit einer Genauigkeit zu ermitteln, die innerhalb von 10 % des mit der Referenzmethode gewonnenen Messwerts liegt^{N9)}.

Jede Einrichtung zur kontinuierlichen Messung des Luftdurchsatzes sollte mindestens jährlich einer Prüfung unterzogen werden. Wenn der Sensor der kontinuierlichen Luftdurchsatzmesseinrichtung auf einem elektronischen oder akustischen Funktionsprinzip beruht, sollten regelmäßige Überprüfungen des Nullpunkts und des Messbereichs (oder der Linearität) der Messeinrichtung vorgenommen werden.

7.1.2 Messung der Durchflüsse der Probenluftströme in der Probenentnahmeeinrichtung

Die relative Genauigkeit der Einrichtungen zur Messung und Aufzeichnung der Luftdurchflüsse in der Probenentnahmeeinrichtung sollte innerhalb von 10 % des Wertes eines Normals für den Luftdurchfluss liegen^{N10)}. Der Sensor der Durchflussmeseinrichtung sollte in der Probenentnahmeeinrichtung so angeordnet sein, dass er keine Verluste an Aerosolpartikeln oder an reaktiven radioaktiven Gasen hervorruft. Demzufolge befindet sich der Sensor grundsätzlich stromabwärts von der Sammeleinrichtung oder dem Monitor. Daher ist die Gasdichte an der Durchflussmeseinrichtung gegenüber der im Kanal oder Kamin unterschiedlich.

Der Durchfluss des Luftprobenstroms sollte angezeigt werden. Wird kein Massenströmungsmesser verwendet, sollten Druck- und Temperaturmessgeräte hinzugenommen werden, um die Berechnung der Gasdichte am Sensor zu ermöglichen.

Wenn der Durchfluss des Luftprobenstroms während der Dauer der Probenentnahme um nicht mehr als 20 % schwankt, sollte er mindestens zu Beginn und am Ende der Probenentnahmedauer aufgezeichnet werden. Für einen solchen Fall kann das erfasste Gesamtprobenvolumen Q_T nach Gleichung (3) berechnet werden:

$$Q_T = \frac{q_1 + q_2}{2} (t_2 - t_1) \quad (3)$$

^{N8)} Nationale Fußnote: Siehe 3.82 und Nationale Fußnote N3).

^{N9)} Nationale Fußnote: In Deutschland wird in KTA 1503.1 für Kernkraftwerke eine relative Messunsicherheit des Durchflusses des Fortluftstroms von weniger als 5 % des Nenndurchflusses gefordert.

^{N10)} Nationale Fußnote: Erfahrungsgemäß wird eine relative Messunsicherheit von weniger als 5 % angestrebt.

Dabei ist

- q_1 der an der Durchflussmesseinrichtung angezeigte Volumendurchfluss zu Beginn t_1 der Probenentnahmedauer, in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;
- q_2 der an der Durchflussmesseinrichtung angezeigte Volumendurchfluss am Ende t_2 der Probenentnahmedauer, in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$.

Eine kontinuierliche Durchflussmessung sollte dann durchgeführt werden, wenn der Luftdurchfluss während der Dauer der Probenentnahme um mehr als 20 % schwanken kann. Wenn der Luftdurchfluss kontinuierlich gemessen wird, sollte der Luftdurchfluss in Abständen von nicht mehr als 10 min aufgezeichnet werden. Das Gesamtvolumen der entnommenen Luftprobe ergibt sich aus der Integration des Luftdurchflusses über die gesamte Probenentnahmedauer. Wenn das Zeitintervall zwischen den Aufzeichnungen Δt (in s) ist und der Luftdurchfluss während des Intervalls (entweder der echte Durchschnittswert im Intervall, der Durchschnitt der Anfangs- und Endwerte im Intervall oder der Wert in der Intervallmitte) q_i , in $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$, beträgt, wird das Gesamtvolumen der Luftprobe, in m^3 , nach Gleichung (4) berechnet:

$$Q_T = \sum_{i=1}^N q_i \Delta t \quad (4)$$

Dabei ist

N die Anzahl der Intervalle.

Weitere Integrationsmethoden können benutzt werden, wenn die zahlenmäßig eingeführten Unsicherheiten nicht höher sind als die in der obigen Gleichung implizit enthaltenen Unsicherheiten. Das gesamte Probenvolumen Q_T beruht auf dem vom Durchflussmessgerät angezeigten Durchfluss.

Wenn ein Regler zur Einhaltung eines konstanten Luftdurchflusses verwendet wird, sollte er den Luftdurchfluss innerhalb von 15 % konstant halten in einem Bereich, der dem anfänglichen Wert des Druckabfalls über dem Sammelmedium (üblicherweise ein Filter) oder dem Monitor bis zum zweifachen Wert des anfänglichen Druckabfalls entspricht.

Wenn der Durchfluss des Fortluftstroms während der Probenentnahmedauer um mehr als 20 % schwanken kann, sollte der Luftdurchfluss in der Probenentnahmeeinrichtung geregelt werden, und der Luftdurchfluss in der Probenentnahmeeinrichtung sollte in Proportion zum Luftdurchfluss im Kamin oder Kanal verändert werden. Das Verhältnis zwischen dem Luftdurchfluss in der Probenentnahmeeinrichtung und dem Luftdurchfluss im Kanal und Kamin sollte innerhalb von 20 % des Wertes bei Normalbetrieb aufrechterhalten werden.

