

**DIN ISO 20041-1
(VDE 0493-1-41-1)**
DIN

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

VDE

ICS 27.120.20

Einsprüche bis 2021-02-18

Entwurf
**Tritium- und Kohlenstoff-14-Aktivität in gasförmigen Ableitungen
kerntechnischer Anlagen –**
**Teil 1: Probenentnahme von Tritium und Kohlenstoff-14
(ISO/DIS 20041-1:2020);**
Text Deutsch und Englisch

Tritium and carbon-14 activity in gaseous effluents and gas discharges of nuclear installations –
Part 1: Sampling of tritium and carbon-14

(ISO/DIS 20041-1:2020);

Text in German and English

Activité du tritium et du carbone-14 dans les effluents gazeux et les rejets gazeux –

Partie 1: Échantillonnage

(ISO/DIS 20041-1:2020);

Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-12-18 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main.

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

Gesamtumfang 89 Seiten

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

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist ...

Inhalt	Seite
Nationales Vorwort.....	4
Vorwort.....	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Symbole.....	16
5 Probenentnahmeort.....	17
5.1 Allgemeines	17
5.2 Allgemeines zur Auswahl der Probenentnahmestellen.....	18
5.3 Kriterien für eine gute Durchmischung am Probenentnahmeort.....	18
5.4 Auslegung von Fortlufteinrichtungen für die Anordnung der Probenentnahmeeinrichtung	19
6 Probenentnahmeeinrichtungen	19
6.1 Allgemeines	19
6.2 Begutachtung einer bestehenden Probenentnahmeeinrichtung.....	19
6.3 Volumenstrommessungen.....	20
6.3.1 Allgemeines	20
6.3.2 Durchflussmessung der abgeleiteten Luft.....	20
6.3.3 Probenvolumen und Durchflussmessung bei der Probenentnahme.....	21
6.3.4 Dichtheitsprüfungen	22
6.4 Transport und Probenentnahme von Gasen und Dämpfen	22
6.4.1 Allgemeines	22
6.4.2 Allgemeine Vorschriften	22
6.4.3 Spezialfall Tritium	24
6.4.4 Spezialfall Kohlenstoff-14.....	24
6.5 Probenentnahmeverfahren.....	25
6.5.1 Allgemeines	25
6.5.2 Probenentnahme mit dem Gaswaschflaschenverfahren (Tritium und Kohlenstoff-14)	25
6.5.3 Probenentnahme mit Molekularsieben (Tritium und Kohlenstoff-14).....	30
6.5.4 Probenentnahme mittels Kondensation (nur Tritium).....	33
7 Probenentnahme- und Weiterbearbeitungsprotokoll.....	34
7.1 Allgemeines	34
7.2 Probenentnahmeprotokoll	34
7.3 Weiterbearbeitungsprotokoll.....	35
Anhang A (informativ) Beispiel eines Probenentnahmeprotokolls	36

Anhang B (informativ) Verfahren zur Messung des Luftdurchflusses durch einen Kanal oder Kamin	38
B.1 Allgemeines	38
B.2 Kurzdarstellung des Referenzverfahrens nach ISO 10780:1994	38
B.3 Spezielle Gesichtspunkte für die Anwendung der ISO 10780 bei Probenentnahmen in Kanälen und Kaminen kerntechnischer Anlagen	39
B.3.1 Allgemeines	39
B.3.2 Staurohre (Pitotrohre)	39
B.3.3 Mittlere molare Masse der Kaminableitungen	39
B.3.4 Thermische Anemometer	39
B.4 Zur Messung des Hauptdurchflusses verwendete Verfahren und Umrechnung der von Messungen an einem einzelnen Punkt oder entlang einer einzelnen Linie erhaltenen Werte auf den Gesamtdurchfluss	40
B.4.1 Staurohre (Pitotrohre)	40
B.4.2 Thermische Anemometer	40
B.4.3 Akustische Strömungsmesser	41
B.4.4 Flügelradanemometer	41
B.4.5 Nachverfolgung von SF ₆ oder Helium	41
Anhang C (informativ) Einsatzbereiche von Tritium- und Kohlenstoff 14-Sammelgeräten bei gasförmigen Ableitungen	43
Anhang D (informativ) Information bezüglich der Werte des Übertragungsgrads bei der Probenentnahme von Gasen in Kanälen gasförmiger Ableitungen	44
D.1 Allgemeines	44
D.2 Beschreibung der Testbedingungen und der erhaltenen Ergebnisse	44
D.2.1 Beschreibung des Tests	44
D.2.2 Mit der Messung verbundene Unsicherheit	45
D.3 Ergebnisse	45
D.4 Schlussfolgerungen	46
Literaturhinweise	47
Bilder	
Bild 1 – Schematische Darstellung der Probenentnahme von Tritium und Kohlenstoff-14 mit dem Gaswaschflaschenverfahren	26
Bild 2 – Schematische Darstellung der Probenentnahme von Tritium und Kohlenstoff-14 mit Molekularsieb	32
Bild C.1 – Einsatzbereich von Tritium-Sammelgeräten bei gasförmigen Ableitungen	43
Bild C.2 – Einsatzbereich von Kohlenstoff-14-Sammelgeräten bei gasförmigen Ableitungen	43
Bild D.1 – Histogramm von Werten des Übertragungsgrads auf Grundlage von 64 Tests	46

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument ISO/DIS 20041-1 „Tritium and carbon-14 activity in gaseous effluents and gas discharges of nuclear installations – Part 1: Sampling of tritium and carbon-14“ ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

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

Das internationale Dokument wurde vom ISO/TC 85/SC 2 „Radiological protection“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und den nationalen Mitgliedern zur Stellungnahme und Abstimmung vorgelegt.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS (en: Final Draft International Standard) nur 6 Wochen beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der DIS als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit noch vor der Abstimmung berücksichtigen zu können.

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

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

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

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

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

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

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von ISO Technischen Komitees durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Themen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

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

Eine Erläuterung zum freiwilligen Charakter von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen, sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT) berücksichtigt, enthält der folgende Link www.iso.org/iso/foreword.html.

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

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 20041 ist auf der ISO-Internetseite unter www.iso.org abrufbar.

Rückmeldungen und Fragen zu diesem Dokument sollten vom Nutzer direkt an das für ihn zuständige nationale Normungsgremium gerichtet werden. Eine vollständige Liste der Gremien kann unter dem Link www.iso.org/members.html abgerufen werden.

Einleitung

Ableitungen aus nuklearen Einrichtungen unterliegen regulatorischen Anforderungen, die von den verschiedenen Aufsichtsbehörden festgelegt werden. Eine genaue Kontrolle der Ableitungen ist im Rahmen von Ableitungsgenehmigungen mit dem Wasser und der Luft im Anlagenbetrieb implementiert. Diese Kontrolle wird ab dem Zeitpunkt der Inbetriebnahme der Einrichtung während ihrer gesamten Laufzeit durchgeführt. Dies umfasst insbesondere die Durchführung von Messungen hinsichtlich der physikalischen, chemischen und radioaktiven Eigenschaften gasförmiger und flüssiger Ableitungen. Der Rückbau dieser kerntechnischen Anlagen erzeugt ebenfalls flüssige und gasförmige Ableitungen, die vor ihrer Freisetzung charakterisiert und quantifiziert werden sollten.

Tritium und Kohlenstoff-14 sind üblicherweise in den gasförmigen Ableitungen von Kernkraftwerken oder anderen kerntechnischen Anlagen vorhanden. ISO 2889 legt die Verfahren und Vorschriften zur Probenentnahme von luftgetragenen Stoffen aus den Fortluftkaminen kerntechnischer Einrichtungen fest. Die dort festgelegten Vorschriften decken alle physikalischen Formen von Stoffen ab, die in gasförmigen Ableitungen vorhanden sind: Aerosolpartikel, Dämpfe und Gase. Diese Vorschriften sind bei Messungen Aktivität tragender Aerosolpartikel restriktiver, da hier die Möglichkeiten für Verluste in den Transportleitungen höher liegen. In den gasförmigen Ableitungen kerntechnischer Betriebe sind Tritium und Kohlenstoff-14 jedoch in vielfältigen chemischen Verbindungen in gas- oder dampfförmiger Form vorhanden, so dass eine Anpassung der ISO-2889-Vorschriften erforderlich ist. Außerdem behandelt ISO 2889 die Probensammlung von Tritium und Kohlenstoff-14 ausschließlich in den informativen Anhängen H und K.

