

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Außenluft
Bestimmung der Partikelanzahlkonzentration und
Anzahlgrößenverteilung von Aerosolen
Kondensationspartikelzähler (CPC)

VDI 3867
Blatt 2 / Part 2

Ambient air
Determination of the particle number concentration
and particle size distribution of aerosols
Condensation Particle Counter (CPC)

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

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

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

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

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

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	3	Preliminary note.....	3
Einleitung.....	3	Introduction.....	3
1 Anwendungsbereich	4	1 Scope	4
2 Normative Verweise	4	2 Normative references	4
3 Begriffe	4	3 Terms and definitions	4
4 Grundlage des Verfahrens	5	4 Principle of the method	5
4.1 Allgemeines	5	4.1 General	5
4.2 Kondensation	5	4.2 Condensation	5
4.3 Streulichtmessung.....	6	4.3 Scattered light measurement.....	6
5 Funktionsweise	6	5 Mode of operation	6
6 Verfahrensmerkmale	8	6 Method characteristics	8
6.1 Dampfsubstanz.....	8	6.1 Vapour substance.....	8
6.2 Erzeugung der Übersättigung.....	8	6.2 Generation of supersaturation.....	8
6.3 Lichtquelle und optische Anordnung.....	12	6.3 Light source and optical arrangement.....	12
6.4 Messvolumen	12	6.4 Measuring volume	12
6.5 Konzentrationsermittlung.....	14	6.5 Concentration determination.....	14
7 Gerätekenngößen	15	7 Instrument parameters	15
8 Messtechnische Anforderungen	18	8 Metrological requirements	18
9 Funktionsprüfung	19	9 Function check	19
9.1 Überprüfung der Volumenströme	19	9.1 Check of the volumetric flows.....	19
9.2 Überprüfung der internen Temperatur- und Drucksensoren.....	19	9.2 Check of the internal temperature and pressure sensors	19
9.3 Überprüfung der Fehlzählrate	19	9.3 Check of the zero count rate	19
9.4 Überprüfung der Anzahlkonzentrationsermittlung	19	9.4 Check of the number concentration determination	19
9.5 Überprüfung der internen Fehlermeldungen.....	19	9.5 Check of the internal error messages.....	19
10 Kalibrierung	20	10 Calibration	20
10.1 Allgemeines	20	10.1 General	20
10.2 Steigung und Linearität der Kennlinie.....	20	10.2 Slope and linearity of the concentration response.....	20

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

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

Inhalt	Seite
10.3 Zählwirkungsgrad an der unteren Nachweisgrenze	20
10.4 Kennlinie im fotometrischen Modus.....	21
11 Messplanung	21
12 Vorbereitung und Durchführung der Messung	21
13 Datendokumentation	22
14 Störeinflüsse und Fehlerquellen	22
15 Ermittlung der Messunsicherheit	24
15.1 Allgemeines	24
15.2 Zählwirkungsgrad im horizontalen Bereich der Zählwirkungsgradkurve.....	25
15.3 Volumenstrommessung.....	26
15.4 Temperaturmessung	26
15.5 Druckmessung.....	26
15.6 Berechnung der Gesamtunsicherheit.....	26
15.7 Beispiel	27
16 Wartung	28
16.1 Allgemeines	28
16.2 Regelmäßige Wartungsarbeiten	28
16.3 Präventive Wartungsarbeiten	29
Schrifttum	29
Anhang Ausführungsbeispiele	31
A1 Allgemeines	31
A2 Prinzip – Laminarer Volumenstrom, Alkohol als Dampfsubstanz	31
A3 Prinzip – Laminarer Volumenstrom, Alkohol als Dampfsubstanz, Injektion in die Kondensationsstrecke.....	33
A4 Prinzip – Laminarer Volumenstrom, Wasser als Dampfsubstanz.....	38
A5 Prinzip – Laminarer Volumenstrom, Wasser oder Alkohol als Dampfsubstanz.....	41
A6 Prinzip – Turbulente Mischung.....	44
A7 Prinzip – Laminarer Volumenstrom, Alkohol als Dampfsubstanz, Verwendung einer Vorkondensationsstufe.....	49

Contents	Page
10.3 Counting efficiency at the lower detection limit.....	20
10.4 Concentration response in photometric mode	21
11 Measurement planning	21
12 Preparation and execution of the measurement	21
13 Data documentation	22
14 Interferences and sources of error	22
15 Determination of the measurement uncertainty	24
15.1 General	24
15.2 Counting efficiency in the horizontal section of the counting efficiency curve	25
15.3 Volumetric flow measurement.....	26
15.4 Temperature measurement.....	26
15.5 Pressure measurement	26
15.6 Calculation of the overall uncertainty.....	26
15.7 Example.....	27
16 Maintenance	28
16.1 General	28
16.2 Routine maintenance	28
16.3 Preventive maintenance	29
Bibliography	29
Annex Design examples	31
A1 General	31
A2 Principle – Laminar volume flow, alcohol as vapour substance.....	31
A3 Principle – Laminar volume flow, alcohol as vapour substance, injection into the condensation section.....	33
A4 Principle – Laminar volume flow, water as vapour substance.....	38
A5 Principle – Laminar volume flow, water or alcohol as vapour substance.....	41
A6 Principle – Turbulent mixing.....	44
A7 Principle – Laminar volume flow, alcohol as vapour substance, use of a pre-condensation stage	49

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.