Eine Ausnahme kann für den Teil der Luftüberwachungseinrichtung gemacht werden, der einen Monitor enthält, wenn dessen Funktion von einem konstanten internen Luftdurchfluss abhängt.

Die Regeleinrichtung sollte unter ähnlichen Bedingungen wie im Betrieb geprüft werden.

7.1.3 Dichtigkeitsprüfungen

Ein Leck in der Probenentnahmeeinrichtung oder im Bereich der Sammeleinrichtung kann einen Fehler im angezeigten Durchfluss des Luftprobenstroms und ebenso eine fehlerhafte Funktionsweise der Sammeleinrichtung zur Folge haben. Die Probenentnahmeeinrichtung sollte zum Zeitpunkt der Installation und nach jeder wesentlichen durchgeführten Wartung oder im Rahmen einer Inspektion auf Dichtigkeit geprüft werden. Die Inspektions- oder Prüfmethode sollte für die Anlage geeignet sein und dokumentiert werden.

Unter Strömungsbedingungen sollte die Leckrate 1 % des Nennwerts des Durchflusses des Luftprobenstroms nicht übersteigen. Der Durchfluss des Bypassluftstroms um das Sammelmedium sollte unter 0,1 % liegen^{N11)}.

^{N11)} Nationale Fußnote: Der Nachweis eines Wertes des Durchflusses des Bypassluftstroms um das Sammelmedium von 0,1 % des Nennwerts des Durchflusses des Luftprobenstroms ist messtechnisch mit vertretbarem Aufwand nicht möglich.

ANMERKUNG 1 Eine Sichtprüfung und die Beobachtung von Fremdmaterial in den Sammelproben kann größere Undichtigkeiten erkennen lassen. Wenn die Probenentnahmeeinrichtung mit Kugelventilen ausgestattet ist, können Teile davon für Unterdruck- und Überdruckabklümmessungen oder für eine Messung des Luftdurchflusses durch einen abgeschlossenen Teil der Probenentnahmeeinrichtung separiert werden. Ein Verfahren für Letzteres ist, den Luftdurchfluss durch die Probenentnahmesonde zu sperren, dann einen Unterdruck in der Transportleitung zu erzeugen und die Leckrate zu messen. Z. B. kann ein Massendurchflussmessgerät stromabwärts von der Sammeleinrichtung oder dem Monitor angeordnet und die Vakuumpumpe stromabwärts vom Massendurchflussmessgerät angeschlossen werden. Der Unterdruck in der Rohrleitung zwischen der Sammeleinrichtung oder dem Monitor und der Vakuumpumpe wird auf den während der Probenentnahme vorliegenden Nennwert eingestellt (typischerweise 4 kPa oder 15 mm Wassersäule bei Sammeleinrichtungen, bei denen Sammelfilter benutzt werden), indem Luft in die Leitung stromabwärts vom Massendurchflussmessgerät eingelassen wird.

ANMERKUNG 2 Karthik und McFarland (2004) zeigen die Verwendung einer Kammer- und Tracermethode für die Dichtheitsprüfung bei kleinen zusammengebauten Einrichtungen.

ANMERKUNG 3 Die Empfehlungen in diesem Abschnitt werden für Sammeleinrichtungen in kontinuierlich arbeitenden Monitoren nicht angewandt.

7.2 Auslegung und Betrieb der Probenentnahmesonde für die Probenentnahme von Aerosolpartikeln

Die Aussagen in 7.2.1 bis 7.2.6 betreffen die Probenentnahme aus Kanälen und Kaminen, in denen Aerosolpartikel abgeleitet werden können. Die Entnahme der Luftprobe mit einer geeignet konstruierten Probenentnahmesonde an einer Probenentnahmestelle, bei der die möglicherweise vorkommenden radioaktiven Stoffe mit dem Luftstrom gut durchmischt sind, liefert bei Normalbetrieb eine repräsentative Probe und bei Störfallbedingungen eine adäquate Probe. Die Grundlagen für die Auslegungsparameter für Probenentnahmesonden werden in Anhang M dargestellt. Empfehlungen für die Auslegung von Einlassrohren von Probenentnahmesonden werden in 7.2.1 bis 7.2.6 gegeben.

7.2.1 Leistungsfähigkeit der Probenentnahmesonde

Bei dem zu erwartenden Bereich des Normalbetriebes oder bei Störfällen sollte der Transmissionsgrad für die Probenentnahmesonde bei einer Aerosolpartikelgröße mit einem aerodynamischen Aerosolpartikeldurchmesser D_a von 10 µm 0,80 bis 1,30 betragen. Wenn Angaben über die Verteilung der Aktivität als Funktion des Aerosolpartikeldurchmessers für einen bestimmten Kamin oder Kanal zur Verfügung stehen, sollten zusätzliche Prüfungen mit Aerosolpartikeln mit Durchmessern in diesem Bereich bei der Modellierung oder beim Hersteller in Betracht gezogen werden, insbesondere, wenn größere Partikel vorkommen^{N12)}.