ISO 20041 geht deshalb weiter, indem sie sich detailliert mit Vorschriften befasst, die für die Probenentnahme, Probenaufarbeitung und Berechnung hinsichtlich der Bestimmung von Tritium- und Kohlenstoff-14-Emissionen spezifisch sind. ISO 20041-1 deckt die Probenentnahmeverfahren für Tritium und Kohlenstoff-14 ab. ISO 20041-2 beschreibt die Aktivitätsanalyse von Tritium und Kohlenstoff-14 nach der Probenentnahme mittels Gaswaschflaschen. ISO 20041-3 befasst sich mit der Aktivitätsanalyse von auf einem Molekularsieb gesammeltem Tritium und Kohlenstoff-14. Die Teile der Reihe ISO 20041 behandeln:

- Teil 1: Probenentnahme von Tritium und Kohlenstoff-14 in gasförmigen Ableitungen
- Teil 2: Bestimmung von Tritium- und Kohlenstoff-14-Aktivitäten mittels Gaswaschflaschen
- Teil 3: Bestimmung von Tritium- und Kohlenstoff-14-Aktivitäten mittels Molekularsieb

Tritium- und Kohlenstoff-14-Aktivität in gasförmigen Ableitungen kerntechnischer Anlagen – Teil 1: Probenentnahme von Tritium und Kohlenstoff-14

1 Anwendungsbereich

ISO 20041-1 beschreibt die Verfahren und Vorschriften für die Probenentnahme von Tritium und Kohlenstoff-14 in den gasförmigen Ableitungen kerntechnischer Einrichtungen, die während des Betriebs und des Rückbaus erzeugt werden. Dies schließt insbesondere Probenentnahmestellen, Probenentnahme, Durchflussmessungen in den Transportleitungen und die Sammlung für eine spätere Analyse ein.

Dieses Dokument behandelt keine Echtzeitmessungen von Tritium- und Kohlenstoff-14-Aktivitäten in der Fortluft von Kaminen und Kanälen. Information zu Echtzeitmessungen sind in ISO 2889, Anhang H zu finden.

Probenbehandlung, Analyse und Berechnung von Tritium- und Kohlenstoff-14-Emissionen werden in ISO 20041-2 und ISO 20041-3 behandelt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

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

ISO 5667-3:2018, *Water quality – Sampling – Part 3: Preservation and handling of water samples*

ISO 10780:1994, *Stationary source emissions – Measurement of velocity and volume flowrate of gas streams in ducts*

ISO 11929:2010, *Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the confidence interval) for measurements of ionizing radiation – Fundamentals and application*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

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

3.1

absolute Feuchte

(en: absolute humidity)

Masse von Wasser in einer Volumeneinheit feuchten Gases

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 1 zum Begriff: Wenn während der Absorption eine chemische Reaktion stattfindet, wird der Prozess Chemisorption genannt.

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.2]

3.3

Aktivität

(en: activity)

mittlere Anzahl von Zerfällen je Sekunde eines Radionuklids

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Aktivität a wird in Becquerel (Bq) ausgedrückt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die abgeleitete Aktivität wird durch Multiplikation der Aktivitätskonzentration c mit dem abgeleiteten Volumen V berechnet.

3.4

Aktivitätskonzentration

(en: activity concentration)

Aktivität je Volumeneinheit der Probe

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Aktivitätskonzentration c wird in Becquerel je Kubikmeter ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) oder in Becquerel je Liter ($\text{Bq}\cdot\text{l}^{-1}$ oder $\text{Bq}\cdot\text{L}^{-1}$) ausgedrückt.

3.5

Adsorptionsmittel

(en: adsorbent)

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

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.6]

3.6

aerodynamischer Durchmesser

D_a

(en: aerodynamic diameter)

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

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.7]

3.7

Aerosol

(en: aerosol)

Dispersion fester oder flüssiger Partikel in Luft oder einem anderen Gas

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Aerosol besteht nicht ausschließlich aus Aerosolpartikeln.

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.8]

3.8

Aspirationskoeffizient

(en: aspiration efficiency)

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

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.13]

3.9

Hauptluftstrom

(en: bulk stream)

Luftstrom in einem Kanal oder Kamin im Unterschied zum Luftprobenstrom

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.15; ISO/CD 16640:2018, 3.9]

3.10

Variationskoeffizient

COV

(en: coefficient of variation)

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Wert wird üblicherweise als Prozentsatz angegeben.

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.18]

3.11

Sammeleinrichtung

Sammler

(en: collector)

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

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.19]

3.12

Aufbereitungssystem

(en: conditioning system)

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

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.20]

3.13

kontinuierlicher Luftmonitor

CAM

(en: continuous air monitor)

nahezu in Echtzeit arbeitende Sammeleinrichtung mit zugehörigem Detektor, die Daten über Radionuklide (z. B. Konzentration von Alphastrahlung emittierenden Aerosolpartikeln) in einem Luftprobenstrom liefert

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.21]

3.14

kontinuierliche Messung

(en: continuous measurement)

Echtzeit- und In-situ-Messung der charakteristischen Merkmale einer Ableitung ohne Wartezeit und ohne Probenaufbereitung und -transport

3.15

kontinuierliche Überwachung

(en: continuous monitoring)

kontinuierliche Messung von einem oder mehreren charakteristischen Probenmerkmalen in nahezu Echtzeit

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.22]

3.16

Krümmungsverhältnis

(en: curvature ratio)

Verhältnis Biegeradius zu Rohrdurchmesser

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.24]

3.17

Erkennungsgrenze

(en: decision threshold)

Schätzwert einer Messgröße, dessen Überschreiten durch ein ermitteltes Messergebnis für diese Messgröße, die einen physikalischen Effekt quantifiziert, anzeigt, dass der physikalische Effekt vorliegt

Anmerkung 1 zum Begriff: Für den Fall, dass das Messergebnis größer ist als die Erkennungsgrenze, ist die Erkennungsgrenze so festgelegt, dass die Wahrscheinlichkeit, dass der wahre Wert der Messgröße null ist, kleiner oder gleich einem vorgegebenen Wert α ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Wenn das Messergebnis kleiner als die Erkennungsgrenze ist, kann das Ergebnis nicht dem physikalischen Effekt zugeordnet werden. Trotzdem kann daraus nicht geschlossen werden, dass der physikalische Effekt nicht vorliegt.

[QUELLE: ISO 11929]

3.18

Abscheideverlust

(en: depositional loss)

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe auch 3.59.

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.25]

3.19

Nachweisgrenze

(en: detection limit)

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Mit der Erkennungsgrenze ist die Nachweisgrenze der kleinste wahre Wert der Messgröße, für den die Wahrscheinlichkeit für die falsche Entscheidung, dass der wahre Wert der Messgröße null ist, gleich einem vorgegebenen Wert β ist, wenn der wahre Wert in Wirklichkeit nicht null ist.

[QUELLE: ISO 11929:2010, 3.7]

3.20

Probenentnahme aus Ableitungen

Handlung, bei der aus den Ableitungen eine oder mehrere Proben entnommen werden

3.21

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 1 zum Begriff: 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.

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.33]

3.22

Befeuchter

(en: humidifier)

Gerät zum Hinzufügen von Wasserdampf zum Probenluftstrom

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.37]

3.23

hydraulischer Durchmesser

(en: hydraulic diameter)

äquivalenter Kanaldurchmesser für Kanäle, deren Querschnitt nicht rund ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Allgemeinen beträgt er das Vierfache der Querschnittsfläche, dividiert durch den Umfang.

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.38]

3.24

Inline-Einrichtung

(en: in-line system)

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

[QUELLE: ISO/CD 16640:2018, 3.24]

3.25

Interzeption

(en: interception)

Prozess, durch den Aerosolpartikel aus einem Luftstrom dadurch entnommen werden, dass sich ein Objekt im Luftstrom befindet

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.41]

3.26

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 1 zum Begriff: 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.

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.42]

3.27

laminare Strömung

(en: laminar flow)

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

Anmerkung 1 zum Begriff: 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.

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.43]

3.28

Mischelement

(en: mixing element)

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

[QUELLE: ISO/CD 16640:2018, 3.25]

3.29

Probenentnahmesonde

Einlassöffnung

(en: nozzle)

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Innerhalb der Probenentnahmesonde gibt es eine Übergangszone, in der sich der Luftprobenstrom an die Bedingungen in der Transportleitung anpasst. Häufig ist die Probenentnahmesonde eine separate Komponente, und die Auslassöffnung und Auslassebene ist eindeutig als das stromabwärts liegende Ende dieser Komponente definiert.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Einlassöffnung der Probenentnahmesonde entspricht der gedachten Querschnittsebene der Einlassöffnung einer Probenentnahmesonde, wo der Luftstrom erstmals in die Probenentnahmeeinrichtung eintritt. In dem speziellen Fall einer Probenentnahmesonde mit Hüllrohr bezieht sich die Einlassebene auf die innere Probenentnahmesonde und nicht auf das Hüllrohr.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die Auslassöffnung bzw. Auslassebene der Probenentnahmesonde ist eine gedachte Ebene über den Querschnitt einer Transportleitung, die den Bereich der Probenentnahmesonde von der Transportleitung trennt. 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.

