

**Probeentnahme bei der
Radioaktivitätsüberwachung der Luft**
Teil 2: Spezielle Anforderungen an die Probeentnahme aus
Kanälen und Kaminen; Prüfungen

DIN
25423-2

ICS 13.040.01

Ersatz für
DIN 25423-2:1987-03

Sampling procedures for the monitoring of radioactivity in air —
Part 2: Special requirements for sampling from air ducts and
stacks

Procédures de prélèvement pour la surveillance de la
radioactivité de l'air — Partie 2: Exigences particulières
relatives au prélèvement d'échantillons à partir de conduits
d'air et de cheminées

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	2
2 Normative Verweisungen	2
3 Definitionen	3
3.1 Strömungswiderstand eines durchströmten Bauteils	3
4 Anforderungen an die Probeentnahme aus Kanälen und Kaminen	3
4.1 Allgemeines	3
4.2 Wahl des Probeentnahmeortes	4
4.3 Anzahl und Anordnung der Probeentnahmestellen	5
4.3.1 Allgemeines	5
4.3.2 Anzahl der Probeentnahmestellen	5
4.3.3 Anordnung der Probeentnahmestellen	6
4.4 Probeentnahmesonden	8
4.4.1 Allgemeines	8
4.4.2 Ausführung von Probeentnahmesonden	8
4.4.3 Anordnungen von Probeentnahmesonden	9
4.5 Ausführung von Probeentnahmeleitungen	15
4.5.1 Allgemeines	15
4.5.2 Auslegung von Probeentnahmeleitungen	15
4.6 Materialien von Probeentnahmesonden und -leitungen	17
5 Prüfungen am Probeentnahmesystem	17
5.1 Inbetriebsetzungsprüfung	17
5.2 Wiederkehrende Prüfung	17
5.3 Prüfung nach einer Änderung oder Instandsetzung	17
Anhang A (informativ) Literaturhinweise	18

Fortsetzung Seite 2 bis 18

Normenausschuss Materialprüfung (NMP) — FB Kerntechnik — im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Vorwort

Diese Norm wurde vom Fachbereich Kerntechnik, NMP 724 „Radioaktivitätsüberwachung der Luft“ im DIN erstellt. DIN 25423 „Probeentnahme bei der Radioaktivitätsüberwachung der Luft“ besteht aus:

- Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- Teil 2: Spezielle Anforderungen an die Probeentnahme aus Kanälen und Kaminen; Prüfungen
- Teil 3: Probenahmeverfahren (z. Z. in Überarbeitung)
- Bbl 1: Hinweise zur Berechnung von Abscheideverlusten von Aerosolpartikeln und gasförmigen Iodverbindungen und zur Berechnung der Änderungen der Aerosolpartikelkonzentration (z. Z. Entwurf)

Änderungen

Gegenüber DIN 25423-2:1987-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Der Inhalt der bisherigen Norm wurde vollständig überarbeitet und dem aktuellen technischen Stand angepasst.
- b) Zusätzliche Schwerpunkte wurden aufgenommen in den Abschnitten 4.4, 4.5, 4.6, 4.7 und 4.8.
- c) Haupttitel geändert.

Frühere Ausgaben

DIN 25423-2: 1977-12, 1987-03

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für die Entnahme von Proben gasförmiger oder an Aerosolpartikeln gebundener radioaktiver Stoffe aus einer gerichteten Luftströmung in Kanälen und Kaminen in Anlagen und Einrichtungen, in denen mit offenen radioaktiven Stoffen im Sinne von [1] umgegangen wird. Diese Norm legt Verfahren und Hilfsmittel für die Probeentnahme fest. Sie gilt auch bei der Probeentnahme aus anderen Gasen oder Gasgemischen.

