

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Messen von Partikeln in der Außenluft  
Bestimmung der Partikelanzahlkonzentration und  
Anzahlgrößenverteilung von Aerosolen  
Flugzeitspektrometer

Measurement of particles in ambient air  
Determination of the particle number concentration and  
particle size distribution of aerosols  
Time-of-flight spectrometer

VDI 3867

Blatt 5 / Part 5

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	Contents	Page
Vorbemerkung . . . . .	2	Preliminary note . . . . .	2
Einleitung . . . . .	2	Introduction . . . . .	2
<b>1 Anwendungsbereich . . . . .</b>	<b>3</b>	<b>1 Scope . . . . .</b>	<b>3</b>
<b>2 Grundlage des Verfahrens . . . . .</b>	<b>3</b>	<b>2 Principle of the method . . . . .</b>	<b>3</b>
<b>3 Funktionsweise . . . . .</b>	<b>6</b>	<b>3 Mode of operation . . . . .</b>	<b>6</b>
<b>4 Verfahrensmerkmale . . . . .</b>	<b>7</b>	<b>4 Features of the method . . . . .</b>	<b>7</b>
4.1 Beschleunigungssystem . . . . .	7	4.1 Acceleration system . . . . .	7
4.2 Optische Anordnung . . . . .	8	4.2 Optics . . . . .	8
4.3 Signalverarbeitung . . . . .	9	4.3 Signal processing . . . . .	9
<b>5 Ausführungsbeispiel . . . . .</b>	<b>11</b>	<b>5 Example . . . . .</b>	<b>11</b>
<b>6 Messtechnische Anforderungen . . . . .</b>	<b>15</b>	<b>6 Measurement requirements . . . . .</b>	<b>15</b>
<b>7 Messplanung . . . . .</b>	<b>16</b>	<b>7 Measurement planning . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>8 Kalibrierung und Funktionsprüfung . . . . .</b>	<b>16</b>	<b>8 Calibration and function testing . . . . .</b>	<b>16</b>
8.1 Kalibrierung der Partikelgrößenbestimmung . . . . .	16	8.1 Calibration of the particle size measurement . . . . .	16
8.2 Kalibrierung der Konzentrationsmessung . . . . .	17	8.2 Calibration of the concentration measurement . . . . .	17
8.3 Funktionsprüfung . . . . .	17	8.3 Function testing . . . . .	17
<b>9 Vorbereitung und Durchführung     der Messung . . . . .</b>	<b>18</b>	<b>9 Preparation and procedure . . . . .</b>	<b>18</b>
<b>10 Datendokumentation . . . . .</b>	<b>19</b>	<b>10 Data documentation . . . . .</b>	<b>19</b>
<b>11 Gerätekenngößen . . . . .</b>	<b>19</b>	<b>11 Instrument parameters . . . . .</b>	<b>19</b>
<b>12 Störeinflüsse und Fehlerquellen . . . . .</b>	<b>19</b>	<b>12 Interferences and error sources . . . . .</b>	<b>19</b>

Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL

Fachbereich Umweltmesstechnik

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

	Seite
<b>13 Wartung</b> . . . . .	21
13.1 Allgemeines . . . . .	21
13.2 Regelmäßige Wartungsarbeiten . . . . .	22
13.3 Präventive Wartungsarbeiten . . . . .	22
<b>14 Anwendungsbeispiele</b> . . . . .	22
14.1 Tonerpartikel (Laserdrucker) . . . . .	22
14.2 Außenluftmessungen . . . . .	23
Schrifttum . . . . .	27

	Page
<b>13 Maintenance</b> . . . . .	21
13.1 General remarks . . . . .	21
13.2 Regular maintenance . . . . .	22
13.3 Preventive maintenance . . . . .	22
<b>14 Examples of applications</b> . . . . .	22
14.1 Toner particles (laser printer) . . . . .	22
14.2 Ambient air measurements . . . . .	23
Bibliography . . . . .	27

**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 VDI-Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen ([www.vdi.de/richtlinien](http://www.vdi.de/richtlinien)), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

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

**Einleitung**

Die Bedeutung von Aerosolpartikeln mit Durchmessern  $D < 1 \mu\text{m}$  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 wie  $\text{PM}_{10}$  oder  $\text{PM}_{2,5}$  um eine Messung der Partikelanzahlkonzentration zu ergänzen. Da die ultrafeinen Partikel mit Durchmessern  $D < 0,1 \mu\text{m}$  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. Die Richtlinie VDI 3867 Blatt 1 gibt einen Überblick über die Messverfahren und erläutert deren Messprinzip. Darüber hinaus definiert sie die aus der Messaufgabe resultierenden Anforderungen an diese Verfahren und ihre Kenngrößen.