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.49, 3.50, 3.51]

3.30

Offline-Messung

(en: off-line measurement)

Messung der charakteristischen Merkmale einer Luftprobe, die vor der Messung entweder eine Wartezeit oder Probenaufbereitung und Probentransport erfordert

3.31

Übertragungsgrad

(en: penetration)

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

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.58]

3.32

Präzision

(en: precision)

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Präzision wird durch wiederholte Tests an einer homogenen Probe unter definierten Bedingungen ermittelt. Die Präzision eines Verfahrens wird quantitativ entweder als die aus den Ergebnissen einer Serie kontrollierter Messergebnisse errechnete Standardabweichung oder als Variationskoeffizient der Messwerte ausgedrückt.

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.60]

3.33

Probenentnahmesonde

(en: probe)

in einen Kanal oder Kamin eingeführte Vorrichtung, durch die eine Probe des Luftstroms gezogen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Üblicherweise bezeichnet der Begriff Probenentnahmesonde eine oder mehrere Einlassrohre und einen Teil der Transportleitung.

Anmerkung 2 zum Begriff: Umgangssprachlich wird dieser Begriff manchmal für die Einrichtung, die in den Kamin oder Kanal eingebracht wird, um den Volumenstrom oder den Betrag der gegenwärtigen Aktivität zu messen, verwendet.

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.60]

3.34

radioaktive Ableitung

(en: radioactive effluent)

durch eine kerntechnische Aktivität erzeugter radioaktiver Reststoff (Flüssigkeit, Gas, Staub, Aerosol)

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Ableitung kann Gegenstand für Aufbereitung, Filtration, Aufbewahrung, Wiederwendung, Kontrolle und/oder Überwachung sowie für strenge und geregelte Steuerung sein. Eine Ableitung kann durch Dispersion in ein aufnehmendes Medium aus der Produktionsstätte oder der unmittelbaren Umgebung entfernt werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Eine gasförmige Ableitung ist ein Fluid, das durch ein Trägergas befördert wird und aus Gas, Staub und/oder Aerosolen bestehen kann.

3.35

Probe für die Bilanzierung

(en: record sample)

Probe, die zu Berichtszwecken entnommen wird

3.36

Bilanzierung

(en: recording)

kontinuierliche Messung einer Größe eines luftgetragenen radioaktiven Stoffs (z. B. Aktivitätskonzentration) oder des Bruttogehalts eines radioaktiven Materials mit einer Häufigkeit, die eine Beurteilung des Werts dieser Größe in nahezu Echtzeit erlaubt, oder in Intervallen, die den regulatorischen Anforderungen entsprechen

3.37

Referenzverfahren

(en: reference method)

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Es wird angenommen, dass bei Anwendung eines Referenzverfahrens die richtigen Ergebnisse geliefert werden.

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.66]

3.38

repräsentative Probe

(en: representative sample)

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

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.67]

3.39

Probe

(en: sample)

gesamelte Schadstoffe oder Bestandteile in einem bekannten Luftvolumen aus einem interessierenden Luftstrom

3.40

Probenentnahmeort

Probenentnahmestelle

(en: sample-extraction location)

Ort der Probenentnahme aus dem Luftstrom

Anmerkung 1 zum Begriff: Ort des Einlasses der Probenentnahmeeinrichtung,

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.69]

3.41

Sammeleinrichtung

(en: sampler)

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

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.70]

3.42

Luftprobenstrom

(en sample stream)

Luft, die durch eine Probenentnahmeeinrichtung strömt

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.71]

3.43

Probenentnahme

(en: sampling)

Prozess der Sammlung von Bestandteilen aus dem interessierenden Luftstrom auf Medien wie Filtern, Absorptions- oder Adsorptionsmitteln und ihrer Weiterleitung zu einer Sammeleinrichtung oder einem Monitor für eine Analyse

3.44

Probenentnahmeumfeld

(en: sampling environment)

Bedingungen von Luftstrom und Gas innerhalb eines Kamins, die den Probenentnahmeprozess beeinflussen können

Anmerkung 1 zum Begriff: Zu solchen Faktoren gehören Druck, Temperatur und molekulare Zusammensetzung des Gases.

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.73]

3.45

Probenentnahmestelle

Probenentnahmeort

(en: sampling location)

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe 3.40.

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.74]

3.46

Probenentnahmeebene

(en: sampling plane)

Querschnittsfläche, in der die Probe aus dem Luftstrom entnommen wird

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.75]

3.47

Probenentnahmeeinrichtung

(en: sampling system)

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Abhängig von der Anwendung ist in der Probenentnahmeeinrichtung möglicherweise keine Einrichtung zur Behandlung der Luftströmung enthalten.

Anmerkung 2 zum Begriff: Üblicherweise werden Proben für die Bilanzierung offline in einem Labor analysiert.

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.764]

3.48

Empfindlichkeit

(en: sensitivity)

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Steigung der Kalibrierkurve eines Instruments, bei dem eine Kalibrierkurve den Ausgabewert des Instruments als Funktion des Eingangswerts angibt.

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.78]

3.49

Hüllrohr

(en: shroud)

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

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.81]

3.50

Kamin

(en: stack)

Rohrleitung, Kanal oder Kamin für die Verbreitung und Verdünnung von Ableitungen in die Umwelt

3.51

Normbedingungen

(en: standard conditions)

eine Temperatur von 25 °C und ein Druck von 101 325 Pa

Anmerkung 1 zum Begriff: Sie dienen der Umrechnung der Dichtewerte von Luft auf eine gemeinsame Grundlage. Andere Temperaturen dürfen benutzt werden und sollten dann konsequent verwendet werden.

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.82]

3.52

Prüfmenge

(en: test portion)

idealerweise repräsentativer Teil einer Probe, der für Prüfzwecke entnommen wird

3.53

Transportleitung

(en: transport line)

Teil einer Transporteinrichtung zwischen der Austrittsebene der Probenentnahmesonde und der Einlass-ebene einer Sammeleinrichtung oder eines Analysators

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.84]

3.54

Transporteinrichtung

(en: transport system)

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

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.85]

3.55

turbulente Strömung

(en: turbulent flow)

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

Anmerkung 1 zum Begriff: 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.

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.86]

3.56

Dampf

(en: vapour)

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Dämpfe sind Gase, die von Flüssigkeiten oder Feststoffen freigesetzt oder verflüchtigt wur-den.

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.89]

3.57

Geschwindigkeitsprofil

(en: velocity profile)

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

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.90]

3.58

flüchtig

(en: volatile)

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

Anmerkung 1 zum Begriff: In diesem Dokument wird die Temperatur im Kamin generell als Bezugswert betrachtet.

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.91]

3.59

Wandverlust

(en: wall loss)

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Quantitativ ist es der äquivalente Konzentrationsverlust an den Wänden einer Probenentnahmesonde oder Transportleitung bzw. einer Aufbereitungs- oder Transporteinrichtung durch die Konzentration an der Einlassebene der Probenentnahmesonde, der Transportleitung oder der Transporteinrichtung.

[QUELLE: ISO 2889:2010, 3.92]

4 Symbole

Die Symbole, die in den Gleichungen dieses Dokuments verwendet werden, sind nachstehend definiert.