ANMERKUNG Durch die Probeentnahme wird die Messung der Aktivitätskonzentration gasförmiger oder an Aerosolpartikeln gebundener radioaktiver Stoffe in jenen Fällen ermöglicht, in denen eine Direktmessung nicht durchführbar ist. Gründe hierfür können z. B. sein: Zu niedrige Aktivitätskonzentration, störende umgebende Strahlung, Anwesenheit anderer Radionuklide und ungünstige Umgebungsbedingungen.

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

DIN 25423-1, *Probeentnahme bei der Radioaktivitätsüberwachung der Luft — Allgemeine Anforderungen*.

DIN 25423-3, *Probenahme bei der Radioaktivitätsüberwachung der Luft — Probenahmeverfahren (z. Z. in Überarbeitung)*.

E DIN 25423 Bbl 1, *Probeentnahme bei der Radioaktivitätsüberwachung der Luft — Hinweise zur Berechnung von Abscheideverlusten von Aerosolpartikeln und gasförmigen Iodverbindungen und zur Berechnung der Änderungen der Aerosolpartikelkonzentration*.

DIN EN ISO 4288, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren — Regeln und Verfahren für die Beurteilung der Oberflächenbeschaffenheit (ISO 4288:1996); Deutsche Fassung EN ISO 4288:1997*.

VDI 2066 Blatt 1, *Messen von Partikeln — Staubmessung in strömenden Gasen — Gravimetrische Bestimmung der Staubbelastung — Übersicht*¹⁾.

VDI/VDE 2640 Blatt 1, *Netzmessungen in Strömungsquerschnitten — Allgemeine Richtlinien und mathematische Grundlagen*¹⁾.

VDI/VDE 2640 Blatt 3, *Netzmessungen in Strömungsquerschnitten — Bestimmung des Gasstromes in Leitungen mit Kreis-, Kreisring- oder Rechteckquerschnitt*¹⁾.

ISO 2889:1975-05, *General principles for sampling airborne radioactive materials*¹⁾.

[1] StrlSchV — Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen StrlSchV (Strahlenschutzverordnung) vom 13. Oktober 1976, in der Fassung der Bekanntmachung vom 30.6.1989 (BGBl. I 1989, S. 1321) und Berichtigung vom 16.10.1989 (BGBl. I 1989, S. 1926), zuletzt geändert durch das Gesetz über Medizinprodukte vom 02.08.1994 (BGBl. I 1994, S. 1963), zuletzt geändert durch Änderungsverordnung vom 25.07.1996 (BGBl. I, S. 1172).

3 Definitionen

Für die Anwendung dieser Norm gelten die Definitionen nach DIN 25423-1 und folgende:

3.1

Strömungswiderstand eines durchströmten Bauteils

Verhältnis der Druckdifferenz zum Volumenstrom eines durchströmten Bauteils.

4 Anforderungen an die Probeentnahme aus Kanälen und Kaminen

4.1 Allgemeines

Proben gasförmiger oder an Aerosolpartikeln gebundener radioaktiver Stoffe aus der Abluft oder Fortluft in Kanälen oder Kaminen werden durch Entnahme eines Teilluftstromes mit Hilfe einer oder mehrerer Probeentnahmesonden gewonnen. Die speziellen Anforderungen an die Probeentnahme aus Kanälen und Kaminen leiten sich aus den allgemeinen Anforderungen von DIN 25423-1 ab.

Repräsentative Proben gasförmiger oder an Aerosolpartikeln gebundener radioaktiver Stoffe aus Kanälen oder Kaminen können nur durch sorgfältige Auswahl des Probeentnahmeortes, der Probeentnahmestellen, der Volumenströme und durch geeignete Konstruktion, Anordnung und Materialauswahl von Probeentnahmesonden und Probeentnahmeleitungen gewonnen werden.

