ICS 13.040.20

VDI-RICHTLINIEN

Juni 2011
June 2011

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

Messen von Partikeln in der Außenluft
Bestimmung der Partikelanzahlkonzentration und Anzahlgrößenverteilung von Aerosolen
Optisches Aerosolspektrometer

Measurement of particles in ambient air
Determination of the particle number concentration and particle size distribution of aerosols
Optical aerosol spectrometer

VDI 3867

Blatt 4 / Part 4

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Frühere Ausgabe: 01.08, Entwurf, deutsch
Former edition: 01/08, draft, in German only

Zu beziehen durch / Available at Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin – Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure e. V., Düsseldorf 2011

Der Entwurf dieser Richtlinie wurde mit Ankündigung im Bundesanzeiger einem öffentlichen Einspruchsverfahren unterworfen.
Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The draft of this guideline has been subject to public scrutiny after announcement in the Bundesanzeiger (Federal Gazette).
The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt Seite

Vorbemerkung 2
Einleitung 2
1 Anwendungsbereich 3
2 Begriffe 3
3 Grundlage des Verfahrens 4
4 Funktionsweise 5
5 Verfahrensmerkmale 7
6 Aufbau und Ausführungsbeispiele 11
7 Messtechnische Anforderungen 21
8 Messplanung 21
9 Funktionsprüfung und Kalibrierung 21
10 Vorbereitung und Durchführung der Messung 25
11 Datendokumentation 26
12 Gerätekenngrößen 26
13 Störeinflüsse und Fehlerquellen 26
14 Wartung 28
15 Anwendungsbeispiele 29
Schrifttum 34

Contents Page

Preliminary note 2
Introduction. 2
1 Scope 3
2 Terms and definitions 3
3 Principle of the method 4
4 Mode of operation 5
5 Features of the method 7
6 Set-up and examples 11
7 Measurement requirements 21
8 Measurement planning 21
9 Functional test and calibration 21
10 Preparations and procedure 25
11 Data documentation 26
12 Instrument parameters 26
13 Interferences and sources of error 26
14 Maintenance 28
15 Examples of applications 29
Bibliography 34

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet / Reproduction – even for internal use – not permitted

Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL

Fachbereich Umweltmesstechnik

VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 5: Analysen- und Messverfahren II

 Alle Rechte vorbehalten © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2011

Vorbemerkung

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

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

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

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

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/3867.

Einleitung

Die Bedeutung von Aerosolpartikeln mit Durchmessern $D < 1$ µm für die menschliche Gesundheit, aber auch für klimatische Effekte, wird mehr und mehr erkannt. Zur Beschreibung der Luftqualität erscheint es erforderlich, die gravimetrisch ermittelten Massenkonzentrationen, z.B. PM_{10} oder $PM_{2,5}$, um eine Messung der Partikelanzahlkonzentration zu ergänzen. Da die ultrafeinen Partikel mit Durchmessern $D < 0{,}1$ µm nur noch unwesentlich zur Masse des atmosphärischen Staubs beitragen, können sie nur mit zählenden Messverfahren mit ausreichender Empfindlichkeit erfasst werden.

Die Richtlinienreihe VDI 3867 beschreibt Messverfahren, mit denen die Partikelanzahl oder die Anzahlgrößenverteilung von Partikeln in der Außenluft ermittelt werden kann. Diese Verfahren sind auch zur Charakterisierung von Prüfaerosolen geeignet. VDI 3867 Blatt 1 gibt einen Überblick über die Messverfahren und erläutert deren Messprinzipien. Darüber hinaus definiert es die aus der Messaufgabe resultierenden Anforderungen an diese Verfahren und ihre Kenngrößen.

In den Folgeblättern werden einzelne Verfahren detailliert beschrieben:

Blatt 2 Kondensationspartikelzähler

Blatt 3 Elektrisches Mobilitätsspektrometer

Blatt4 Optisches Aerosolspektrometer

Blatt 5 Flugzeitspektrometer

Blatt 6 Elektrischer Niederdruckimpaktor

Preliminary note

The content of this guideline has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the guideline 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 guideline without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions specified in the VDI Notices (www.vdi-richtlinien.de).

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

A catalogue of all available parts of this series of guidelines can be accessed on the internet at www.vdi.de/3867.

Introduction

There is a growing awareness of the significance of aerosol particles with diameters of $D < 1$ µm for human health as well as for their climatic impact. To assess air quality, it appears necessary to supplement gravimetrically determined mass concentrations such as PM_{10} or $PM_{2,5}$ with a measurement of the particle number concentration. Since ultrafine particles with diameters of $D < 0{,}1$ µm make an only insignificant contribution to the mass of atmospheric dust, they can only be detected with counting measuring methods of sufficient sensitivity.

Series of guideline VDI 3867 specifies measuring methods for determining the particle number or particle size distribution in ambient air. These methods are also suitable for characterizing test aerosols. VDI 3867 Part 1 of the guideline series reviews the measuring methods and explains their measurement principles. It also defines the requirements for these methods and their performance characteristics arising from the measurement task.