A	Querschnittsfläche des Kamins oder Kanals, in m^2
A_i	Querschnittsfläche des Kamins oder Kanals im Mittelpunkt des i -ten Elements, in m^2
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_{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_t	Konzentration der Tracerableitung, in $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
$c_{t,0}$	Konzentration des Tracergases, in $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
H_r	relative Feuchte, dimensionslos
M	molare Masse, in $\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$
M_v	molare Masse von Wasserdampf, $0,018 \text{ kg}\cdot\text{mol}^{-1}$
N	Anzahl der Intervalle oder Elemente
p	Druck, in Pa
p_{std}	Normdruck, 101 325 Pa
p_{sv}	Sättigungsdampfdruck bei einer bekannten Temperatur, in Pa
Q	gesamtes Volumen der abgeleiteten Luft, aus der die Luftprobe stammt, bei der Temperatur, dem Druck und der Gaszusammensetzung des Fortluftstroms, in m^3
$Q_{T,a}$	gesamtes erfasstes Gasvolumen (Luftvolumen) der Probe bei den tatsächlichen Temperatur- und Druckbedingungen, in m^3
$Q_{T,std}$	gesamtes erfasstes Gasvolumen (Luftvolumen) der Probe bei Normtemperatur und Normdruck, in m^3
q	Volumendurchfluss, in $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$
q_a	Volumendurchfluss bei den tatsächlichen Temperatur- und Druckbedingungen, in $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$

q_{std}	Volumendurchfluss bei Normtemperatur und Normdruck, in $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
q_t	Durchfluss der Tracereinleitung, in $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
R	Gaskonstante für ein bestimmtes Gas (R_u/M), in $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
R_a	Gaskonstante für Luft, $287 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
R_u	universelle Gaskonstante, $8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
T	Temperatur, in K oder °C
T_{std}	Normtemperatur, 298 K (25 °C)
t_s	Sammelzeitraum, in s
v	Geschwindigkeit, in $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
v_i	Geschwindigkeit im Mittelpunkt des i -ten Elements, in $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
v_{std}	äquivalente Geschwindigkeit bei Normbedingungen, in $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
$v_{\text{std},i}$	äquivalente Geschwindigkeit bei Normbedingungen im Mittelpunkt des i -ten Elements, in $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
ρ	Dichte, in $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
ρ_{std}	Dichte der Luft bei Normbedingungen, $1,184 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
ρ_v	absolute Feuchte, in $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$

5 Probenentnahmeort

5.1 Allgemeines

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 5.3 aufgeführt sind, bestimmt. Der Konstrukteur sollte die Belüftungseinrichtung so konzipieren, dass ein günstiger Ort geschaffen wird, an dem die Probe aus einem gut durchmischten Luftstrom entnommen werden kann (siehe 5.4). In diesem Fall darf die Probenentnahmeeinrichtung nur eine einzelne Probenentnahmesonde aufweisen. In Fällen, bei denen das Kriterium einer guten Durchmischung nicht erreicht wird, darf ein Probenentnahmerechen mit mehreren Probenentnahmesonden verwendet oder kann erforderlich werden, um eine repräsentative Probe zu erhalten. Die Auslegung und der Betrieb von Probenentnahmesonden und Probenentnahmerechen sind in ISO 2889:2010, 7.2 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 dieses Dokuments ausgelegt oder gebaut wurden, nicht eingehalten werden können, wobei eine sorgfältige Betrachtung angestellt werden sollte (siehe ISO 2889:2010, 7.7):

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

ANMERKUNG Üblicherweise wird die dritte Möglichkeit verwendet.

5.2 Allgemeines zur Auswahl der 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 Probentransportleitungen 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.

5.3 Kriterien für eine gute Durchmischung am Probenentnahmeort

Die Werte der Eigenschaften, die auf eine gut durchmischte Luftströmung hinweisen, sind in ISO 2889:2010, 6.2 beschrieben. Falls die Probenentnahmesonde sowohl für die Probenentnahme von Tritium oder Kohlenstoff-14 als auch für die Probenentnahme von Aerosolpartikeln eingesetzt wird, müssen alle Anforderungen nach ISO 2889 angewendet werden. Sofern Tritium und Kohlenstoff-14 jedoch als Gase und Dämpfe betrachtet werden, würde das Kriterium der guten Durchmischung nur die Homogenität der Gaskonzentration (Tracer), das Geschwindigkeitsprofil und den Winkel einschließen.

Ein Tracergas (z. B. Alkohol, Schwefelhexafluorid, Helium, Lachgas) wird stromaufwärts des Probenentnahmeorts in den Luftstrom eingeleitet. Die Konzentration des Tracergases wird an den Gitterpunkten nach ISO 10780 gemessen. Der Variationskoeffizient der Konzentrationen an den Messpunkten wird berechnet. Der Variationskoeffizient des Tracergases sollte über mindestens den mittleren zwei Dritteln des Kanal- oder Kaminsschnitts 20 % oder weniger betragen. Weiterhin sollte die Konzentration des Tracergases an keinem Messpunkt um mehr als 30 % vom Mittelwert der Konzentrationen an allen Gitterpunkten abweichen. Das allgemeine Verfahren ist in ISO 2889:2010, Anhang F, zusammengefasst.

Computergestützte Strömungssimulationsmodelle (CFD, computational fluid dynamics) können Informationen liefern, die die Wahl eines gut durchmischten Orts unterstützen, wobei ihnen im Allgemeinen physikalische Messungen folgen. CFD-Modellierung erfordert eine Auflösung des Tracergasprofils, wobei eine grenzangepasste, dreidimensionale Strömung verwendet wird. Das CFD-Modell ist für die Visualisierung und das Verstehen des Verhaltens des Hauptluftstroms in der endgültigen Fortluftereinrichtung hilfreich, da es die Ermittlung eines möglicherweise vorteilhafteren Probenentnahmeorts unterstützt. Die CFD-Simulation ist allgemein in die folgenden Schritte unterteilt: 1) Simulation des Strömungsfelds, 2) Nachverfolgung der Partikel und 3) Nachbearbeitung, um Informationen zur Partikelablagerung zu erhalten (Tang und Guo, 2011). Verschiedene Modelle stehen zur Verfügung. Das Modell sollte ein vollentwickeltes dreidimensionales Gitter mit allen geometrischen Details verwenden und die Abschnitte von der letzten Verwirbelung bis zum Austrittspunkt aus der Einrichtung einschließen. Die CFD-Simulation sollte die in Frage kommenden Faktoren der Einrichtung einbeziehen und lange genug durchgeführt werden, um Konvergenz zu erreichen. Die Ergebnisse aus dem CFD werden von der Qualität der Modelleingaben wie dem Gittermodell und dem Konvergenzlauf direkt beeinflusst. Beispiele für die Methodik, um CFD-Daten zu erhalten, sind bei Recknagle et al. (2009), Tang und Guo (2011), Barnett et al. (2016) und Vijayaraghavan (2006) nachzulesen.

Falls ein Gasbehälter, auch als „Tank“ bezeichnet, für die Sammlung eines großen Volumens von Gas, das Tritium und Kohlenstoff-14 enthält, verwendet wird, sollte die Homogenität des Gases im Gasbehälter möglichst optimal sein, entweder durch interne Vermischung (Mischen der Ableitung durch Gaseinleitung oder interne Umwälzung) oder durch Umwälzung der Gasatmosphäre, indem das Gas am einen Ende des Tanks gesammelt und am andere Ende wieder eingeleitet wird. Homogenität kann erreicht werden, indem ein nicht-radioaktives, neutrales Gas mit einem im Vorfeld festgelegten Volumen, das dem Volumen und Anfangsdruck des Gasbehälters entspricht, eingeleitet wird. Im Fall der Umwälzung in einem nicht unter Druck stehenden, geschlossenen Gasbehälter kann die Homogenität eines Gases, das Tritium und Kohlenstoff-14 enthält, unter Verwendung einer internen Mischeinrichtung erhalten werden. Die Verwendung eines Druckminderers/Durchflussreglers wird für unter Druck stehende Gasbehälter empfohlen. Für unter Druck stehende Gasbehälter wird eine bessere Homogenisierung angenommen.

5.4 Auslegung von Fortlufteinrichtungen 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 Kamine oder beim Umbau älterer Kamine sollte der Konstrukteur Vorkehrungen treffen, die die Durchmischung stromabwärts von Lüftern, den Einsatz von Reduzierungseinrichtungen sowie die Probenentnahme stromabwärts aus allen zusätzlichen Strömen zum Luftstrom fördern.

Die Probenentnahmesonde (wenn diese nur eine Einlassöffnung aufweist) sollte an der Stelle angebracht sein, wo die Messung am nächsten am Mittelwert des Gaskonzentrationsprofils ist.

Wenn Änderungen in der Fortlufteinrichtung das Strömungsmuster am Probenentnahmeort wahrscheinlich verändern, sollten die vorherigen Überprüfungen wiederholt werden.

6 Probenentnahmeeinrichtungen

6.1 Allgemeines

In den folgenden Abschnitten werden die erwähnten Eigenschaften für die Probenentnahme von gasförmigem Tritium- und Kohlenstoff-14-Molekülen angewandt. Wenn die Transportleitungen sowohl für die Probenentnahme von Aerosolpartikeln als auch für die Probenentnahme von Tritium und Kohlenstoff-14 verwendet werden, gelten die Anforderungen, wie sie in ISO 2889 für die Probenentnahme von Aerosolpartikeln definiert sind.