Einleitung

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.

Das Blatt 1 der Richtlinienreihe gibt einen Überblick über die Messverfahren und erläutert deren Messprinzip. Darüber hinaus definiert es die aus der Messaufgabe resultierenden Anforderungen an diese Verfahren und ihre Kenngrößen. In den Folgeblättern der Richtlinienreihe VDI 3867 werden einzelne Verfahren detailliert beschrieben:

Blatt 2 Kondensationspartikelzähler

Blatt 3 Elektrisches Mobilitätsspektrometer

Blatt 4 Optischer Partikelzähler

Blatt 5 Relaxationszeitspektrometer

Blatt 6 Elektrischer Niederdruckimpaktor

Eine Liste der aktuell verfügbaren und in Bearbeitung befindlichen Blätter dieser Richtlinienreihe sowie gegebenenfalls zusätzliche Informationen sind im Internet abrufbar unter www.vdi.de/3867.

Die ersten Kondensationspartikelzähler, die bereits im 19. Jahrhundert entwickelt wurden [1; 2] erzeugten die Übersättigung durch die Abkühlung, die bei der schnellen, adiabatischen Expansion eines dampfgesättigten Luftvolumens entsteht. Der Effekt ist unabhängig von der Dampfsubstanz. Der Prozess ist allerdings diskontinuierlich, weshalb er praktisch nicht mehr verwendet wird. In dieser Richtlinie werden ausschließlich kontinuierliche Verfahren beschrieben.

In DIN CEN/TS 16976 werden Mindestanforderungen für CPCs und deren Probenahme- und Konditionierungssystem festgelegt, mit denen die Einhaltung einer definierten Messunsicherheit

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.

Introduction

The series of standards VDI 3867 specifies measuring methods for determining the particle number or particle number size distribution in ambient air. These methods are also suitable for characterizing test aerosols.

Part 1 of the series of standards reviews the measuring methods and explains the measurement principles. It also defines the requirements for these methods and their performance characteristics arising from the measurement task. In the subsequent parts of series of standards VDI 3867, individual methods are described in detail:

Part 2 Condensation particle counter

Part 3 Electrical mobility spectrometer

Part 4 Optical aerosol spectrometer

Part 5 Time-of-flight spectrometer

Part 6 Electrical low pressure impactor

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/3867.

The first condensation particle counters, which were developed as early as the 19th century [1; 2], produced supersaturation through the cooling that occurs during the rapid, adiabatic expansion of a vapour-saturated air volume. The effect is independent of the vapour substance. However, this process is discontinuous and practically no longer used today. This standard describes only continuous methods.

DIN CEN/TS 16976 specifies minimum requirements for CPCs and their sampling and conditioning system to ensure compliance with a defined measurement uncertainty when used in the context

beim Einsatz im Rahmen der Luftgüteüberwachung sichergestellt werden kann. Weiterhin werden die hierfür erforderlichen Prüfverfahren sowie die Qualitätssicherungsmaßnahmen im Feldbetrieb festgelegt.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie gibt einen Überblick über die Messung der Partikelanzahlkonzentration in der Außenluft mit Kondensationspartikelzählern und beschreibt das dem Verfahren zugrunde liegende Messprinzip. Darüber hinaus definiert sie die aus der Messaufgabe resultierenden spezifischen Anforderungen an das Verfahren und seine Kenngrößen. Dieses Verfahren ist auch zur Charakterisierung von Prüfaerosolen geeignet.

Je nach Ausführungsform des Kondensationspartikelzählers sind Partikel im Größenbereich zwischen etwa $0,001\ \mu\text{m}$ (1 nm) und etwa $5\ \mu\text{m}$ sowie Anzahlkonzentrationen im Bereich zwischen wenigen Partikeln pro Kubikmeter und etwa $10^{13}\ \text{m}^{-3}$ ($10^7\ \text{cm}^{-3}$) messbar.

of air quality monitoring. Furthermore, the test procedures required for this purpose as well as the quality assurance measures in field operation are specified.

1 Scope

This standard provides an overview of the measurement of particle number concentration in ambient air with condensation particle counters and describes the principle on which the method is based. Furthermore, it defines the specific requirements for the method and its performance characteristics arising from the measurement task. This method is also suitable for the characterisation of test aerosols.

Depending on the design of the condensation particle counter, particles in the size range between about $0,001\ \mu\text{m}$ (1 nm) and about $5\ \mu\text{m}$ and number concentrations in the range between a few particles per cubic metre and about $10^{13}\ \text{m}^{-3}$ ($10^7\ \text{cm}^{-3}$) can be measured.