

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Messen von Partikeln
Erfassung von luftgetragenen Partikeln in Außenluft
Aktive Probenahme mittels HVS (High-Volume-Sampler)
Particulate matter measurement
Sampling of airborne particulate matter
in ambient air
Active sampling with HVS (high-volume sampler)

VDI 2463
Blatt 2 / Part 2

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Der Entwurf dieser Richtlinie wurde mit Ankündigung im Bundesanzeiger einem öffentlichen Einspruchsverfahren unterworfen.

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The draft of this standard has been subject to public scrutiny after announcement in the Bundesanzeiger (Federal Gazette).

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite
Vorbemerkung	2
Einleitung.....	2
1 Anwendungsbereich.....	4
2 Begriffe	4
3 Geräte und Materialien	5
3.1 HVS (High-Volume-Sampler)	5
3.2 Probenahmekopf	7
4 Aufzeichnung von Gerätedaten	8
5 Wartungsarbeiten	9
6 Bestimmung der Partikelmassenkonzentration	10
6.1 Probenahme	10
6.2 Bestimmung der auf den Filtern abgeschiedenen Partikelmasse	11
6.3 Filter-Blindwertproben für die laufende Qualitätskontrolle	12
6.4 Volumenbestimmung.....	12
6.5 Berechnung der Partikelmassenkonzentration	13
Schrifttum	14

Contents	Page
Preliminary note.....	2
Introduction.....	2
1 Scope.....	4
2 Terms and definitions	4
3 Apparatus and materials	5
3.1 HVS (high-volume sampler).....	5
3.2 Sampling head	7
4 Recording of instrument data.....	8
5 Maintenance work.....	9
6 Determination of the particulate matter concentration by mass.....	10
6.1 Sampling.....	10
6.2 Determination of the particulate matter mass collected on the filters.....	11
6.3 Filter blank samples for ongoing quality control.....	12
6.4 Determination of volume.....	12
6.5 Calculation of the particulate matter concentration by mass.....	13
Bibliography	14

VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) – Normenausschuss
Fachbereich Umweltmesstechnik

VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 4: Analysen- und Messverfahren I

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi.de/richtlinien), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren und in Bearbeitung befindlichen Blätter dieser Richtlinienreihe sowie gegebenenfalls zusätzliche Informationen sind im Internet abrufbar unter www.vdi.de/2463.

Einleitung

Die Bestimmung von Partikeln und gasförmigen Substanzen in der Außenluft wird schon seit Jahrzehnten durchgeführt. Die gesetzliche Grundlage hierfür ist das Bundes-Immissionsschutzgesetz und seine Verordnungen.

Die Probenahme für Partikel kann entweder die gesamte luftgetragene Partikelmassenkonzentration umfassen oder lediglich auf bestimmte Ausschnitte („Fraktionen“) von dieser abzielen. Aufgrund der für den Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegten Grenzwerte zielt die Überwachung der luftgetragenen Partikel derzeit vor allem auf die Fraktionen mit aerodynamischen Durchmessern $< 10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) bzw. $< 2,5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$) ab. Partikel dieser Größe sind einatembar und zum Teil lungengängig. Luftgetragene Partikel werden häufig auch mit dem Ziel gesammelt, in ihnen enthaltene Substanzen wie Ionen, Metalle oder polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe zu bestimmen.

Anmerkung 1: Der bisher verwendete Begriff „Schwebstaub“ wird, entsprechend dem internationalen Sprachgebrauch, durch den Begriff „luftgetragene Partikel“ ersetzt.

Anmerkung 2: Falls auch gasförmige Anteile der zu untersuchenden Substanzen erfasst werden sollen, muss die Einrichtung zur Partikelprobenahme mit einer nachgeschalteten Kartusche ergänzt werden, die ein für die Zielsubstanzen geeignetes Adsorbens enthält. Informationen zur Vorgehensweise finden sich in VDI 2463 Blatt 8.

Abhängig von der konkreten Messaufgabe ist die Verwendung von Probenahmeeinrichtungen mit unterschiedlichen Volumenströmen sinnvoll. Grundsätzlich werden Probenahmeeinrichtungen mit hohem (typischerweise $30 \text{ m}^3/\text{h}$) und mit niedrigem ($2,3 \text{ m}^3/\text{h}$ bis $3 \text{ m}^3/\text{h}$) Volumenstrom unter-

Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions (www.vdi.de/richtlinien) specified in the VDI Notices.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

A catalogue of all available parts of this series of standards and those in preparation as well as further information, if applicable, can be accessed on the Internet at www.vdi.de/2463.