Der Übertragungsgrad für die interessierenden Gase und Dämpfe vom freien Luftstrom zur Sammeleinrichtung muss bestimmt werden.

Die in diesem Dokument enthaltenen leistungsbezogenen Kriterien zur Überwachung von gasförmigen Ableitungen können als Empfehlungen für Probenentnahmeeinrichtungen, die nur der Überwachung dienen, angesehen werden.

Die folgenden Unterabschnitte können nicht alle möglichen Situationen abdecken und dürfen konkreten Situationen, bei denen Prüfungen weder angemessen noch praktikabel sind, und geltenden Vorschriften angepasst werden. Eine risikobasierte, abgestufte Vorgehensweise darf bei der Auslegung von Einrichtungen verwendet werden, die der Probenentnahme von Radionukliden in Kaminen und Kanälen der nukleartechnischen Industrie dienen. Die Abhandlung einer solchen Vorgehensweise gehört jedoch nicht zum Umfang dieses Dokuments.

6.2 Begutachtung einer bestehenden Probenentnahmeeinrichtung

Falls eine bestehende Probenentnahmeeinrichtung für gasförmige Ableitungen nicht entsprechend der Leistungsanforderungen und Empfehlungen in diesem Dokument ausgelegt ist, wird eine Begutachtung der Leistungsfähigkeit der Einrichtung, einschließlich des Orts der Probenentnahmesonde, empfohlen. Falls Abweichungen festgestellt werden, sollte eine Optimierungsstudie durchgeführt werden, um zu ermitteln, ob eine nachträgliche Änderung sinnvoll und möglich ist. Um eine geeignete Lösung zu erreichen, ist eine Opti-

mierung gegenläufiger Faktoren erforderlich. Die Begutachtung bestehender Einrichtungen sollte unter Einsatz bewährter Techniken, die im Folgenden für die Auslegung und den Betrieb neuer Probenentnahmegeräte beschrieben sind, durchgeführt werden.

6.3 Volumenstrommessungen

6.3.1 Allgemeines

Genauere Messungen des Durchflusses der Luftströme sollten 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. 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 der Pumpe für die Probenentnahme angeschlossen ist.

ANMERKUNG Geltende Vorschriften können die Gasdichten, die für die Berichterstattung von Ableitungen anzuwenden sind, vorgeben.

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

6.3.2 Durchflussmessung der abgeleiteten Luft

Der Durchfluss des abgeleiteten Luftstroms 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.

Falls eine kontinuierliche Messung des Durchflusses des Fortluftstroms nicht erforderlich ist, sollten mindestens einmal jährlich regelmäßige manuelle Messungen des Luftdurchflusses nach ISO 10780 durchgeführt werden. Dieses Standardverfahren entsprechend der in [Anhang B](#) angegebenen Modifikation wird im Folgenden als Referenzverfahren bezeichnet.

Bei kontinuierlich zu überwachenden Kanälen und Kaminen sollte die Einrichtung zur Messung und Aufzeichnung des Luftdurchsatzes in der Lage sein, den Massen- oder Volumendurchfluss des abgeleiteten Luftstroms mit einer Genauigkeit zu ermitteln, die innerhalb von 10 % des mit dem Referenzverfahren gewonnenen Messwerts liegt.

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.

Überdruck in Kaminen und Kanälen kann manchmal, in Abhängigkeit vom Druckaufbau, zu Verlusten im Durchfluss zwischen den Lüftern, und dem Ort der Durchflussmessung führen. In diesem Fall sollte jeder Durchflussverlust identifiziert werden, so dass eine Genauigkeit innerhalb von 10 % der Durchflussmessung beibehalten werden kann, wie sie mit dem Referenzverfahren erhalten wurde.

Die aus Unsicherheitsberechnungen erhaltene Unsicherheit ist ebenso wie das Verfahren der Durchflussmessung wirksam in der Einrichtung umgesetzt.

6.3.3 Probenvolumen und Durchflussmessung bei der Probenentnahme

Die relative Genauigkeit der Einrichtungen zur Messung und Aufzeichnung der Luftdurchflüsse in der Probenentnahmeeinrichtung sollte innerhalb von 10 % des Werts eines Referenzluftdurchflusses liegen. Der Strömungssensor sollte in der Probenentnahmeeinrichtung so angeordnet sein, dass Verluste an Aerosolpartikeln oder an reaktiven radioaktiven Gasen vermieden werden. Demzufolge befindet sich der Sensor üblicherweise stromabwärts in der Nähe von der Probeentnahmeeinrichtung oder dem Monitor. Des Weiteren 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 Temperatursensoren hinzugenommen werden, um die Berechnung der Gasdichte der Probe am Sensor zu ermöglichen. Üblicherweise enthalten Gaswaschflaschen ein Massendurchflussmessgerät, das Korrekturen bezüglich Druck- und Temperaturschwankungen nicht mehr erfordert.

Falls der Durchfluss des Luftprobenstroms während der Dauer der Probenentnahme t_s um nicht mehr als 20 % schwankt, sollte er mindestens zu Beginn ($t_{s,1}$) und am Ende ($t_{s,2}$) jeder Probenentnahmedauer aufgezeichnet werden. Für einen solchen Fall kann das erfasste gesamte Probenvolumen $Q_{T,a}$ nach folgender Gleichung berechnet werden:

$$Q_{T,a} = \frac{q_{a,1} + q_{a,2}}{2} (t_{s,2} - t_{s,1}) \quad (1)$$

Schwankt der Durchfluss des Luftprobenstroms um mehr als 20 % während der Dauer der Probenentnahme t_s , sollte ein Durchflussmessgerät kontinuierlich eingesetzt werden. Im Fall einer kontinuierlichen Durchflussmessung sollten die Werte in Abständen von nicht mehr als 10 min aufgezeichnet werden. Das gesamte Probenvolumen entspricht der Integration des Luftdurchflusses über die gesamte Probenentnahmedauer. Falls das Zeitintervall zwischen den Aufzeichnungen Δt und der Durchfluss des Luftprobenstroms während dieses Intervalls der Mittelwert der beiden Durchflüsse am Anfang und am Ende $q_{a,i}$ ist, wird das gesamte Probenvolumen $Q_{T,a}$ nach folgender Gleichung berechnet:

$$Q_{T,a} = \sum_{i=1}^N q_{a,i} \cdot \Delta t \quad (2)$$

ANMERKUNG Weitere Integrationsmethoden dürfen benutzt werden, wenn die zahlenmäßig eingeführten Unsicherheiten nicht höher sind als die in der obigen Gleichung implizit enthaltenen Unsicherheiten. Das gesamte Probenvolumen $Q_{T,a}$ beruht auf dem vom Durchflussmessgerät angezeigten Durchfluss.

Das gesamte Probenvolumen ist oft mit den Normbedingungen (siehe 3.51) verbunden.

Wenn ein Regler zur Einhaltung einer konstanten Probenentnahme verwendet wird, sollte er den Luftdurchfluss in einem Bereich von bis zu 15 % konstant halten, der dem anfänglichen Wert des Druckabfalls über dem Probensammler bis zum zweifachen Wert des anfänglichen Druckabfalls entspricht. Der Durchflussregler sollte unter ähnlichen Bedingungen, wie sie im Betrieb anzutreffen sind, geprüft werden.

Wenn der Durchfluss des abgeleiteten Luftstroms während der Probenentnahmedauer im Mittel um mehr als 20 % schwanken kann, sollten die mit ihm verbundenen Unsicherheiten quantifiziert oder die den konkreten Ableitungsbedingungen entsprechenden Korrekturen oder Justierungen für die Einrichtung vorgenommen werden.

Das Verhältnis zwischen dem Luftdurchfluss in der Probenentnahmeeinrichtung und dem Luftdurchfluss im Kanal und Kamin sollte innerhalb von 20 % eines im Vorfeld festgelegten Werts im Normalbetrieb aufrechterhalten werden. Eine Ausnahme darf an dieser Stelle für eine Luftüberwachungseinrichtung mit einem Monitor, der mit einem konstanten, im Vorfeld festgelegten Luftdurchfluss betrieben wird, gemacht werden.

6.3.4 Dichtheitsprüfungen

Ein Leck in der Probenentnahme- oder der Sammeleinrichtung kann einen Fehler im Durchfluss des Luftprobenstroms und auch eine fehlerhafte Funktionsweise der Sammeleinrichtung verursachen. Die Dichtheit einer Probenentnahmeeinrichtung sollte bei der Errichtung und vor allem bei Änderungen an der Transportleitung geprüft werden; die Überprüfung oder die Prüfmethode sollten dokumentiert werden und in der Einrichtung einfach möglich sein. Darüber hinaus sollten Dichtheitsprüfungen bei der Einrichtung periodisch (vierteljährlich, jährlich oder soweit es zweckmäßig und angemessen ist) durchgeführt werden.

