

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Messen von Partikeln in der Außenluft
Bestimmung der Partikelanzahlkonzentration und
Anzahlgrößenverteilung von Aerosolen
Elektrisches Mobilitätsspektrometer
Measurement of particles in ambient air
Determination of the particle number concentration
and number size distribution of aerosols
Electrical mobility spectrometer

VDI 3867

Blatt 3 / Part 3

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 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	Contents	Page
Vorbemerkung	2	Preliminary note	2
Einleitung	2	Introduction	2
1 Anwendungsbereich	3	1 Scope	3
2 Grundlage des Verfahrens	3	2 Principle of the method	3
3 Funktionsweise	5	3 Function.	5
3.1 Prinzip	5	3.1 Principle	5
3.2 Gerätekonfigurationen	8	3.2 Instrument configurations	8
4 Verfahrensmerkmale	10	4 Features of the method	10
4.1 Transferfunktion des Mobilitätsanalysators.	10	4.1 Transfer function of the mobility analyser	10
4.2 Trägheitsabscheider	12	4.2 Inertial separator	12
4.3 Elektrische Konditionierung der Aerosolpartikel	13	4.3 Charge conditioning of aerosol particles	13
4.4 Detektionsprinzip	18	4.4 Detection principle	18
4.5 Auswertalgorithmus	19	4.5 Evaluation algorithm	19
4.6 Betriebsweise	21	4.6 Mode of operation	21
5 Ausführungsbeispiele	22	5 Examples of mobility spectrometers	22
5.1 Allgemeines	22	5.1 General	22
5.2 Beispiel 1	22	5.2 Example 1.	22
5.3 Beispiel 2	23	5.3 Example 2.	23
5.4 Beispiel 3	25	5.4 Example 3.	25
6 Funktionsprüfung und Kalibrierung.	28	6 Function testing and calibration	28
6.1 Funktionsprüfung	28	6.1 Function testing.	28
6.2 Kalibrierung.	30	6.2 Calibration	30
7 Messplanung	33	7 Measurement planning.	33
8 Durchführung der Messung	33	8 Measurement procedure.	33
9 Datendokumentation	33	9 Data documentation	33

Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL

Fachbereich Umweltmesstechnik

	Seite		Page
10 Gerätekenngößen	34	10 Instrument parameters	34
11 Störeinflüsse und Fehlerquellen	37	11 Interferences and error sources	37
12 Wartung	39	12 Maintenance	39
12.1 Allgemeines	39	12.1 General	39
12.2 Vorabscheider	40	12.2 Pre-separator	40
12.3 Auflader	40	12.3 Charger	40
12.4 Differentieller Mobilitätsanalysator	40	12.4 Differential mobility analyser	40
12.5 Partikeldetektor	41	12.5 Particle detector	41
13 Anwendungsbeispiele	41	13 Examples of applications	41
13.1 Beispiel 1	42	13.1 Example 1	42
13.2 Beispiel 2	43	13.2 Example 2	43
13.3 Beispiel 3	41	13.3 Example 3	41
Schrifttum	44	Bibliography	44

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-richtlinien.de), 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 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.

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.

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 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.

Die Richtlinienreihe VDI 3867 beschreibt Messverfahren, mit denen die Anzahlkonzentration 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 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
- Blatt 4 Optisches Aerosolspektrometer
- Blatt 5 Relaxationszeitspektrometer
- Blatt 6 Elektrischer Niederdruckimpaktor

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

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie beschreibt den Einsatz von Elektrischen Mobilitätsspektrometern zur Bestimmung der Anzahlkonzentration und der Anzahlgrößenverteilung von Partikeln in der Außenluft. Sie erläutert das diesem Messverfahren zugrunde liegende Messprinzip, veranschaulicht seine Anwendung anhand von Ausführungsbeispielen und definiert die relevanten Gerätekenngößen.

Mit diesem Verfahren können Partikel im Größenbereich von ca. 3 nm bis ca. 1 µm im Konzentrationsbereich von ca. 10^2 cm^{-3} bis ca. 10^6 cm^{-3} erfasst und gezählt werden.

Dieses Verfahren ist auch zur Charakterisierung von Prüfaerosolen geeignet.

Anmerkung: In Elektrischen Mobilitätsspektrometern werden häufig radioaktive Quellen als bipolare Partikelauflader eingesetzt. Beim Einsatz dieser Quellen müssen die gesetzlichen Vorschriften und Verordnungen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) eingehalten werden. Im Allgemeinen ist für den Einsatz dieser Geräte eine Umgangsgenehmigung erforderlich.

2 Grundlage des Verfahrens

Elektrische Mobilitätsspektrometer analysieren die Anzahlgrößenverteilung eines Aerosols anhand der elektrischen Mobilität [1] geladener Aerosolpartikel. Die elektrische Mobilität ist definiert als das Verhält-

The series of guidelines 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 reviews the measuring methods and explains their measurement principles. It also defines the requirements for these methods resulting from the measurement task and their performance characteristics.

In the subsequent parts, 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 list of the currently available parts of this series of guidelines can be retrieved on the Internet at www.vdi.de/3867.

1 Scope

This guideline describes the use of electrical mobility spectrometers to determine the number concentration and particle size distribution of particles in ambient air. It explains the measurement principle on which this measuring method is based, illustrates its application with examples and defines the relevant performance characteristics.

With this method, it is possible to detect and count particles in the size range of approx. 3 nm to approx. 1 µm in the concentration range of approx. 10^2 cm^{-3} to approx. 10^6 cm^{-3} .

This method is also suitable for characterizing test aerosols.

Note: In electrical mobility spectrometers, radioactive sources are frequently used as bipolar particle chargers. When such sources are used, the legal provisions and ordinances (German Radiation Protection Ordinance – StrlSchV) are to be complied with. A handling permit is generally required for the use of such instruments.

2 Principle of the method

Electrical mobility spectrometers analyse the particle size distribution of an aerosol on the basis of the electrical mobility [1] of charged aerosol particles. Electrical mobility is defined as the ratio of the velocity