In Fällen, bei denen zusätzliche Informationen über die Partikelgrößenverteilung vorliegen (z. B. die Verteilung der Aktivität als Funktion des Aerosolpartikeldurchmessers), kann die Partikelgrößenverteilung der Test-aerosolpartikelkollektive entsprechend gewählt werden.

Transmissionsgrade sollten bei vergleichbaren Randbedingungen ähnlich sein; Flüssigkeitspartikel haften an den Wänden, während Feststoffpartikel von einer Oberfläche abprallen und erneut resuspendiert werden können.

Das Vorhandensein einer Probenentnahmesonde sollte die Aerosolpartikelkonzentration im Kanal oder Kamin nicht verändern. Dementsprechend sollte die Querschnittsfläche einer Probenentnahmesonde nicht zu groß sein (z. B. nicht größer als 15 % der Querschnittsfläche des Kamins oder Kanals), und der Durchmesser der Einlassdüse sollte nicht zu klein sein.

7.2.2 Überlegungen zu Anwendung und Leistungsfähigkeit

Die Kriterien in 7.2.2.1 bis 7.2.2.5 sollten bei der Wahl und Verwendung von Probenentnahmesonden berücksichtigt werden.

^{N12)} Nationale Fußnote: Im Kontext mit den Anforderungen dieser Norm werden diese Prüfungen als alternativ und nicht als zusätzlich angesehen.

7.2.2.1 Probenentnahmeort

Die Probenentnahme sollte an einem Ort stattfinden, an dem sowohl die Aerosolpartikelkonzentration als auch die Strömungsgeschwindigkeit gleichmäßig verteilt sind und damit die Kriterien von 6.2 erfüllen.

7.2.2.2 Ausrichtung

Für die Probenentnahme von Aerosolpartikeln sollte die Achse der Einlassöffnung der Probenentnahmesonde parallel zur zeitlich mittleren Strömungsrichtung des Luftstroms ausgerichtet sein.

7.2.2.3 Transmissionsgrad und Aspirationskoeffizient

Der Aspirationskoeffizient und der Transmissionsgrad der gewählten Ausführung der Probenentnahmesonde sollten für Bedingungen experimentell nachgewiesen werden, die Nenndurchfluss und den Bereich der erwarteten Durchflüsse des Luftprobenstroms, die Nennströmungsgeschwindigkeit und den Bereich der erwarteten Strömungsgeschwindigkeit des freien Luftstroms sowie eine Aerosolpartikel mit einem Aerosolpartikeldurchmesser D_a von 10 µm beinhalten. In Fällen, in denen zusätzliche Informationen über die Partikelgrößenverteilung (z. B. die Verteilung der Aktivität als Funktion des Aerosolpartikeldurchmessers) vorliegen, kann die Partikelgrößenverteilung der Testaerosolpartikelkollektive entsprechend gewählt werden. Bei der Durchführung von eigenen Prüfungen sollten die Verfahren zur Bestimmung des Transmissionsgrades und des Wandverlustes dokumentiert werden. Wenn Bezug auf frühere Prüfungen genommen wird, sollte dargestellt werden, dass die gewählte Ausführung mit der geprüften übereinstimmt.

7.2.2.4 Durchfluss des Luftprobenstroms und Geschwindigkeit der freien Strömung

Während des Betriebs einer Probenentnahmesonde kann der Durchfluss des Luftprobenstroms zur Anpassung an Änderungen der Strömungsgeschwindigkeit des freien Luftstroms verändert werden, oder er kann konstant gehalten werden, um die Funktionalität einer bestimmten Sammeleinrichtung oder eines Monitors zu berücksichtigen. Wenn der Durchfluss des Fortluftstroms während der Probenentnahmedauer um mehr als 20 % schwanken kann, sollte der Durchfluss des Luftprobenstroms proportional zum Durchfluss des Fortluftstroms angepasst werden, um eine genaue Bestimmung der Ableitungen zu ermöglichen. Wenn der Durchfluss des Luftprobenstroms verändert wird, sollte das Verhältnis des Durchflusses des Luftprobenstroms zum Durchfluss des Fortluftstroms für normale Betriebsbedingungen im Kanal oder Kamin festgelegt werden. In einem Durchflussbereich, der entweder auf historischen Aufzeichnungen oder Planung beruht, sollte dieses Verhältnis nicht um mehr als 20 % abweichen. Zur Ermittlung des Ausgangspunktes für die Proportionalregelung sollte die Nenneintrittsgeschwindigkeit in die Einlassöffnung der Probenentnahmesonde an die Nennströmungsgeschwindigkeit im Kamin angepasst werden.