Bei Durchflussmessungen bestimmter Gase (Tritium und Kohlenstoff-14) in den Kanälen sollten, wenn die Parameter für die Luftdurchflüsse der Ableitungen und der Probenentnahme sowie für die Dichtheit nicht genau gemessen werden können, Prüfungen mit einem Gastracer in der gesamten Probenentnahmeeinrichtung durchgeführt werden, um die Probenentnahme zu qualifizieren und die mit der Probenentnahme verbundene Gesamtunsicherheit zu quantifizieren.

6.4 Transport und Probenentnahme von Gasen und Dämpfen

6.4.1 Allgemeines

Tritium und Kohlenstoff-14 sind oft in den gasförmigen Ableitungen kerntechnischer Einrichtungen enthalten. Gasförmige Ableitungen können auf verschiedene Weise beprobt werden, je nachdem ob:

- die Gase und Dämpfe, die ebenfalls beprobt werden, in Gegenwart radioaktiver Aerosole vorhanden sind;
- die Gase und Dämpfe mit den Materialien der Probenentnahmeeinrichtung reaktiv sind.

Wenn nur Gase und Dämpfe entnommen werden, sind die Empfehlungen für die Probenentnahme wesentlich einfacher als jene, die in ISO 2889 für Aerosolpartikel definiert sind.

6.4.2 Allgemeine Vorschriften

6.4.2.1 Allgemeines

Das Labor, das mit der Analyse der physikalisch-chemischen Eigenschaften beauftragt ist, muss über die Art der entnommenen, gasförmigen Ableitungen informiert sein, damit es geeignete Messtechnik anwendet, vor allem um im Fall einer Flüssigkeitsszintillationsmessung von Tritium und Kohlenstoff-14 mögliche Störungen durch Röntgenstrahlen, Gamma- und Betastrahler zu berücksichtigen (siehe ISO 20041-2 und ISO 20041-3^{N1}).

6.4.2.2 Nicht-reaktive Gase und Dämpfe

Wenn nur nicht-reaktive Gase und Dämpfe entnommen werden, sind die Empfehlungen im Hinblick auf die Reduzierung von Partikelverlusten in den Leitungen irrelevant. Die Ablagerung in langen Transportleitungen sowie die Kondensation aufgrund von Temperaturänderungen in den Leitungen sollte vermieden werden. Falls der Luftstrom nur gasförmige Bestandteile enthält, ist die Auslegung der Probenentnahmesonde unkritisch, doch sollte die Probenentnahme an einer Stelle stattfinden, an der der Luftstrom gut durchmischt ist und die Kriterien von 5.3 erfüllt sind. Die Auslegung der Probenentnahmesonde kann im einfachsten Fall ein am Ende offenes oder perforiertes Rohr sein. Die Anforderungen an die Entnahme und den Transport zielen auf die Probenentnahme an einer gut durchmischten Stelle und auf die Vermeidung von Kondensation von Wasserdampf in der Transport- und Sammeleinrichtung (ausgenommen bei der Verwendung von Kondensation als Sammelmethode).

Wenn nicht-reaktive Gase, Dämpfe und Schwebstoffe gemeinsam entnommen werden, sollten die Anforderungen an die Probenentnahme und den Transport von Schwebstoffen angewandt werden, die auch einen geeigneten Transport der Gas- und Dampfprobe sicherstellen. Schließlich muss die Auswahl geeigneter Sammelgeräte betrachtet werden. Das Sammelgerät für Gase und Dämpfe sollte stromabwärts des Schweb-

^{N1} Nationale Fußnote: Im ISO-Originalentwurf steht fälschlicherweise „siehe ISO 20041-1 und ISO 20041-2“.

stofffilters aufgestellt werden, um mögliche Störungen mit Radionukliden, die an Schwebstoffen gebunden sind, auszuschließen.

ANMERKUNG 1 Die Erfahrung (siehe [Anhang D](#)) zeigte, dass eine Einrichtung, die die Probenentnahmevorschriften, wie sie in diesem Dokument definiert sind, erfüllt, einen Übertragungsgrad von mindestens 90 % für nicht-reaktive und nicht-kondensierbare Gase aufweist. Die Unsicherheit der Messung für jeden Übertragungsgrad mit einem Erweiterungsfaktor $k = 2$ wird in diesem Fall mit 20 % abgeschätzt.

ANMERKUNG 2 Ein Nachweis über die Zulässigkeit der Probenentnahmeeinrichtung (Charakterisierung und/oder Modellierung der Probenentnahmeeinrichtung) speziell für nicht-reaktive Gase sollte durchgeführt werden, um den Übertragungsgrad im Hinblick auf einen idealen Wert von 100 % zu ermitteln.

6.4.2.3 Reaktive Gase und Dämpfe

Der minimale Übertragungsgrad für den Transport reaktiver Gas- und Dampfproben vom freien Luftstrom zum Sammler oder Analysator sollte unter Berücksichtigung der folgenden Empfehlungen optimiert werden.

Besondere Aufmerksamkeit sollte den Baumaterialien der Probenentnahmeeinrichtung und dem Phänomen der Kondensation geschenkt werden. Das Baumaterial sollte eine äußerst geringe Reaktivität mit Gas aufweisen: insbesondere die Verwendung von organischem Material sollte eingeschränkt sein, um Austausch zwischen Tritium und Kohlenstoff-14 und den Probenentnahmeleitungen zu vermeiden.

In die Betrachtung miteinbezogen werden sollten die Vorteile einer separaten Probenentnahmeeinrichtung für Gase immer wenn die für den Transport von Schwebstoff- und Gasproben erforderlichen Baumaterialien nicht miteinander kompatibel sind. In Situationen, in denen jedoch eine geringe Reaktivität nicht vermieden werden kann, sollte die Länge der Transportleitungen so kurz wie möglich gehalten werden. Der Übertragungsgrad für Gas und Dampf durch die gesamte Entnahme- und Transporteinrichtung sollte dokumentiert werden.

Sind lange Transportleitungen unvermeidbar, sollte der Effekt der Transport- und Detektionsverzögerung, der durch Ablagerung, chemische Umwandlung und nachfolgende Resuspension verursacht wird, betrachtet werden. Von besonderem Interesse sollte dabei sein, ob sich der Effekt auf die Interpretation und den Wert der erhaltenen Daten signifikant auswirkt. Obwohl schnelle Emissionsschwankungen über einen langen Zeitraum abgeschwächt werden können, können diese Daten dennoch nützlich sein und ihre Analyse quantitative Informationen zur Ableitung liefern.

6.4.2.4 Sammlung von Gas in Gasbehältern

Manchmal kann eine Sammlung gasförmiger Ableitungen in einem Gasbehälter gegenüber der direkten Probenentnahme aus Transportleitungen von Vorteil sein und kann auf unterschiedliche Weise erfolgen:

- Verwendung eines vorher evakuierten Behälters, der mit dem zu beprobenden Ableitungsluftstrom gefüllt, dann versiegelt und an das Labor zur Messung der Einzelaktivität eines jeden Bestandteils oder der Gesamtaktivität geschickt wird;
- Durchströmen eines Behälters mit dem Ableitungsluftstrom, bis der Behälter vollständig durchspült ist, um anschließend mit den Einlass- und Auslassventilen verschlossen zu werden;
- Pumpen des Luftprobenstroms in entleerte Beutel (hergestellt aus nicht-adsorbierendem Material) für die spätere Komprimierung und Analyse;
- Komprimierung des Luftprobenstroms in eine Flasche zur nachträglichen Analyse.

Wenn der Gasbehälter gefüllt ist, ist es wichtig, den Gasbehälter mit Kopfraum, der ein Risiko hinsichtlich der Bildung explosiver Atmosphären birgt, zu kennzeichnen und Messungen vorzunehmen, um die Verpuffungsgefahr zu verhindern (Inertisierung, Druckbehälter zur Vermeidung von Aufnahme von Stoffen, feuersichere Ausstattung usw.).

Ein bekanntes Volumen des gesammelten Gases wird dann für die Probenentnahme verwendet, wie sie in [6.5](#) beschrieben ist.

