

Probenahme bei der Radioaktivitätsüberwachung der Luft

Probenahmeverfahren

DIN
25 423
Teil 3

Sampling procedures for the monitoring of radioactivity in air; sampling methods

Ersatz für Ausgabe 12.77

Zusammenhang mit der von der International Organization for Standardization (ISO) herausgegebenen Internationalen Norm ISO 2889 - 1975 siehe Erläuterungen.

Inhalt

	Seite		Seite
1 Anwendungsbereich	1	4.2.2.3 Zyklonabscheider	3
2 Zweck	1	4.2.2.4 Schwerkraftvorsammler	3
3 Begriffe	1	4.2.2.5 Elektrostatische Abscheider (Diffusionsaufladungsprinzip)	3
4 Probenahmemethoden für Aerosole	1	5 Probenahmeverfahren für Gase und Dämpfe	3
4.1 Allgemeines	1	5.1 Allgemeines	3
4.2 Probenzuführung; Sammler	1	5.2 Selektive Probenahme spezieller Gase und Dämpfe	3
4.2.1 Partikelsammler ohne merkliche Größen- selektion	1	5.2.1 Voraussetzungen	3
4.2.1.1 Allgemeines	1	5.2.2 Probenahme mit festen Stoffen	4
4.2.1.2 Meßfilter	2	5.2.2.1 Allgemeines	4
4.2.1.2.1 Allgemeines	2	5.2.2.2 Aktivkohle	4
4.2.1.2.2 Zellulosefilter	2	5.2.2.3 Metallgewebe	5
4.2.1.2.3 Zellulose-Asbest-Filter	2	5.2.2.4 Silikagel	5
4.2.1.2.4 Glasfaserfilter	2	5.2.2.5 Molekularsiebe	5
4.2.1.2.5 Membranfilter	2	5.2.3 Naßabscheider	6
4.2.1.2.6 Filterhalterung	2	5.2.4 Kondensation	6
4.2.1.3 Abscheider	2	5.3 Nichtselektive Probenahme	6
4.2.1.3.1 Elektrostatische Abscheider (Feldauffüllungsprinzip)	2	5.3.1 Sammlung mit Hilfe evakuierter Behälter	6
4.2.1.3.2 Thermische Abscheider	2	5.3.2 Kompression in Gasflaschen	6
4.2.1.3.3 Sedimentationsabscheider	3	5.3.3 Durchflußprobenahme	6
4.2.2 Partikelsammler mit Größenselektion	3	5.3.4 Probenahmefehler	6
4.2.2.1 Allgemeines	3	Zitierte Normen und andere Unterlagen	7
4.2.2.2 Impaktoren	3		

1 Anwendungsbereich

Diese Norm ist anzuwenden bei Aufgaben, bei denen Proben der Luft zur Kontrolle auf radioaktive Kontaminationen zu entnehmen sind.

Hierzu gehören insbesondere Verfahren zur Probenahme von luftgetragenen radioaktiven Stoffen in Anlagen und Einrichtungen, in denen mit offenen radioaktiven Stoffen im Sinne der StrlSchV umgegangen wird, und zur Probenahme aus Abluft vor oder an der Stelle der Abgabe von der Anlage oder Einrichtung in die Atmosphäre. Die beschriebenen Verfahren sind teilweise auch bei der Probenahme aus der Umgebung anwendbar.

2 Zweck

Zweck der Norm ist es, Verfahren und Hilfsmittel für die Probenahme von Gasen und Aerosolen anzugeben.

3 Begriffe

Begriffe nach DIN 25 423 Teil 1.

4 Probenahmeverfahren für Aerosole

4.1 Allgemeines

Die Probenahmeverfahren für luftgetragene radioaktive Stoffe sind entsprechend ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften zu wählen. Radioaktive Stoffe treten in der Luft als Aerosole oder Gase auf. Die Aerosolpartikeln können sich im festen oder flüssigen Zustand befinden.