Die beste Voraussetzung für eine repräsentative Probeentnahme ist eine homogene Verteilung der Strömungsgeschwindigkeit und der Aktivitätskonzentration der gasförmigen oder an Aerosolpartikeln gebundenen radioaktiven Stoffe am Probeentnahmeort. Homogene Verteilungen der Strömungsgeschwindigkeit und der Aktivitätskonzentration können durch geeignete Wahl des Probeentnahmeortes, durch geeignete Zuführung der Abluft oder der Fortluft in den Kanal oder Kamin und durch geeignete Einrichtungen zur Durchmischung der Abluft oder Fortluft im Kanal oder Kamin angenähert werden.

Verteilungen der Strömungsgeschwindigkeit und Aktivitätskonzentration, bei denen die lokalen Werte der Strömungsgeschwindigkeit und Aktivitätskonzentration über dem zentralen Teil des Probeentnahmequerschnittes mit einem Anteil von 80 % um weniger als 30 % von den entsprechenden Mittelwerten abweichen, sind für eine repräsentative Probeentnahme geeignet.

Bei der Fortluftüberwachung sollte der Volumenstrom des Teilluftstromes in der Größenordnung von 1/1000 des Fortluftvolumenstromes liegen. Kleinere Werte des Volumenstromes des Teilluftstromes dürfen bei der Probeentnahme von gasförmigen oder an Aerosolpartikeln mit einem aerodynamischen Durchmesser (AED) kleiner als 1 µm gebundenen radioaktiven Stoffen verwendet werden. Kleinere Werte des Volumenstromes dürfen ebenfalls bei Verteilungen der Strömungsgeschwindigkeit und der Aktivitätskonzentration, die geringere Werte der Abweichungen von den entsprechenden Mittelwerten aufweisen als oben beschrieben sind, verwendet werden.

¹⁾ Zu beziehen durch: Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin

ANMERKUNG 1 Bei der Probeentnahme aus Abluftkanälen von Räumen oder Raumgruppen mit einem Volumenstrom des Abluftstromes bis zu einigen $1000 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ ist ein Volumenstrom des Teilluftstromes von $1/1000$ bis $1/100$ des Volumenstromes des Abluftstromes üblich.

Aktivitätsverluste durch Abscheidung im Probeentnahmesystem sind gering zu halten.

ANMERKUNG 2 Gemessene Verluste von an Aerosolpartikeln gebundenen radioaktiven Stoffen in Probeentnahmesystemen von Kernkraftwerken liegen im Bereich von 10 % bis 50 %.

Bei der Berechnung der Aktivitätskonzentration oder -ableitung müssen diese Verluste berücksichtigt werden. Sie sollten vorzugsweise durch experimentelle Bestimmung oder ersatzweise durch rechnerische Abschätzung der Abscheideverluste oder des Rohrfaktors erfolgen.

ANMERKUNG 3 Ein Beiblatt mit Hinweisen zur rechnerischen Abschätzung von Verlusten in Probeentnahmeleitungen und von Änderungen der Aerosolpartikelkonzentration und der Aerosolpartikelgrößenverteilung infolge nicht-iskinetischer Probeentnahme ist in Vorbereitung.

Für diese Abschätzung ist die Kenntnis der Aktivitätsverteilung über dem Aerosolpartikeldurchmesser erforderlich. Fehlen hierüber genaue Informationen, so dürfen in vergleichbaren Anlagen gewonnene Erfahrungen darüber zur Abschätzung der Abscheideverluste und Änderungen der Aktivitätskonzentration herangezogen werden.

Sind für die Bestimmung der Aktivitätskonzentration oder -ableitung Messgrößen, wie z. B. Temperatur, Druck, Volumenstrom und Strömungsgeschwindigkeit, erforderlich, müssen diese Größen bestimmt werden.

4.2 Wahl des Probeentnahmeortes

Der Probeentnahmeort muss sich hinter der Einmündung des letzten zu überwachenden Luftstromes befinden.