Introduction

The determination of particulate matter and gaseous substances in ambient air has been carried out for decades. The legal basis for this is the Federal German Immission Control Act and its ordinances.

Particulate matter sampling can either cover the total airborne concentration of particulate matter or target only specific sections (“fractions”) of it. Due to the limit values set to protect human health, the monitoring of airborne particulate matter is currently aimed primarily at the fractions with aerodynamic diameters of $< 10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) and $< 2,5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$) respectively. Particulate matter of this size can be inhaled and are partly respirable. Airborne particulate matter is often also collected with the aim of determining the substances contained in them, such as ions, metals, or polycyclic aromatic hydrocarbons.

Note 1: The term “suspended particulate matter” used thus far has been replaced by the term “airborne particulate matter”, in accordance with international usage.

Note 2: If gaseous components of the substances to be analysed are also to be sampled, the particulate sampling device shall be supplemented with a downstream cartridge containing an adsorbent suitable for the target substances. Information on the method can be found in VDI 2463 Part 8.

Depending on the specific type of measurement, the use of sampling systems with different volume flows is recommended. In principle, a difference is made between sampling systems with a high (typically $30 \text{ m}^3/\text{h}$) and sampling systems with a low ($2,3 \text{ m}^3/\text{h}$ to $3 \text{ m}^3/\text{h}$) volume flow. These are re-

schieden und als HVS (High-Volume-Sampler) bzw. LVS (Low-Volume-Sampler) bezeichnet. Der LVS ist Gegenstand der Richtlinie VDI 2463 Blatt 7.

In der vorliegenden Richtlinie werden Anforderungen an einen HVS, also eine Probenahmeeinrichtung mit Filterwechselfunktion, und einem konstanten und geregelten Volumenstrom von typischerweise 30 m³/h festgelegt.

Für einen HVS mit Filterwechsler und einer Durchflussrate von 30 m³/h wurde in der DIN EN 12341 die Gleichwertigkeit mit dem Referenzverfahren dargestellt, wobei etwaige Abweichungen zum Referenzverfahren berücksichtigt werden müssen (siehe DIN EN 12341, Anhang B.2.2.1).

Die für die jeweilige Messaufgabe einzusetzenden Probenahmeeinrichtungen für die Ermittlung der Partikelmassenkonzentration (z.B. für PM_{2,5}, PM₁₀ oder Gesamtpartikel) und die Bestimmung von Inhaltsstoffen sind in den folgenden Richtlinien und Normen beschrieben:

- VDI 2267 Blatt 1 und Blatt 3 geben Handlungsanweisungen für die Probenahme mithilfe von Filterverfahren, den Probenaufschluss und die anschließende Analyse von Metallen in luftgetragenen Partikeln.
- VDI 2465 Blatt 2 gibt Handlungsanweisungen für die Probenahme und anschließende Analyse von Dieselrußpartikeln in der PM₁₀-Fraktion luftgetragener Partikel.
- DIN EN 12341 spezifiziert ein standardisiertes Verfahren für die Bestimmung der PM₁₀- sowie PM_{2,5}-Massenfraktion in luftgetragenen Partikeln.
- DIN EN 14902 gibt Handlungsanweisungen zur Probenahme und Analyse von Pb, Cd, As und Ni als Inhaltsstoffe der PM₁₀-Fraktion.
- DIN EN 15549 legt die Anforderungen für das Standardverfahren zur Messung von Benzo(a)pyren (BaP) in PM₁₀ mithilfe eines in dem Probenahmekopf integrierten Ozon-Denuders fest.
- DIN ISO 16000-13 gibt Handlungsanweisungen für die Bestimmung gasförmiger und partikelgebundener PCB und polychlorierter Dibenzop-dioxine/Dibenzofurane (PCDD/PCDF) mithilfe eines offenen Probenahmekopfs mit geschlossenem Gasphasenfilter (PU-Schaumstoffkartusche).
- DIN EN 16909 gibt Handlungsanweisungen zur Messung von elementarem Kohlenstoff (EC) und organisch gebundenem Kohlenstoff (OC) im PM_{2,5} der Außenluft.

ferred to as HVS (high-volume sampler) and LVS (low-volume sampler) respectively. The LVS is subject of standard VDI 2463 Part 7.