**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 specified in the VDI Notices ([www.vdi.de/richtlinien](http://www.vdi.de/richtlinien)).

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

**Introduction**

There is growing acknowledgement of the significance of aerosol particles with diameters of  $D < 1 \mu\text{m}$  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  $\text{PM}_{10}$  or  $\text{PM}_{2,5}$  with a measurement of the particle number concentration. Since ultrafine particles with diameters of  $D < 0,1 \mu\text{m}$  make an only insignificant contribution to the mass of atmospheric dust, they can only be detected with counting measuring methods of sufficient sensitivity.

The series of standards VDI 3867 specifies measuring methods for determining the particle number or particle size distribution in ambient air. These methods are also suitable for characterising test aerosols. VDI 3867 Part 1 reviews the measuring methods and explains their measurement principles. In addition, it also defines the requirements for these methods and their performance characteristics arising from the measurement task.

In den Folgeblättern werden einzelne Verfahren detailliert beschrieben:

Blatt 2 Kondensationspartikelzähler (CPC)

Blatt 3 Elektrisches Mobilitätsspektrometer

Blatt 4 Optisches Aerosolspektrometer

**Blatt 5** Flugzeitspektrometer

Blatt 6 Elektrischer Niederdruckimpaktor (ELPI)

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter [www.vdi.de/3867](http://www.vdi.de/3867).

## 1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie beschreibt die Anwendung des Flugzeitspektrometers zur Bestimmung der Partikelanzahlkonzentration und der Anzahlgrößenverteilung in der Außenluft. Das Verfahren ist auch zur Charakterisierung von Prüfaerosolen geeignet.

Flugzeitspektrometer eignen sich sowohl zur Absolutmessung der Anzahlkonzentration als auch zur kontinuierlichen Bestimmung der Größenverteilung von Aerosolpartikeln. Mit Geräten dieser Art wird der aerodynamische Durchmesser von Partikeln im luftgetragenen Zustand in Echtzeit direkt gemessen.

Flugzeitspektrometer finden auch in der Luftfiltermesstechnik, in der Inhalationstoxikologie, bei der Charakterisierung von therapeutischen Inhalatoren oder, in Kombination mit geeigneten Dispergiernern, in der Pulvermesstechnik Anwendung. Flugzeitspektrometrie als Größenmessverfahren für Einzelpartikel wird auch in Kombination mit anderen Messverfahren, z.B. bei der Einzelpartikel-Massenspektrometrie, eingesetzt.

Der erfassbare Partikelgrößenbereich überspannt den aerodynamischen Durchmesser von ca. 0,5 µm bis ca. 15 µm. Dabei können Anzahlkonzentrationen von weniger als 1 cm<sup>-3</sup> bis ca. 10<sup>4</sup> cm<sup>-3</sup> gemessen werden.

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

Part 2 Condensation particle counter (CPC)

Part 3 Electrical mobility spectrometer

Part 4 Optical aerosol spectrometer

**Part 5** Time-of-flight spectrometer

Part 6 Electrical low pressure impactor (ELPI)

A catalogue of all available parts of this series of standards can be accessed on the internet at [www.vdi.de/3867](http://www.vdi.de/3867).

## 1 Scope

This standard specifies the use of the time-of-flight spectrometer to determine the particle number concentration and particle size distribution in ambient air. The method is also suitable for characterising test aerosols.

Time-of-flight spectrometers are suitable both for the absolute measurement of the number concentration and for the continuous measurement of the size distribution of aerosol particles. With instruments of this kind, the aerodynamic diameter of particles in their airborne state is directly measured in real time.

Time-of-flight spectrometers are also used in air filter testing, inhalation toxicology, the characterisation of therapeutic inhalers and, in combination with suitable dispersers, in powder technology. Time-of-flight spectrometry as a size-measuring method for single particles is also employed in combination with other measuring methods, e.g. single-particle mass spectrometry.

The measurable particle size range covers aerodynamic diameters from approximately 0,5 µm to approximately 15 µm. Number concentrations of less than 1 cm<sup>-3</sup> to approximately 10<sup>4</sup> cm<sup>-3</sup> can be measured.