Der Probeentnahmeort sollte in die Nähe des Auslasses des Kanals oder Kamins gelegt werden, sofern dort durch Witterungseinflüsse, wie z. B. Wind, Temperatur und Regen, die repräsentative Probeentnahme nicht gestört wird und die Abscheideverluste von gasförmigen oder an Aerosolpartikeln gebundenen radioaktiven Stoffen in den Probeentnahmeleitungen auch für diesen Probeentnahmeort gering sind.

Der Probeentnahmeort sollte in einem Abschnitt des Kanals oder Kamins liegen, der keine Krümmungen oder Querschnittsveränderungen aufweist. Der Abstand von Krümmungen, Querschnittsveränderungen und einmündenden Kanälen sollte so groß sein, dass eine repräsentative Probeentnahme möglich ist.

ANMERKUNG 1 In früheren Fassungen dieser Norm wurde angegeben, dass der Abstand zwischen dem Probeentnahmeort und Krümmungen, Querschnittsveränderungen sowie einmündenden Kanälen wenigstens fünf Rohrdurchmessern (bei rechtwinkligen Kanälen fünfmal der großen Seitenlänge) entsprechen sollte. Bisweilen kann der Abstand durch geeignete Einbauten geringer gehalten werden, in anderen Fällen können ohne zusätzliche Maßnahmen auch größere Abstände erforderlich sein. Eine hinreichende Durchmischung, insbesondere bei laminarer oder schwach turbulenter Strömung, findet in vielen Fällen erst in großen Entfernungen statt, wobei bis dahin mit Strahlenbildung gerechnet werden muss.

Wenn eine Wahl zwischen der Probeentnahme aus einem vertikalen und einem horizontalen Teil eines Kanals getroffen werden kann, ist der vertikale Teil zu bevorzugen, da sich in horizontalen Kanälen infolge von Sedimentation, insbesondere von Aerosolpartikeln mit einem aerodynamischen Durchmesser über $5 \mu\text{m}$, eine inhomogene Partikelkonzentration ausbilden kann.

Am vorgesehenen Probeentnahmeort ist der Grad der Durchmischung über dem Probeentnahmequerschnitt festzustellen. Dazu ist die Verteilung der Strömungsgeschwindigkeit und der Aktivitätskonzentration der gasförmigen oder an Aerosolpartikeln gebundenen radioaktiven Stoffe über dem Probeentnahmequerschnitt vorzugsweise experimentell, ersatzweise rechnerisch zu ermitteln und gegebenenfalls so zu verbessern, dass unter Berücksichtigung der Anzahl der Probeentnahmesonden (siehe 4.3) eine repräsentative Probeentnahme ermöglicht wird. Dabei sind auch unterschiedliche Betriebsbedingungen der Lüftungsanlage zu berücksichtigen.

Bei der Wahl des Probeentnahmeortes sind mögliche Änderungen der physikalischen und chemischen Eigenschaften der Aerosolpartikeln und Gase im Luftstrom zu berücksichtigen.

ANMERKUNG 2 Änderungen der physikalischen und chemischen Eigenschaften können z. B. durch Reaktionen zwischen Gasen und durch Anlagerung von Gasen und Dämpfen an Aerosolpartikeln hervorgerufen werden. Temperatur und Feuchte des Luftstromes beeinflussen den Durchmesser der Aerosolpartikeln und die Anlagerung der Aerosolpartikeln an den Oberflächen der Probeentnahmeleitungen. Auch sind bei Aerosolpartikelkonzentrationen über 1 mg m^{-3} Agglomerationen zu erwarten. An Kanal- und Kaminwänden angelagerte kontaminierte Korrosionsprodukte können in den Luftstrom gelangen oder früher abgeschiedenes Material kann sich dem Luftstrom wieder beimischen (Resuspension).