7.2.2.5 Auslegung einer Probenentnahmesonde

Das Einlassrohr einer Probenentnahmesonde sollte scharfkantig sein und einen Außenkonuswinkel von nicht mehr als 30° aufweisen. Andere Ausführungen dürfen benutzt werden, wenn experimentelle Daten entweder gleichwertige oder überlegene Leistungsfähigkeit gegenüber dem scharfkantigen Einlassrohr belegen. Wenn die Probenentnahmesonde ein Hüllrohr besitzt, sollte das Hüllrohr keine scharfe Vorderkante haben. Für scharfkantige Einlassrohre sollte die vordere Kante nach der Installation und nach jeder Wartungsmaßnahme, bei der das Einlassrohr möglicherweise beschädigt worden sein könnte, auf Beschädigungen inspiziert werden. Einige Untersuchungen (z. B. [71]) haben gezeigt, dass eine Hüllrohrsonde Wandverluste bei hohen Strömungsgeschwindigkeiten (Strömungsgeschwindigkeit größer als 10 m s⁻¹) und für Aerosolpartikel mit einem Aerosolpartikeldurchmesser D_a größer als 5 µm reduzieren kann.

7.2.3 Probenentnahme mit mehreren Probenentnahmesonden

Wenn die Kriterien für gute Durchmischung von Abschnitt 6 nicht eingehalten werden können, können Probenentnahmerechen mit mehreren Probenentnahmesonden verwendet werden, wenn durch In-situ-Tests nachgewiesen werden kann, dass sie eine repräsentative Probe liefern.

Tabelle 2 enthält einen vernünftigen Vorschlag für die Auswahl der Anzahl der Probenentnahmesonden. Dabei wird davon ausgegangen, dass der Probenentnahmeort um mindestens den fünffachen hydraulischen

Durchmesser stromabwärts von Krümmungen, Kanalverbindungen oder anderen Störungen des Luftstroms liegt. Die Anzahl der Messpunkte ist bereits bekannt und wurde aus der früheren Fassung der ISO 2889 übernommen. Die Probenentnahmesonden sollten im Kanal oder Kamin so angeordnet sein, dass jede einen gleich großen Flächenanteil der Probenentnahmeebene abdeckt^{N13)}.

Tabelle 2 – Anzahl der Probenentnahmesonden bei Probenentnahmeeinrichtungen mit mehreren Probenentnahmesonden

Kamin- oder Kanaldurchmesser mm	Anzahl der Probenentnahmesonden
bis 300	2
300 bis 1 000	3 bis 5
mehr als 1 000	6 oder mehr

Besondere Beachtung sollte der Auslegung der Transportleitungen gelten, wenn die Probenentnahme mit Hilfe einer großen Anzahl von Probenentnahmesonden erfolgt (z. B. mehr als 10). Die Leistungsfähigkeit der Einrichtung muss wie für Probenentnahmeeinrichtungen mit einer Probenentnahmesonde nachgewiesen werden (siehe 7.2.1). Jede der Probenentnahmesonden sollte dann die Anforderungen von 7.2 erfüllen, wobei die wegen der Verluste in zusätzlichen Rohrbögen und Verbindungen erhöhten Anforderungen zu berücksichtigen sind.

Eine ungleiche Verteilung der Strömungsgeschwindigkeit im Kanal oder Kamin ist ein spezielles Problem bei der Probenentnahme mit mehreren Probenentnahmesonden. Der Durchfluss des Luftprobenstroms durch jede Probenentnahmesonde muss proportional der lokalen Strömungsgeschwindigkeit sein, so dass die kombinierte Probe repräsentativ ist und die Probenentnahme nahezu isokinetisch erfolgt. Andernfalls können sich je nach Ausführung der Probenentnahmesonden und der Anschlussrohre interne Luftströme von Probenentnahmesonden in Bereichen mit hoher Strömungsgeschwindigkeit zu Probenentnahmesonden in Bereichen mit geringerer Strömungsgeschwindigkeit ausbilden.

In Anhang M werden verschiedene Ausführungen von Probenentnahmeeinrichtungen mit mehreren Probenentnahmesonden behandelt.

7.2.4 Werkstoffe

Probenentnahmesonden sollten aus Materialien hergestellt sein, die nicht mit Aerosolpartikeln oder dampfförmigen Bestandteilen der Luftströmung reagieren. Die durchschnittliche Oberflächenrauigkeit der inneren Oberflächen der Probenentnahmesonden, die in Kontakt mit dem Luftprobenstrom kommen, sollte nicht größer als 0,8 µm sein. Die durchschnittliche Oberflächenrauigkeit des äußeren Bereichs der Probenentnahmesonde von der Einlassebene bis zu einem Abstand hinter der Einlassebene vom zweifachen des Durchmessers der Einlassöffnung sollte nicht größer als 1,6 µm sein. Ein Hüllrohr sollte eine durchschnittliche Oberflächenrauigkeit von nicht mehr als 3,2 µm aufweisen.

7.2.5 Wartung

Die Probenentnahmesonde sollte jährlich auf ihre Ausrichtung, auf Ablagerungen von Fremdmaterialien und auf andere Faktoren, die sich mindernd auf die Leistungsfähigkeit der Probenentnahmeeinrichtung auswirken könnten, überprüft werden. Falls Aerosolpartikel vorliegen, die Ablagerungen hervorrufen können, sollte ein Reinigungsplan erstellt werden, der eine Verengung der Fläche der Einlassöffnung um mehr als 5 % verhindert. Bei Probenentnahmesonden, die zur Entnahme von HEPA-gefilterter Luft benutzt werden, sollte die Probenentnahmesonde dann gereinigt werden, wenn Ablagerungen in den inneren oder äußeren Flächen der Probenentnahmesonde sichtbar sind; dabei dürften sichtbare Ablagerungen eigentlich nicht zu erwarten sein, wenn die HEPA-Filter zufriedenstellend arbeiten.