4.2 Probenzuführung; Sammler

4.2.1 Partikelsammler ohne merkliche Größenselektion

4.2.1.1 Allgemeines

Die radiologische Bewertung der Aerosole erfordert im Prinzip die Kenntnis der physikalischen Eigenschaften, wie der Partikelgrößenverteilung und der chemischen Zusammensetzung des Materials. Diese Eigenschaften sind gegebenenfalls durch gesonderte Untersuchungen festzustellen. Die weitere Aerosolsammlung kann ohne erneute Messung der Partikelgrößenverteilung durchgeführt werden, sofern die betrieblichen Bedingungen nicht erheblich

Fortsetzung Seite 2 bis 7

Normenausschuß Kerntechnik (NKe) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, gestattet.

geändert werden. Die Aerosoleigenschaften sollten gegebenenfalls von Zeit zu Zeit neu bestimmt werden, besonders wenn Veränderungen zu vermuten sind.

4.2.1.2 Meßfilter

4.2.1.2.1 Allgemeines

Aerosole werden auf einem Filter durch folgende Mechanismen abgeschieden: Interzeption, Impaktion, Diffusion und elektrostatische Anziehung. Welcher dieser Prozesse überwiegt, hängt von den Eigenschaften der Partikeln, des Filters und von den Probenahmebedingungen ab. Für die meisten Filter sind Impaktion und Diffusion die vorherrschenden Mechanismen. Die Sammlung durch Impaktion nimmt mit Partikelgröße und Anströmgeschwindigkeit zu, während für sehr kleine Partikeln oder kleine Anströmgeschwindigkeiten die Diffusion wirksamer ist.

Für ein gegebenes Filter und eine gegebene Anströmgeschwindigkeit gibt es für eine bestimmte Partikelgröße einen maximalen Durchlaßgrad und dementsprechend einen minimalen Abscheidegrad. Die von Filterherstellern angegebenen Filterabscheidegrade (siehe Tabelle 1) gelten für bestimmte Prüfaerosole, deren Partikelgröße im allgemeinen im lungengängigen Bereich liegt (siehe DIN 24 184). Der Unterschied zwischen dem vom Hersteller angegebenen Abscheidegrad und dem wahren Abscheidegrad bei den gegebenen Aerosol- und Durchfluß-Bedingungen ist eine Fehlerquelle. Unter bestimmten Bedingungen, z. B. bei Meßfiltern mit niedrigem Abscheidegrad, können Messungen des Abscheidegrades erforderlich werden.

Neben dem Unterschied im Abscheidegrad unterscheiden sich Filterstoffe hinsichtlich des Strömungswiderstandes, der Festigkeit im feuchten und trockenen Zustand, der Oberflächenrauigkeit und der chemischen Löslichkeit bei der Auslaugung. Diese Eigenschaften müssen bei der Wahl des Filters in Betracht gezogen werden. Die Meßfilter für Aerosole lassen sich im wesentlichen in folgende vier Typen einteilen: Zellulosefilter, Zellulose-Asbest-Filter, Glasfaserfilter und Membranfilter.

4.2.1.2.2 Zellulosefilter

Wegen des tiefen Eindringens von Partikeln in das Filtermaterial sind Zellulosepapiere für den Nachweis alpha-strahlender Radionuklide ohne Aufbereitung nicht geeignet. Ihr geringer Aschegehalt und ihre leichte Löslichkeit in oxidierenden Säuren sind besonders für eine chemische Analyse der abgeschiedenen Radionuklide von Vorteil. Zellulosefilter besitzen eine große mechanische Festigkeit und haben einen relativ niedrigen Strömungswiderstand, der allerdings mit zunehmender Staubbeladung anwächst.

4.2.1.2.3 Zellulose-Asbest-Filter

Wenn mineralische Fasern, wie beispielsweise Asbest, mit Zellulose gemischt werden, zeigt das Filter einen verbesserten Abscheidegrad und größere chemische Widerstandsfähigkeit. Wegen des erheblichen Asbestgehaltes ist eine Auflösung des Filters in der Praxis nicht möglich. Daher ist die Verwendung von Zellulose-Asbest-Filtern üblicherweise auf solche Anwendungen beschränkt, in denen keine radiochemischen Trennungen benötigt werden.