This standard defines requirements for an HVS, i.e., a sampling system with a filter change function, and a constant and controlled volume flow that is typically 30 m³/h.

For an HVS with filter changer and a flow rate of 30 m³/h, equivalence with the reference method was described in DIN EN 12341, whereby any deviations from the reference method shall be taken into account (see DIN EN 12341, Annex B.2.2.1).

The sampling systems to be used for the respective type of measurement to determine the particulate matter concentration by mass (for PM_{2,5}, PM₁₀, or total particulate matter, for example) and the determination of constituents is described in the following standards:

- VDI 2267 Part 1 and Part 3 provide instructions for sampling using filter methods, sample digestion, and subsequent analysis of metals in airborne particulate matter.
- VDI 2465 Part 2 provides instructions for the sampling and subsequent analysis of diesel soot particles in the PM₁₀ fraction of airborne particulate matter.
- DIN EN 12341 specifies a standardised method to determine the PM₁₀ and PM_{2,5} mass fraction in airborne particulate matter.
- DIN EN 14902 provides instructions for sampling and analysing Pb, Cd, As, and Ni as constituents of the PM₁₀ fraction.
- DIN EN 15549 specifies the requirements for the standard method of measurement of benzo(a)pyrene (BaP) in PM₁₀ using an ozone denuder integrated in the sampling head.
- DIN ISO 16000-13 provides instructions for determining gaseous and particulate PCBs and polychlorinated dibenzo-p-dioxins/dibenzofurans (PCDD/PCDF) using an open sampling head with attached gas phase filter (PU foam cartridge).
- DIN EN 16909 provides instructions to measure elemental carbon (EC) and organically bound carbon (OC) in the PM_{2,5} of ambient air.

- DIN EN 16913 gibt Handlungsanweisungen zur Bestimmung von NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} in $\text{PM}_{2,5}$ in der Außenluft.

Diese Richtlinie ersetzt VDI 2463 Blatt 11:1996-10.

1 Anwendungsbereich

Mithilfe eines HVS werden die in der Außenluft dispergierten Partikel auf Filtern gesammelt. Jeweils nach Beendigung einer Probenahme wird das mit Partikeln belegte Filter gegen ein unbelegtes Filter ausgetauscht und ein neuer Probenahmezyklus eingeleitet.

Die Masse der auf den Filtern abgeschiedenen Partikel wird durch Wägung der auf definierte Bedingungen äquilibrierten Filter vor und nach der Probenahme bestimmt. Das Messergebnis wird als auf das beprobte Luftvolumen bezogene Massenkonzentration angegeben.

Diese Richtlinie spezifiziert gerätetechnische Vorgaben im Hinblick auf eine aktive Probenahme zur Untersuchung von Partikeln und deren Inhaltsstoffen in der Außenluft mittels eines HVS. Sie legt die grundsätzlichen Anforderungen an das Probenahmegerät und den Probenahmekopf sowie zulässige Toleranzen des Volumenstroms des HVS fest.

HVS sind für den Einsatz in Messstationen und im Freien zur Ermittlung von Partikelmassenkonzentrationen geeignet.

Die typische Probenahmedauer eines HVS bei einem Filter beträgt 24 h. In Abhängigkeit von der Messaufgabe können auch davon abweichende Probenahmedauern sinnvoll sein.

- DIN EN 16913 provides instructions to determine NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} in $\text{PM}_{2,5}$ in ambient air.

This standard replaces VDI 2463 Part 11:1996-10.

1 Scope

The particulate matter dispersed in the ambient air is collected on filters using an HVS. Each time a sampling cycle is completed, the particulate matter-laden filter is replaced by a clean filter, and a new sampling cycle is started.

The mass of the particulate matter collected on the filters is determined by weighing the filters equilibrated to defined conditions before and after sampling. The measurement result is reported as a concentration by mass related to the sampled air volume.

This standard specifies instrumentation requirements with regard to active sampling to investigate particulate matter and its constituents in ambient air using an HVS. It sets out the basic requirements for the sampling device and the sampling head as well as permissible tolerances of the volume flow of the HVS.

HVSs are suitable for determining particulate matter concentrations by mass in monitoring stations and in the open.

The typical sampling duration of an HVS with one filter is 24 hours. Depending on the type of measurement, sampling times deviating from this can also be useful.