In the subsequent parts, individual methods are described in detail:

Part 2 Condensation particle pounter

Part 3 Electrical mobility spectrometer

Part4 Optical aerosol spectrometer

Part 5 Time-of-flight spectrometer

Part 6 Electrical low pressure impactor

All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2011

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie beschreibt den Einsatz von Optischen Aerosolspektrometern zur Bestimmung der Partikelanzahlkonzentration und der Anzahlgrößenverteilung in Außenluft und in Prüfaerosolen.

Optische Aerosolspektrometer eignen sich zur Absolutmessung der Anzahlkonzentration und zur kontinuierlichen Bestimmung der Größenverteilung von Aerosolpartikeln. Mit Geräten dieser Art können die Streulichtäquivalentdurchmesser von luftgetragenen Partikeln direkt vor Ort gemessen werden.

Die Geräte werden zum einen in der Reinraumtechnik und zum anderen zu Messungen in der Außenluft sowie zur Messung an Prüfaerosolen eingesetzt. Da die Partikelanzahlkonzentration in Reinräumen um mehr als sechs Größenordnungen unterhalb der Außenluftkonzentration liegen kann, kommen hier Geräte zum Einsatz, die speziell für diese Anwendung entwickelt wurden und die für Messungen in der Außenluft ungeeignet sind.

Der erfassbare Partikelgrößenbereich erstreckt sich von etwa 0,07 µm bis etwa 25 µm Durchmesser. Dabei können Anzahlkonzentrationen von weniger als 10^{-3} cm^{-3} (reine Räume) bis maximal etwa 10^{5} cm^{-3} gemessen werden. Da der Volumenstrom des Aerosols (ca. 0,005 ℓ/min bis ca. 28 ℓ/min) und die maximal zulässige Konzentration um Größenordnungen variieren können, ist die Auswahl des Geräts nach der jeweiligen Messaufgabe vorzunehmen.

1 Scope

This guideline describes the use of optical aerosol spectrometers to determine the particle number concentration and particle size distribution in ambient air and in test aerosols.

Optical aerosol spectrometers are suitable for the measurement of the total number concentration and for the continuous determination of the size distribution of aerosol particles. With instruments of this kind, it is possible to measure the light scattering equivalent diameters of airborne particles directly in situ.

Optical aerosol spectrometers are used in clean room technology, for measurements in ambient air and for measurements performed on test aerosols. Since the particle number concentrations in clean rooms can be more than six orders of magnitude lower than in ambient air, the instruments employed here have been especially developed for this application and are not suitable for measurements in ambient air.

The measurable particle size range extends from about 0,07 µm to about 25 µm diameter. Number concentrations of less than 10^{-3} cm^{-3} (clean rooms) to a maximum of about 10^{5} cm^{-3} can be measured. Since the aerosol flow rate (approx. 0,005 ℓ/min to approx. 28 ℓ/min) and the maximum permitted concentration can vary by orders of magnitude, the choice of the instrument depends on the specific measurement task.

2 Begriffe

Für die Anwendung dieser Richtlinie gelten die folgenden Begriffe:

Brechungsindex

Materialeigenschaft, die die Wechselwirkung des Partikelmaterials mit dem einfallenden Licht beschreibt.

Anmerkung 1: Der Brechungsindex ist im Allgemeinen eine komplexe Zahl. Der Realteil beschreibt die Brechung und der Imaginärteil die Absorption des Lichts durch das Material. Absorption findet nur in elektrisch leitfähigen Materialien statt.

Anmerkung 2: Eine übliche Formelschreibweise für den Brechungsindex ist $m = m_1 - \mathrm{i}\cdot m_2$.

Streulichtäquivalentdurchmesser

Durchmesser eines homogenen, kugelförmigen Partikels aus einer Bezugssubstanz, das bei vorgegebener Beleuchtungsart in das gleiche Raumwinkelelement die gleiche Strahlungsleistung streut.

Anmerkung: Der Streulichtäquivalentdurchmesser kann in Abhängigkeit von Partikelmaterial und Form zum Teil erheblich von den tatsächlichen geometrischen Abmessungen des Partikels abweichen.

2 Terms and definitions

For the purposes of this guideline, the following terms and definitions apply:

Refractive index

Material property describing the interaction of the particle material with the incident light.

Note 1: The refractive index is in general a complex number. The real part describes the refraction and the imaginary part the absorption of light by the material. Absorption only takes place in electrically conductive materials.

Note 2: A usual formula notation for the refractive index is $m = m_1 - \mathrm{i}\cdot m_2$.

Light scattering equivalent diameter

Diameter of a homogeneous, spherical particle of a reference substance which scatters defined incident light with the same radiation efficiency into a defined solid angle element.

Note: Depending on particle material and shape, the light scattering equivalent diameter can in some cases deviate considerably from the particle's actual geometric dimensions.