4.2.1.2.4 Glasfaserfilter

Glasfaserfilter haben ebenfalls hohe Abscheidegrade. Die Eindringtiefe der Aerosolpartikeln ist geringer als bei den Zellulose- und Zellulose-Asbest-Filtern. Der Strömungswiderstand ist vergleichsweise gering. Glasfaserfilter können bei höheren Temperaturen als Zellulose- oder Zellulose-Asbest-Filter benutzt werden. Die geringe mechanische Festigkeit ist der Hauptnachteil des Glasfaserfilters. Wegen dessen chemischer Reaktionsträgheit kann das gesammelte Material ohne Zerstörung des Filters gelöst werden.

4.2.1.2.5 Membranfilter

Membranfilter sind poröse trockene Gele aus Zelluloseester, die im allgemeinen als Acetat oder Nitrat hergestellt werden. Struktur und Porengröße können über einen weiten Bereich durch die Herstellungsverfahren gesteuert werden. Es gibt Membranfilter mit Porendurchmessern von etwa 10 nm bis etwa 10 µm. Bei der radiochemischen Analyse ist die vollständige Löslichkeit dieser Filter in vielen organischen Lösungsmitteln bzw. ihre Zersetzbarkeit durch oxidierende Säuren von Vorteil. Weiterhin eignen sie sich für Untersuchungen, die eine Veraschung erfordern. In vielen Fällen sind sie auch für aktivierungsanalytische Zwecke verwendbar.

Wegen der geringen Eindringtiefe der Partikeln in das Filtermaterial sind Membranfilter zur Probenahme von Aerosolen, die Alpha-Strahlen enthalten, besonders geeignet, wenn eine Direktmessung der auf dem Filter abgeschiedenen Aktivität erfolgen soll. Ihr Nachteil ist ein relativ hoher Strömungswiderstand. Der Abscheidegrad der Membranfilter hängt von ihrer Porenstruktur ab. Bei der Filterwahl ist zwischen Abscheidegrad und erreichbarem Luftdurchsatz abzuwägen.

4.2.1.2.6 Filterhalterung

Die Filterhalterung muß folgende Merkmale aufweisen:

Das Filter soll im allgemeinen auf einem durchlässigen Stützgitter oder ähnlichem liegen. Die Unterlage kann bei Filtern mit ausreichender Festigkeit des Filtermaterials entfallen; sie muß glatt und frei von Graten und scharfen Kanten sein.

Eine Filterhalterung im betriebsbereiten Zustand muß mit einer Dichtung so luftdicht abgeschlossen sein, daß die Leckluft gegenüber dem Hauptluftstrom vernachlässigbar klein ist. Der Druck auf die Dichtung muß so gleichmäßig sein, daß eine Beschädigung des Filters vermieden wird.

Der Filterwechsel sollte leicht durchzuführen sein.

Die Filterhalterung soll korrosionsfest und leicht dekontaminierbar sein. Bezüglich der Vermeidung von Probenahme- Fehlern infolge Oberflächeneffekten und chemischen Reaktionen wird auf DIN 25 423 Teil 1, Ausgabe März 1987, Abschnitt 4.1.4.5, verwiesen.

4.2.1.3 Abscheider

4.2.1.3.1 Elektrostatische Abscheider (Feldaufladungsprinzip)

In elektrostatischen Abscheidern werden Aerosolpartikeln dadurch aus dem Luftstrom entfernt, daß die Partikeln elektrostatisch geladen und in einem elektrischen Feld auf einer leitenden (gegebenenfalls präparierten) Oberfläche niedergeschlagen werden. Beim Feldaufladungsprinzip werden die Partikeln durch Spitzenentladung im sammelnden Feld aufgeladen. Die Abscheidung der Partikeln erfolgt ohne merkliche Partikelgrößenselektion. Die auf der Sammelelektrode abgeschiedenen Partikeln liegen auf der Oberfläche in dünner Schicht vor. Dadurch ist eine selbstabsorptionsfreie Messung der Alpha-Aktivität möglich. Durch elektronenmikroskopische Auswertung geeignet gestalteter Sammelelektroden ist darüber hinaus die Bestimmung der Partikelgrößenverteilung möglich. Der Abscheidegrad hängt stark von der Einhaltung der Auslegungsbedingungen (Volumenstrom, Elektrodenabstand, Hochspannung) ab. Er muß vor Gebrauch des Gerätes experimentell bestimmt werden.