ANMERKUNG Einige geschlossene Gasbehälter können Gase enthalten, die ein Explosionsrisiko darstellen, z. B. die Gegenwart von Wasserstoff in einer Konzentration von mehr als 4 %. Aufgrund der Inertisierung dieser Gasbehälter und des Explosionsrisikos kann bei der Probenentnahme von gasförmigem Tritium und organischem Kohlenstoff-14 keine Gasoxidation durchgeführt werden. In diesem Fall sollte ein Teil des Volumens des Gasbehälters vor der Analyse in einen Zwischenbehälter überführt werden, um das Explosionsrisiko durch Verdünnen des Gases in einem größeren Volumen auszuschließen.

6.4.3 Spezialfall Tritium

6.4.3.1 Allgemeines

Tritium ist ein Wasserstoffisotop, das dasselbe Verhalten wie Wasserstoff aufweist. Es ist üblicherweise in verschiedenen chemischen Verbindungen im Ableitungsluftstrom (gasförmige Ableitungen) zu finden:

- Wasserstoffgas, HT;
- tritierter Wasserdampf, HTO (Siedepunkt etwas höher als 100 °C);
- Methan oder andere flüchtige organische Verbindungen;
- manchmal an Schwebstoffen gebunden.

Der erste Schritt bei der Auswahl einer geeigneten Probenentnahmeeinrichtung ist, die chemische Verbindung von Tritium im Ableitungsluftstrom zu bestimmen. Wenn es in mehreren Formen vorliegt, können verschiedene Probenentnahmetechniken eingesetzt werden.

6.4.3.2 Kondensation von Tritium in der Dampfform

Falls Tritium als Wasserdampf vorliegt, muss die Temperatur und der Feuchtegehalt im Ableitungsluftstrom sorgfältig betrachtet werden. Die Probenentnahme von Dampf ist nur zweckmäßig, wenn das Probenentnahmegesetz nicht Gefahr läuft, Wasserdampf zu kondensieren. Deshalb muss das Phänomen Kondensation in Transportleitungen untersucht werden (Berechnung oder Modellierung), um die Wärmedämmung oder den Wärmebedarf (Begleitheizung) der Probenentnahmekanäle zu bestimmen.

Es existieren für die Probenentnahme und Sammlung von Tritium mehrere Verfahren, die sich entweder auf die Absorption von Wasserdampf in einem Medium oder auf Kondensation in einem Kondensationsgerät stützen. Falls die Temperatur der Probe zu hoch gehalten wird, verdampft die absorbierende Lösung, nur ein Teil des Dampfes kondensiert und ein Teil der absorbierenden Lösung in den Gaswaschflaschen kann verloren gehen. Alle diese Bedingungen führen zu verzerrten Ergebnissen.

Falls der Aggregatzustand von Tritium im Fortluftstrom Gas oder Dampf ist und der Ableitungsluftstrom einen hohen Feuchtegehalt aufweist, kann eine Begleitheizung notwendig sein, um Kondensation der Probe in den Transportleitungen und in der Probenentnahmekammer zu vermeiden. Das Kondensationsrisiko kann zu einer Verstopfung des Probensammlers führen und kann im Fall einer Ionisationskammer den Messwert wegen Kurzschluss der Masse- oder Hochspannungselektrode stören.

6.4.3.3 Schutz der Sammeleinrichtung

Ein Filter sollte in der Probenentnahmeeinrichtung stromaufwärts über der Sammeleinrichtung angebracht sein, um das Durchflussmessgerät, das sich am Einlass der Gaswaschflascheneinrichtung befindet, zu schützen und die Anreicherung jedes anderen radioaktiven Schwebstoffs zu begrenzen.

[Anhang C](#) zeigt die Einsatzbereiche von Tritiummessgeräten bei verschiedenen Sammelmedien.

6.4.4 Spezialfall Kohlenstoff-14

Kohlenstoff-14 ist ein Kohlenstoffisotop mit ähnlichem Verhalten wie stabile Kohlenstoffisotope. Es wurde in den gasförmigen Ableitungen kerntechnischer Einrichtungen in Form von

- an Schwebstoffen gebundenem ^{14}C ,

- gasförmigem Kohlenstoffdioxid $^{14}\text{CO}_2$ und
- anderen Gasen (nicht- $^{14}\text{CO}_2$), z. B. Kohlenstoffmonoxid ^{14}CO oder Methan $^{14}\text{CH}_4$

bestimmt.

Bei der Auswahl eines zweckgemäßen und geeigneten Probenentnahmemediums für Kohlenstoff-14 ist es wichtig, die Gegenwart anderer Kontaminationen (sowohl radioaktiv als auch nicht-radioaktiv) in der Luftprobe zusätzlich zu den physikalischen und chemischen Formen des zu sammelnden Kohlenstoff-14 zu berücksichtigen.

Beispielsweise wird im Fall der Rückhaltung von Kohlenstoff-14 in Form von $^{14}\text{CO}_2$ auf einem Molekularsieb das in den gasförmigen Ableitungen enthaltene Wasser ebenfalls auf dem Molekularsieb zurückgehalten.

[Anhang C](#) zeigt die Einsatzbereiche von Sammelgeräten für Kohlenstoff-14.

6.5 Probenentnahmeverfahren

6.5.1 Allgemeines

Im Allgemeinen erfordert die Probenentnahme mit Entnahme und Sammlung bestimmter Bestandteile ein detailliertes Wissen sowohl der chemischen und physikalischen Eigenschaften des zu untersuchenden radioaktiven Materials als auch der Materialien, die die Probe stören können, wie Schwebstoffe und nicht-radioaktive Gase (z. B. Säuren und organische Verbindungen), die die interessierenden Bestandteile begleiten. Die vielen Kombinationsmöglichkeiten der Eigenschaften der Bestandteile, die gemessen werden, und die Begleitung mit luftgetragenen Materialien erfordern bei der Wahl des optimalen Sammlers eine sorgfältige Untersuchung. Gas- und dampfförmige Komponenten können wasserlöslich sein, in verschiedenen Lösungen extrem reaktiv sein, sich in bestimmten nichtwässrigen Lösungen lösen oder an einigen speziellen Adsorbentien oder in anderen speziell vorbereiteten Medien zurückgehalten werden. Im Allgemeinen wird eine kontinuierliche oder Langzeitprobenentnahme durchgeführt, wenn die Abtrennung oder die Rückhaltung eines Bestandteils erforderlich ist. Die Eigenschaften des Probenentnahmegärts (Durchfluss und Zeit der Probenentnahme, ein die Rückhaltung unterstützender Behälter) sollten an die Eigenschaften des gasförmigen Stoffs, der gesammelt wird, angepasst sein, um die zu der gewählten Messmethode kompatible Empfindlichkeit sicherzustellen und die Sättigung des Sammelträgers zu verhindern.

Die wichtigsten Sammelmethoden basieren auf der Rückhaltung von Radionukliden auf Feststoffen (z. B. Zeolithen, Silikagel, Metallbett) oder in Flüssigkeiten (z. B. Wasser, Natronlauge), mit oder ohne katalytische oder chemische Reaktion. Das Kondensationsverfahren kann speziell für tritiierten Wasserdampf eingesetzt werden.

Die folgenden Unterabschnitte wenden die erwähnten Prinzipien zur Probenentnahme von gasförmigen Tritium- und Kohlenstoff-14-Molekülen an. Wenn die für die Probenentnahme von Tritium und Kohlenstoff-14 verwendeten Transportleitungen die gleichen sind wie die, die für die Probenentnahme von Schwebstoffen eingesetzt werden, sollten die Anforderungen bezüglich der Probenentnahme von Schwebstoffen, wie sie in ISO 2889 definiert sind, gelten. Dieses Dokument definiert auch die Messverfahren für den Durchfluss in Kaminen und Kanälen (siehe [Anhang B](#)) und den Nachweis des homogenen Charakters des abgeleiteten Gasstroms, der für die Ermittlung einer repräsentativen Probenentnahme notwendig ist (siehe [Anhang C](#)).

6.5.2 Probenentnahme mit dem Gaswaschflaschenverfahren (Tritium und Kohlenstoff-14)

6.5.2.1 Allgemeines

Das Gaswaschflaschenverfahren wird üblicherweise bei Messungen der Tritium- und Kohlenstoff-14-Aktivitätskonzentrationen in gasförmigen Ableitungen eingesetzt.

6.5.2.2 Kurzbeschreibung

Die Probenentnahme von gasförmigen Ableitungen erfolgt kontinuierlich durch Fördern aus der Transportleitung oder einem Gasbehälter.