4.3 Anzahl und Anordnung der Probeentnahmestellen

4.3.1 Allgemeines

Bei der Festlegung der Anzahl und der Anordnung der Probeentnahmestellen bzw. -sonden über dem Probeentnahmequerschnitt ist die Verteilung der Strömungsgeschwindigkeit und der Aktivitätskonzentration der gasförmigen oder an Aerosolpartikeln gebundenen radioaktiven Stoffe über dem Probeentnahmequerschnitt zugrunde zu legen (siehe 4.4 und 4.5).

Eine nach 4.1, Absatz 4 geeignete Verteilung der Strömungsgeschwindigkeit und der Aktivitätskonzentration an einem Probeentnahmeort kann durch Einbauten in den Kanal oder Kamin erzielt werden.

Für eine bessere Durchmischung der radioaktiven Stoffe in der Luft geeignete Einbauten sind z. B. mehrfache, nicht in einer Ebene liegende Krümmungen, Mischer, Verteiler, Diffusoren mit Ablösung und Wirbelbildung, Verwirbler (Ventilatoren oder aerodynamische Verwirbler), düsenförmige Verengungen mit Ablösung und Wirbelbildung. Leitbleche, die vor allem in Krümmungen zur Vermeidung von Rückströmung und zur Verhinderung von Ablösewirbeln eingesetzt werden, vergleichmäßigen das Strömungsprofil.

ANMERKUNG Es ist zu beachten, dass Einbauten zur Verbesserung der Durchmischung einen Druckverlust erzeugen, Leitbleche in Krümmern reduzieren den Druckverlust.

Die Art der Zuführung der Abluft in den Kanal oder Kamin hat Auswirkungen auf die Verteilung der Strömungsgeschwindigkeit und Aktivitätskonzentration. Je größer die Turbulenz, desto kürzer ist die Kanallänge, die für eine ausreichende Durchmischung erforderlich ist (Mischungslänge). Wenn erforderlich, sind Teilluftströme an mehreren Stellen zuzumischen, da dadurch die Mischungslänge abnimmt. Bei Quereinströmung sollte dieser Teilluftstrom eine möglichst große Eindringtiefe in den Kanal oder Kamin haben. Mit kleinen Volumenströmen ist dies nicht zu erreichen; das Verfahren ist daher zu vermeiden. In diesem Fall ist es zweckmäßig, die Abluft in den Kanal oder Kamin axial und über den Querschnitt verteilt zuzuführen. Sind mehrfache Einbauten zur Verbesserung der Durchmischung hintereinander angeordnet, so ist zwischen den einzelnen eine ausreichende Länge zur Erzielung eines Mischungseffekts nötig. Dabei ist zu beachten, dass bis zur Probeentnahme auch eine ausreichende Kanallänge zur Vergleichsmäßigung des Strömungsprofils vorhanden ist.

4.3.2 Anzahl der Probeentnahmestellen

Für die Probeentnahme aus Kanälen und Kaminen sollte im Allgemeinen die Anzahl der Probeentnahmestellen nach Tabelle 1 oder Tabelle 2 gewählt werden.

Tabelle 1 — Anzahl der Probeentnahmestellen bei Kanälen und Kaminen mit kreisförmigem Querschnitt in Abhängigkeit vom Durchmesser

Durchmesser des Kanals oder Kamins m	Anzahl der Probeentnahmestellen
bis 0,2	1
über 0,2 bis 0,3	2
über 0,3 bis 0,5	3
über 0,5 bis 1	4
über 1	6 oder mehr

Tabelle 2 — Anzahl der Probeentnahmestellen bei Kanälen und Kaminen mit rechteckigem Querschnitt in Abhängigkeit von der Querschnittsfläche

Querschnittsfläche des Kanals oder Kamins m ²	Anzahl der Probeentnahmestellen
bis 0,04	1
über 0,04 bis 0,1	2
über 0,1 bis 0,5	4
über 0,5 bis 1	6
über 1 bis 2	8
über 2	je m ² vier Probeentnahmestellen mehr bis maximal 20 Probeentnahmestellen