Zur routinemäßigen Gesamtaktivitätsüberwachung werden elektrostatische Abscheider nach dem Feldaufladungsprinzip selten verwendet.

4.2.1.3.2 Thermische Abscheider

Mit thermischen Abscheidern (Thermalpräzipitatoren) werden Aerosolpartikeln aus dem Luftstrom durch thermophoretische Kräfte abgeschieden. In einem Temperaturfeld

mit einem starken Gradienten bewegen sich die Partikel zur kalten Oberfläche hin. Ein großer Vorteil von Thermalpräzipitatoren ist damit verbunden, daß die Abscheidung von Partikeln, die kleiner als $1\mu\text{m}$ sind, quantitativ erfolgt. Die Auswertung geschieht üblicherweise mit dem Elektronenmikroskop. Dabei werden Größenverteilung und Partikelkonzentration ermittelt. Zur Routinemessung der Aktivitätskonzentration der Luft werden thermische Abscheider nicht verwendet.

4.2.1.3.3 Sedimentationsabscheider

Die Probenahme von radioaktiven Ablagerungen aus der bodennahen Luft kann mit Hilfe von Haftfolien oder Sammelbehältern erfolgen.

Bei Probenahmen mit Haftfolien sorgt eine adhäsive Schicht auf ebener Unterlage für eine Verminderung von Resuspensionsverlusten während der Expositionszeit. Haftfolien können z. B. aus Papier mit einer klebenden Schicht (veraschbar) oder aus mit Vaseline bestrichenen Metallfolien (besonders geeignet für autoradiographische Untersuchungen) bestehen. Das Haften der aus dem trockenen Fallout abgeschiedenen Partikeln ist gewährleistet, solange witterungsbedingte Qualitätsminderungen des Adhäsionsmittels (etwa durch eine Begrenzung der Expositionszeit) vermieden werden. Niederschläge können vorher abgeschiedene trockene Ablagerungen wieder abwaschen. Für Washout- und Rainout-Messungen sind Haftfolien als Sammler ungeeignet.

Dieser Nachteil kann durch den Einsatz von Sammelbehältern (Topfsammlern, Trichtern, Wannen) vermieden werden. Verluste durch nachträgliches Herauswirbeln können durch adhäsive Schichten, Verwendung von Flüssigkeitsoberflächen (z. B. Wasser-Alkohol-Mischung) oder durch Formgebung (Hibernia-Trichter mit kegelig eingezogenem Aufsatz) reduziert werden.

Der Abscheidegrad eines Sedimentationsabscheiders hängt nicht nur von den Eigenschaften des Abscheiders (Adhäsionsschicht, Formgebung usw.) und der abzuscheidenden Partikeln (Größe, Dichte, Form), sondern auch von den meteorologischen Bedingungen (Windprofil) und der Bodenrauigkeit der Umgebung ab, die die Turbulenzabscheidung beeinflussen können.

Rückschlüsse von der Aktivität des abgelagerten Materials auf die Luftaktivitätskonzentration sind nur unter besonderen Bedingungen möglich.

4.2.2 Partikelsammler mit Größenselektion

4.2.2.1 Allgemeines

Die selektive Abscheidung von Partikeln mit Durchmessern von einigen zehntel Mikrometern kann mit Hilfe von Sammlern durchgeführt werden, die von der Trägheitsabscheidung oder von der Sedimentation Gebrauch machen. Die selektive Abscheidung von kleineren Partikeln kann mit Hilfe von Sammlern erreicht werden, in denen die Diffusion zu den Wänden eines Rohres oder eines Kanals ausgenutzt wird.

Größenunterscheidende Sammler wird man insbesondere anwenden, wenn ein nennenswerter Anteil von großen Partikeln vorhanden ist und eine nichtselektive Sammlung die lungengängige Partikelkonzentration erheblich überbewerten würde.