^{N13)} Nationale Fußnote: Ein inhomogenes Konzentrationsprofil kann eine andere Einteilung erfordern.

7.2.6 Neue Konzepte

Wenn neue Konzepte für Auslegung und Betrieb von Probenentnahmesonden entwickelt werden, können solche Probenentnahmesondentypen in Kanälen und Kaminen eingesetzt werden, wenn sich experimentell nachweisen lässt, dass diese Ausführungen die in 7.2 gestellten Anforderungen erfüllen oder diese übertreffen. Die Tests sollten Experimente zur Ermittlung der Wandverluste und des Übertragungsgrades von Aerosolpartikeln bei folgenden Bedingungen beinhalten:

- a) Aerosolpartikeldurchmesser D_a im Bereich von etwa 3 μm bis etwa 10 μm (oder 20 μm) bei der Nennströmungsgeschwindigkeit des freien Luftstroms und des Nenndurchflusses des Luftprobenstroms^{N14)};
- b) maximale und minimale Strömungsgeschwindigkeit des freien Luftstroms im Betrieb oder unter erwarteten Bedingungen für einen aerodynamischen Aerosolpartikeldurchmesser D_a von 10 μm beim Nenndurchfluss des Luftprobenstroms;
- c) maximaler und minimaler erwarteter Durchfluss des Luftprobenstroms für einen aerodynamischen Aerosolpartikeldurchmesser D_a von 10 μm bei der Nennströmungsgeschwindigkeit des freien Luftstroms.

7.3 Transport von Aerosolpartikeln

Der Transport von Aerosolpartikeln von einer Probenentnahmesonde zu einer Sammeleinrichtung oder einem Monitor sollte so erfolgen, dass Änderungen der Konzentration und Größenverteilung der luftgetragenen radioaktiven Substanzen im Rahmen des Standes der Technik minimal gehalten werden.

7.3.1 Abscheideverluste

Generell gibt es in den Transportleitungen einige Verluste von Aerosolpartikeln aufgrund der Partikelablagerung, und jede Auslegung wird Kompromisse eingehen müssen. Die Auswahlkriterien bei der Auslegung sollten sorgfältig gewählt werden, um die Brauchbarkeit der gesamten Einrichtung zu optimieren. Anhang B enthält Leitlinien für die rechnerische Abschätzung des Übertragungsgrades von Aerosolpartikeln.

Die Abscheidung von Aerosolpartikeln auf der Innenseite der von der Probenentnahmestelle zu dem Schwebstofffilter führenden Transportleitungen muss experimentell unter Verwendung von Testaerosolpartikelkollektiven bestimmt werden.

Die Leistungsfähigkeit der Probenentnahmeeinrichtung ist bei Normalbetrieb und bei Störfällen als ausreichend anzusehen, wenn ein Test mit nahezu monodispersen Aerosolpartikeln mit einem aerodynamischen Aerosolpartikeldurchmesser D_a von 8 μm bis 12 μm einen Übertragungsgrad von mehr als 50 % ergibt.

Ein aerodynamischer Aerosolpartikeldurchmesser D_a von 10 μm wird ins Auge gefasst, wenn keine Information über die Partikelgrößenverteilung vorliegt. In Fällen, bei denen zusätzliche Informationen über die relevante Größenverteilung (z. B. Verteilung der Aktivität über dem Aerosolpartikeldurchmesser) bei Normalbetrieb und bei Störfällen vorhanden sind, kann die Partikelgröße der Testaerosolpartikelkollektive entsprechend gewählt werden.

Aerosolpartikel mit einem aerodynamischen Aerosolpartikeldurchmesser D_a kleiner als 10 μm zeigen aufgrund ihrer geringeren Abscheidungsrate einen höheren Übertragungsgrad. Für Aerosolpartikel mit einem Aerosolpartikeldurchmesser D_a größer als 10 μm kann ein geringerer Übertragungsgrad erwartet werden. Andererseits nimmt bei trockenen Aerosolpartikeln der Übertragungsgrad mit der Partikelgröße wegen der Resuspension wieder zu. Deshalb kann bei Messungen des Übertragungsgrades mit Testaerosolpartikelkollektiven mit einem aerodynamischen Aerosolpartikeldurchmesser D_a von 10 μm davon ausgegangen werden, dass sie den geringsten Übertragungsgrad ergeben.

^{N14)} Nationale Fußnote: In Fällen, bei denen zusätzliche Daten über die relevante Partikelgrößenverteilung (z. B. die Aktivitätsverteilung über dem aerodynamischen Aerosolpartikeldurchmesser) vorliegen, kann die Partikelgrößenverteilung der Testaerosolpartikel entsprechend gewählt werden.

In Fällen, bei denen zusätzliche Informationen über die relevante Größenverteilung (z. B. Verteilung der Aktivität über dem Aerosolpartikeldurchmesser) vorhanden sind, kann die Partikelgröße der Testaerosolpartikelkollektive entsprechend gewählt werden.