Ist die Verteilung der Strömungsgeschwindigkeit und der Aktivitätskonzentration nach 4.1 und 4.2 für eine repräsentative Probeentnahme geeignet, darf die in den Tabellen 1 und 2 genannte Anzahl an Probeentnahmestellen auf die Hälfte reduziert werden. Sind bei allen Betriebszuständen der Lüftungsanlage die lokalen Abweichungen der Strömungsgeschwindigkeit und der Aktivitätskonzentration über dem zentralen Teil des Probeentnahmequerschnitts mit einem Anteil von 80 % von den entsprechenden Mittelwerten geringer als 20 %, ist eine einzige Probeentnahmestelle und damit Probeentnahmesonde ausreichend.

ANMERKUNG Die Verteilung der Strömungsgeschwindigkeit und der Konzentration wird nach VDI/VDE 2640 Blatt 1 und VDI/VDE 2640 Blatt 3 gemessen.

4.3.3 Anordnung der Probeentnahmestellen

In Kanälen mit rechteckigem Querschnitt sollten die Probeentnahmestellen über dem Probeentnahmequerschnitt so verteilt sein, dass jeweils annähernd gleiche Flächen erfasst werden (siehe VDI 2066 Blatt 1).

Die Probeentnahmestellen in Kanälen mit kreisförmigem Querschnitt sollten jeweils auf flächengleichen Kreisringsektoren angeordnet sein, deren Flächen gleich der durch die Anzahl der Probeentnahmesonden dividierten Querschnittsfläche sind (siehe VDI 2066 Blatt 1). Bei Kanälen und Kaminen mit kreisförmigem Querschnitt und einem Durchmesser über 1 m sollten die Probeentnahmesonden auf wenigstens zwei orthogonalen Durchmesserlinien liegen (siehe VDI 2066 Blatt 1). Ist nachgewiesen, dass die Verteilungen der Strömungsgeschwindigkeit und Aktivitätskonzentration der gasförmigen oder an Aerosolpartikeln gebundenen radioaktiven Stoffe über dem Probeentnahmequerschnitt bei allen Betriebsbedingungen den in 4.1 aufgeführten Verteilungen für eine repräsentative Probeentnahme genügen, ist es auch bei diesen Kanälen und Kaminen ausreichend, die Probeentnahmestellen auf einer Durchmesserlinie anzuordnen. Die Probeentnahmestellen dürfen auch auf verschiedenen Ebenen liegen (siehe Bild 11).

Bei Kanälen mit kreisförmigem Querschnitt, einem hydraulischen Durchmesser unter 0,2 m und laminarer Strömung genügt es im Allgemeinen, die Probeentnahmestelle im Bereich bis zum 0,7fachen Radius des Kanals vorzusehen.

ANMERKUNG 1 Eine laminare Strömung (Reynolds-Zahl kleiner als 2 100) in Kanälen und Kaminen mit kreisförmigem Querschnitt hat eine parabolische Verteilung der Strömungsgeschwindigkeit. Ihr Maximum mit dem doppelten Wert der mittleren Strömungsgeschwindigkeit liegt auf der Achse des Kanals, die mittlere Strömungsgeschwindigkeit etwa beim 0,7fachen des Kanalradius. Für Kanäle mit rechteckigem Querschnitt gelten ähnliche Werte. In Tabelle 3 sind die mittleren Strömungsgeschwindigkeiten und Volumenströme bei einer Reynolds-Zahl von 2 100 (Grenzbereich für laminare Strömung) für Kanäle und Kamine mit kreisförmigem Querschnitt zusammengestellt. In Kanälen und Kaminen beträgt die mittlere Strömungsgeschwindigkeit im Allgemeinen mehr als 0,5 m s⁻¹. Bei Kanaldurchmessern über 0,2 m ist daher entsprechend Tabelle 3 nicht mehr von einer laminaren Strömung auszugehen.