4.2.2.2 Impaktoren

In Impaktoren werden Partikeln aus einem Luftstrom auf Prallplatten abgeschieden, sofern die an den Partikeln angreifenden Trägheitskräfte ausreichend sind. Die kleineren Partikeln folgen weiterhin dem Luftstrom, so daß sich eine untere Abscheidengrenze der Partikelgröße ergibt. Durch Konstruktion eines Impaktors mit mehreren Stufen von Düsen, deren Öffnungen in der Größe abnehmen, erhält man eine Größenfraktionierung des Aerosols. Partikeln, die wegen ihrer geringen Größe nicht abgeschieden werden,

können auf einem nachgeschalteten Filter gesammelt werden. Durch zweckentsprechende Auslegung ist es möglich, eine gute Fraktionierung bei geringen Wandverlusten im Instrument zu erreichen. Einige Impaktoren sind in [2] beschrieben.

4.2.2.3 Zyklonabscheider

Durch Ausnutzung der Trägheit können Zyklonabscheider Aerosole in zwei Größenfraktionen trennen. In der ersten Stufe werden die größeren Partikeln, die normalerweise in den Nasenwegen und im Bronchialbaum zurückgehalten werden, in einem Zyklon abgeschieden. Die kleineren, lungengängigen Partikeln werden auf einem nachgeschalteten Filter gesammelt.

4.2.2.4 Schwerkraftvorsammler

Wird ein Sammler mit einer Vorkammer versehen, können in ihr unter Ausnutzung der Schwerkraft die größeren Partikeln durch Sedimentation entfernt werden. Der Sedimentationsabschnitt ist in mehrere flache horizontale Kanäle eingeteilt, die in Länge, Breite und Höhe so bemessen sind, daß bei dem vorgeschriebenen Volumenstrom Partikeln, die größer sind als eine bestimmte nominale Größe, sich während der Durchsatzzeit der Luft durch den Abschnitt auf dem Boden der einzelnen Kanäle absetzen. Ein merklicher Bruchteil kleinerer Partikeln wird ebenfalls zurückgehalten werden, daher sollte eine sorgfältige Bewertung der Leistungsfähigkeit des Probenahmegerätes für die vorgesehene Anwendung durchgeführt werden.

4.2.2.5 Elektrostatische Abscheider

(Diffusionsaufladungsprinzip)

In elektrostatischen Abscheidern werden Aerosolpartikeln dadurch aus dem Luftstrom entfernt, daß die Partikeln elektrisch geladen und in einem elektrischen Feld auf einer leitenden (gegebenenfalls präparierten) Oberfläche niedergeschlagen werden. Beim Diffusionsaufladungsprinzip werden die Partikeln durch den Diffusionsvorgang mit elektrischer Ladung beaufschlagt. Das Abscheiden der Partikeln erfolgt nach Partikelgrößenfraktionen getrennt auf Sammelelektroden mit unterschiedlichem Potential. Die Partikelabscheidung erfolgt in dünner Schicht, so daß eine selbstabsorptionsfreie Alpha-Aktivitätsbestimmung möglich ist.

Der Abscheidegrad und die Partikelgrößenkalibrierung hängen stark von der Einhaltung der Auslegungsbedingungen (Volumenstrom, Elektrodenabstand und Hochspannung) ab. Bei den Geräten nach dem Diffusionsaufladungsprinzip liegt der Volumenstrom in der Größenordnung von 1l/min .

5 Probenahmeverfahren für Gase und Dämpfe

5.1 Allgemeines

Radioaktive Gase und Dämpfe sind häufig wichtige Kontaminationsstoffe in der Luft, und ihre Probenahme und Sammlung erfordert Techniken und Methoden, die sich von denen unterscheiden, die bei der Aerosolprobenahme benutzt werden.

Zwei Gruppen von Probenahmemethoden lassen sich unterscheiden:

- selektive Probenahme spezieller Gase und Dämpfe
- nichtselektive Probenahme

5.2 Selektive Probenahme spezieller Gase und Dämpfe

5.2.1 Voraussetzungen

Die Probenahme spezieller Gase und Dämpfe erfordert eine eingehende Kenntnis der chemischen und physikalischen Eigenschaften des interessierenden radioaktiven Materials einschließlich möglicher störender Stoffe wie