Dokumentierte Computerprogramme oder dokumentierte und als Referenz angegebene manuelle Berechnungsverfahren können als Unterstützung bei der Auslegung der Probenentnahmeleitung und der Auswahl der Testaerosolpartikelkollektive eingesetzt werden. Die Berechnungen können benutzt werden, um die gemessenen Übertragungsgrade auf andere Partikelgrößen zu extrapolieren und können darüber hinaus in Fällen modifizierter Durchflüsse und veränderter Anordnung der Probenentnahmeleitungen benutzt werden.

Innerhalb der räumlichen Begrenzungen einer Anlage sollten die geraden Abschnitte der Transportrohre, insbesondere die horizontalen Rohrabschnitte, so kurz wie möglich sein und die Anzahl der Rohrbögen möglichst gering gehalten werden. Bei Rohrverbindungen sollte es keine nach innen reichenden Stufen geben, welche den Rohrdurchmesser um mehr als 1 % reduzieren. Die Rohrenden sollten ohne Grate und Kröpfungen sein. Rohrbögen sollten ein Krümmungsverhältnis (Radius der Krümmung des Rohrbogens dividiert durch den Rohrdurchmesser) von mindestens 3 haben. Die Ovalität, die als Verhältnis des geringsten Rohrdurchmessers zum originalen Rohrdurchmesser definiert ist, sollte nicht kleiner als 0,85 sein. Der Anwender sollte daran denken, dass besondere Fertigungstechniken erforderlich sein können, um diese Anforderungen einzuhalten.

7.3.2 Korrosion

Die Innenwände der Transporteinrichtung sollten aus Materialien hergestellt sein, die eine minimale Reaktionsfähigkeit gegenüber unvermeidlich abgelagerten Aerosolpartikeln oder möglicherweise in der Probe enthaltenen reaktiven dampfförmigen Verbindungen haben. Die Werkstoffe, aus denen die Außenwände und die Dichtungen zwischen Komponenten der Probenentnahmeeinrichtung hergestellt sind, sollten ebenfalls mit den Umgebungsbedingungen, denen sie ausgesetzt sind, verträglich sein. Für die Nuklearindustrie empfohlene Werkstoffe sind Edelstahl für allgemeine Anwendungen und Tetrafluorethylen für radioaktive Iodverbindungen.

7.3.3 Elektrostatische Effekte und Schläuche

Wenn Kunststoffe in Transporteinrichtungen für Aerosolpartikel benutzt werden, können interne elektrostatische Felder zu Partikelverlusten führen (Charuau 1982); insbesondere können bei gebogenen Kunststoffrohren ungewöhnlich hohe Wandablagerungen festgestellt werden (Liu et al. 1985). Eine Transporteinrichtung sollte aus Materialien wie Metallen oder leitenden Kunststoffen aufgebaut sein, die keine internen elektrostatischen Felder zulassen. Bei vielen Anwendungen ist es hilfreich oder einfacher, flexible nichtmetallische Schläuche zur Verbindung einer Sammeleinrichtung oder Monitors mit einer Transportleitung einzusetzen; dies insbesondere, wenn es notwendig ist, einen Monitor vor den mechanischen Erschütterungen der Transportleitung abzuschirmen. Der Innendurchmesser der Kunststoffleitungen sollte nicht geringer als der Innendurchmesser der Komponenten sein, an die sie angeschlossen sind, und das Krümmungsverhältnis von Rohrbögen sollte nicht geringer als 3 sein; eine Biegung darf keine stärkere Veränderung des Innendurchmessers des Rohres als 15 % hervorrufen. Bei der Verwendung nichtleitender flexibler Schläuche sollte die der Luftprobe ausgesetzte Länge nicht größer als das Zweifache des Innendurchmessers des Schlauches sein^{N15)}.

Bei nichtleitenden Schläuchen oder flexiblen Rohren werden Neopren und natürlicher Gummi zur Minimierung elektrostatischer Abscheidungen von Aerosolpartikeln empfohlen (Charuau 1982). Wenn in der Fortluft radioaktives Iod vorkommt, sollten die in Anhang C empfohlenen Werkstoffe verwendet werden.

7.3.4 Oberflächenrauigkeit der Innenflächen

Um die Abscheideverluste von Aerosolpartikeln minimal zu halten und die Dekontamination zu erleichtern, sollten die Innenflächen von Transportleitungen soweit wie praktisch möglich hydraulisch glatt sein. Gezogene Rohre oder andere Rohrtypen mit einem Verhältnis R_a/d_i von weniger als 5×10^{-5} sind akzeptabel, wo-

^{N15)} Nationale Fußnote: Wird ein Schlauch zur Verbindung eingesetzt, sollte er so lang sein, dass keine Deformationen durch den Versatz der Schlauchenden entsteht.

bei R_a die Oberflächenrauigkeit der Rohrrinnenwandungen und d_t der Rohrinne Durchmesser ist. Dieses Kriterium erfordert eine durchschnittliche Oberflächenrauigkeit von etwa $1,6 \mu\text{m}$ oder weniger für Rohrdurchmesser im Bereich von 25 mm ^{N16)}.