Nachdem die Schwebstoffe aus der gasförmigen Ableitung gefiltert wurden, perlt die abgeleitete Luft durch eine erste Einheit, bestehend aus mindestens zwei hintereinander geschalteten Gaswaschflaschen, die jeweils eine geeignete Rückhaltelösung zur Sammlung von tritiiertem Wasserdampf oder gasförmigem $^{14}\text{CO}_2$ enthalten. Dann wird sie über einen Ofen geführt, in dem die elementare Form von Tritium HT bzw. Nicht- CO_2 -Gase zu Wasserdampf HTO bzw. $^{14}\text{CO}_2$ in Gegenwart eines Katalysators und Sauerstoff oxidiert werden. Die oxidierten Verbindungen werden in einer zweiten Einheit aus mindestens zwei hintereinander geschalteten Gaswaschflaschen, die die gleiche Rückhaltelösung enthalten, aufgefangen (siehe Bild 1).

Üblicherweise werden zwei Rückhalteeinheiten verwendet, die eine zum Auffangen von Tritium, die andere zum Auffangen von Kohlenstoff-14. Die am häufigsten verwendeten Rückhaltelösungen sind Wasser für Tritium beziehungsweise Natronlauge für Kohlenstoff-14.

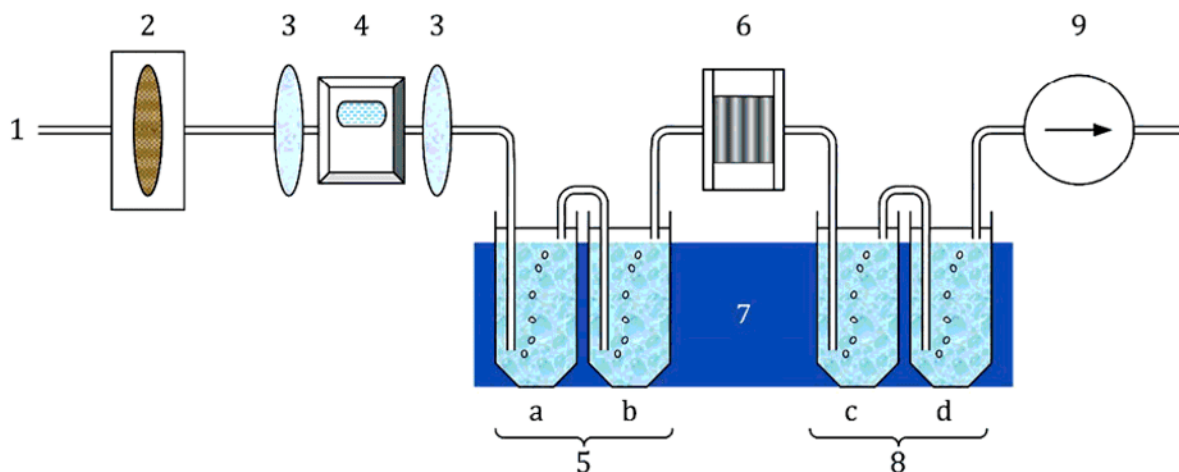
Die Rückhaltelösung jeder Gaswaschflasche wird gesammelt und dann mittels Flüssigkeitsszintillationszählung gemessen (siehe ISO 20041-2).

Diese Methode der Offline-Messung im Labor wird zur Bestimmung der Aktivitätskonzentrationen von Ableitungen eingesetzt, die in Kaminen niedrig sein können (ungefähr $1 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ für Tritium und Kohlenstoff-14).

Anhang C zeigt die Messbereiche für unterschiedliche Probenentnahmeverfahren.

6.5.2.3 Vorrichtung

Bild 1 zeigt beispielhaft eine Gaswaschflascheneinheit mit vier Gaswaschflaschen, die für die Probenentnahme von Tritium oder Kohlenstoff-14, abhängig von der Rückhaltelösung, vorgesehen ist.



Legende

- 1 Transportleitung oder Gasbehälter
- 2 Anti-Staubfilter
- 3 Hydrophober Filter
- 4 Durchflussmessgerät
- 5 Gaswaschflascheneinheit (a, b) mit geeigneter Rückhaltelösung für HTO und gasförmiges $^{14}\text{CO}_2$
- 6 Konversionsofen mit Katalysator
- 7 Kälteeinheit
- 8 Gaswaschflascheneinheit (c, d) mit geeigneter Rückhaltelösung für HTO und gasförmiges $^{14}\text{CO}_2$ nach katalytischer Umwandlung
- 9 Pumpe

Bild 1 – Schematische Darstellung der Probenentnahme von Tritium und Kohlenstoff-14 mit dem Gaswaschflaschenverfahren

Die eingesetzte Vorrichtung besteht aus:

- einem Probenentnahmekopf mit einem Filter zur Staubrückhaltung;
- einem Masse- oder Volumendurchflussmessgerät, das mit einer Kontrolle zur Pumpenfördermenge verbunden und durch hydrophobe Filter, die stromauf- und stromabwärts positioniert sind, geschützt ist;
- einem Volumenzähler stromaufwärts der Gaswaschflaschen, um zu vermeiden, jede Undichtheit bei den Gaswaschflaschen zu berücksichtigen;
- einer Verbindungsleitung zwischen dem Probenentnahmekopf und der ersten Einheit von Gaswaschflaschen, so kurz wie möglich und aus einem Material bestehend, das die Rückhaltung von Wasserdampf und Isotopenaustausch mit Wasserstoff reduziert;
- einem Heizgerät oder einem die Temperatur haltenden Gerät, das Kondensation verhindert;
- Einheiten mit mindestens zwei Gaswaschflaschen, die tritiierten Wasserdampf oder gasförmiges $^{14}\text{CO}_2$ auffangen;
- einer Pumpe, die sich stromabwärts der Gaswaschflaschen befindet.

Falls erforderlich, kann die Vorrichtung vervollständigt werden mit:

- einer Kühleinrichtung für die Gaswaschflaschen, um Verdampfung zu reduzieren;
- einem katalytischen Ofen („Oxidationsofen“) mit einem Katalysator, der aus einem feinkörnigen Metall wie Kupfer, Nickel, Platin oder Palladium besteht.

ANMERKUNG 1 Es wird üblicherweise ein Platinkatalysator für die Oxidation von organischen Tritiumverbindungen verwendet. Der Abscheidegrad des Katalysators sollte bestimmt werden (siehe 6.5.2.4.1).

ANMERKUNG 2 Die Ofentemperatur muss einstellbar sein und die Oxidation von verschiedenen Tritium- und Kohlenstoff-14-Verbindungen erlauben, die in den gasförmigen Ableitungen der Einrichtung gefunden werden.

ANMERKUNG 3 Eine Kühleinrichtung stromabwärts des Ofens erzielt eine relative Feuchte nahe 100 % und hindert das Flüssigkeit aufnehmende Medium in den Gaswaschflaschen am Austrocknen.

- einer zweiten Einheit, bestehend aus zwei Gaswaschflaschen, die tritiierten Wasserdampf oder gasförmiges $^{14}\text{CO}_2$ nach der Oxidation auffangen.

6.5.2.4 Bedingungen für die Probenentnahme und Vorsichtsmaßnahmen beim Einsatz

6.5.2.4.1 Einflussgrößen

Viele Größen können die Probenentnahme oder Messung beeinflussen. Es müssen besondere Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, um den Einfluss der Parameter, die die Probenentnahme verfälschen und die Messergebnisse für die interessierende Situation nicht-repräsentativ machen, möglichst zu begrenzen.

Deshalb sollten folgende Einflüsse betrachtet werden:

- die Feuchte der abgeleiteten Luft bei der Probenentnahme;
- die Temperatur der abgeleiteten Luft bei der Probenentnahme;
- der Durchfluss der abgeleiteten Luft;

ANMERKUNG 1 Falls der Durchfluss zu hoch ist, kann dies zu einem Verlust an Tritium bzw. Kohlenstoff-14 führen und die Oxidation und/oder den Abscheidegrad des Sammelmediums reduzieren.

- die Dichtheit der Gaswaschflascheneinheit;
- die Gegenwart anderer Radionuklide;
- der Abscheidegrad des Sammelmediums;

ANMERKUNG 2 Um den Abscheidegrad des Sammelmediums (Gaswaschflaschen 1 und 2) zu bestimmen und nachzuweisen, können verschiedene Methoden angewandt werden. Unter diesen kann ein konventionelles Probenentnahmegesetz mit vier Gaswaschflaschen zum Durchperlen verwendet werden, dessen Konversionssofen ausgeschaltet ist. Nach der Probenentnahme wird der Messwert aus jeder der vier Gaswaschflaschen verwendet, um den Abscheidegrad des Sammelmediums sowie die damit verbundene Unsicherheit zu quantifizieren (z. B. Standardabweichung der Reproduzierbarkeit einer Grundgesamtheit von Daten).