7.3.5 Kondensation

Probentransportleitungen, Sammeleinrichtungen und Monitore sollten so gestaltet sein, dass Kondensation von Dämpfen vermieden wird. Kondensation findet statt, wenn die Temperatur der Luft in der Probentransportleitung niedriger ist als die Taupunkttemperatur des betreffenden Dampfes. Dabei können eine thermische Isolation und in manchen Fällen eine Heizung der Probentransportleitung erforderlich sein. Wenn die Heizung der Probenentnahmeleitung zu unannehmbar hohen Temperaturen an der Sammeleinrichtung oder dem Monitor führt, sollte eine Verdünnungseinrichtung in Betracht gezogen werden; jedoch muss sorgfältig darauf geachtet werden, dass bei der Verdünnung keine Kondensation am Punkt der Vermischung verursacht wird. Experimentelle oder rechnerische Untersuchungen sollten durchgeführt werden, um die Wirksamkeit aller konstruktiven Maßnahmen nachzuweisen, die der Minimierung oder Vermeidung der Kondensatbildung in Probentransporteinrichtungen dienen sollen.

7.3.6 Reinigung der Transportleitungen

Die Notwendigkeit der Reinigung ist bei manchen Transporteinrichtungen ein weiterer Gesichtspunkt. Bei Anwendungen, in denen die erfasste Luft durch ein HEPA-Filter geleitet wird, mag eine Reinigung während der zu erwartenden Lebensdauer der Anlage nicht notwendig sein. Dort jedoch, wo eine hohe Staubbelastung der Luft vorhanden ist, kann es erforderlich werden, Ablagerungen von den Innenwänden der Transporteinrichtung regelmäßig zu entfernen. Wenn bei einer Inspektion Anzeichen für Ablagerungen im Innern der Einlassöffnungen der Probenentnahmesonden festgestellt werden, sollte die gesamte Transportleitung untersucht werden. Wenn dabei Ablagerungen innerhalb der Transportleitung gesehen werden, sollte die Transportleitung gereinigt oder ersetzt werden. Bei Probenentnahmeeinrichtungen, bei denen Luftproben aus einer Luftströmung entnommen werden, die nicht mit HEPA-Filtern gefiltert ist und in der eine hohe Staubbelastung der Luft vorhanden ist, sind regelmäßige Inspektionen zu empfehlen. Wenn eine Abschätzung der Abscheidungsrate aller Aerosolpartikel an den Innenwandungen der Transporteinrichtung vorgenommen werden kann, sollte die Transporteinrichtung gereinigt werden, sobald die Massenflächenbelegung des abgelagerten Materials 1 g m^{-2} überschreitet^{N17)}. Die Messung der Masse des abgelagerten Materials ist nur bei Transporteinrichtungen möglich, die dafür konstruiert sind. Alternativ dazu kann auf der Grundlage der Leistungsfähigkeit der Transporteinrichtung ein Reinigungsplan erstellt werden.

Das Intervall zwischen den Reinigungen sollte so sein, dass die Ablagerungen infolge Abscheidungen an der Wand den Gesamtübertragungsgrad von Aerosolpartikeln mit einem aerodynamischen Aerosolpartikeldurchmesser D_a von $10 \mu\text{m}$ durch die Transporteinrichtung um weniger als 10 % reduzieren.

In Fällen, bei denen zusätzliche Informationen über die relevante Partikelgrößenverteilung (z. B. Verteilung der Aktivität über dem Aerosolpartikeldurchmesser) vorhanden sind, kann die Partikelgrößenverteilung der Testaerosolpartikelkollektive entsprechend gewählt werden.

Die Transporteinrichtung sollte auch gereinigt werden, falls es Anzeichen für eine Resuspension der Ablagerungen von den Wänden der Transporteinrichtung gibt oder leicht ablösbare Aerosolpartikel (z. B. Flocken, Schuppen) erfasst wurden, was beides zu verfälschten Ergebnissen bei den zu erfassenden radiologischen Daten führen könnte. Bei jedem Reinigungsverfahren sollten Dekontamination und Abfallproduktion berücksichtigt werden.

^{N16)} Nationale Fußnote: Für Rohre mit einem Innendurchmesser von weniger als 16 mm sind die Empfehlungen nach 7.2.4 anzuwenden.

^{N17)} Nationale Fußnote: Der genannte Wert der Massenflächenbelegung von 1 g m^{-2} ist kein hinreichendes Kriterium. Als geeignetes Kriterium wird eine Verringerung des Wertes des Übertragungsgrades angesehen, die zu einem Korrekturfaktor führt, der über dem Wert des bei der Bilanzierung eingesetzten Korrekturfaktors liegt.

7.4 Probenentnahme und Transport von Gasen und Dämpfen

Viele der in 7.3 dargelegten Aussagen gelten generell für die Probenentnahme von Aerosolpartikeln und Gasen. Jedoch sollte bei der Probenentnahme und dem Transport von Dämpfen und Gasen darauf geachtet werden, dass eine spezielle Auslegung der Probenentnahmeeinrichtung erforderlich sein kann.

Wenn nur Proben von inerten Gasen und Dämpfen entnommen werden, sind die Empfehlungen für die Probenentnahme wesentlich einfacher als für die Probenentnahme von Aerosolpartikeln. Die Empfehlungen zur Minimierung der Verluste von Aerosolpartikeln in Leitungen sind hierbei irrelevant. Abscheidung in langen Transportleitungen und Kondensation aufgrund von Temperaturänderungen in der Leitung sollten vermieden werden. Wenn in der Luftströmung im Kanal oder Kamin nur gasförmige Verunreinigungen enthalten sind, ist die Ausführung der Probenentnahmesonde nicht kritisch, doch sollte die Probenentnahme an einer Stelle erfolgen, an der die Luftströmung gut durchmischt ist und die Kriterien von 6.2 eingehalten werden. Die Probenentnahmesonde kann einfach aus einem am Ende offenen oder perforierten Rohr bestehen. Zu den dann geltenden Anforderungen für Entnahme und Transport gehören die Probenentnahme an einer gut durchmischten Probenentnahmestelle und die Vermeidung von Dampfkondensation in der Transport- und Sammeleinrichtung (außer dort, wo die Kondensation als Sammelmethode angewendet wird).

Werden inerte Gase, Dämpfe und Aerosolpartikel gleichzeitig entnommen, sollten für Entnahme und Transport die Anforderungen an Proben von Aerosolpartikeln angewendet werden, die auch den adäquaten Transport von Gas- und Dampfproben sicherstellen. Der verbleibende Gesichtspunkt ist dann die Wahl geeigneter Sammeleinrichtungen. Die Gas- oder Dampfsammeleinrichtung sollte sich stromabwärts von einem Schwebstofffilter befinden, um eine mögliche Störung durch Radionuklide infolge von Aerosolpartikeln zu eliminieren. Der Übertragungsgrad für dampfförmige oder gasförmige Proben von der freien Luftströmung zur Sammeleinrichtung oder zum Monitor sollte größer als 50 % sein.

Beim Umgang mit reaktiven Gasen oder Dämpfen sollte besondere Aufmerksamkeit auf die Werkstoffe der Probenentnahmeeinrichtung und auf die Vermeidung von Kondensation gerichtet werden. Die Werkstoffe sollten nur eine minimale Reaktionsfähigkeit mit dem Gas haben. Bedacht werden sollten die Vorteile einer getrennten Probenentnahmeeinrichtung für Gase, wenn die für die Transporteinrichtung der Proben von Aerosolpartikeln und Gasen wünschenswerten Materialien unverträglich sind. Wenn Reaktionen mit der Oberfläche nicht vermieden werden können, sollte die Länge der Transportleitung minimal gehalten werden. Der Übertragungsgrad von Gas und Dampf durch die gesamte Probenentnahme- und Transporteinrichtung sollte dokumentiert werden. Der Übertragungsgrad von Dampf- und Gasproben aus der freien Luftströmung zur Sammeleinrichtung oder zum Monitor sollte optimiert werden mit dem Ziel, einen Wert von mehr als 50 % zu erreichen. Wenn lange Transportwege unvermeidlich sind, sollten die Auswirkungen der durch Abscheidung, chemische Umwandlung und nachfolgende Resuspension entstehenden Zeitverzögerung berücksichtigt werden. Sorgfältig bedacht werden sollte auch, wie signifikant die Auswirkung der Zeitverzögerung auf Rechtzeitigkeit, Interpretation und Brauchbarkeit der resultierenden Daten ist. Obwohl schnelle Änderungen der Emission über einen im Vergleich zur Dauer der Emissionsänderung langen Zeitraum vermindert werden können, bleiben die Daten dennoch hilfreich und quantitativ aussagefähig, wenn sie entsprechend interpretiert werden. Die Anhänge C, H und K enthalten Hinweise zur Probenentnahme von radioaktivem Iod, Tritium und Kohlenstoff-14. Anhang B enthält Hinweise zur Beurteilung des Transports von Bestandteilen der Luftproben.

7.5 Sammlung von Aerosolpartikeln

7.5.1 Allgemeines

Abhängig vom Zweck der Probenentnahme steht für die kontinuierliche Messung der Aktivitätskonzentration und die Sammlung von Aerosolpartikeln eine große Vielfalt an technischen Verfahren zur Verfügung. Aerosolpartikel können gesammelt werden auf Schwebstofffiltern für die nachträgliche Bestimmung der Gesamtmasse, der Aktivitäten der Radionuklide oder der chemischen Verbindung, in Zyklonen oder Kaskadenimpaktoren für die Feststellung der Partikelgrößenverteilung, auf elektronenmikroskopischen Substraten für die Ermittlung der Partikelmorphologie, oder sie können durch Techniken der Lichtstreuung oder Flugzeitbestimmung zur Messung der Teilchenkonzentration und -größe beobachtet werden. Einrichtungen, die fast in Echtzeit arbeiten, wie ein Monitor zur Erfassung von Alphastrahlung, sammeln die Aerosolpartikel gewöhnlich auf einem Schwebstofffilter oder Aufprallsubstrat und messen die zeitliche Zunahme der Aktivität der radioaktiven Substanzen. Wesentliche Gesichtspunkte für die Auswahl und den Betrieb von Sammeleinrichtungen für Aerosolpartikel sind: