

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Messen von Innenraumluftverunreinigungen
Messstrategie und Bestimmung von ultrafeinen Partikeln

Measurement of indoor air pollution
Measurement strategy and determination of
ultrafine particles

VDI 4300
Blatt 12 / Part 12

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
Vorbemerkung	3
Einleitung	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweise	5
3 Begriffe	5
4 Quellen ultrafeiner Partikel	7
4.1 Verbrennung organischen Materials	8
4.2 Rauchen	8
4.3 Kochen	8
4.4 Partikelneubildung – Bildung sekundärer organischer Aerosole (SOA)	9
4.5 Sonstige Quellen	9
4.6 Außenluft	9
5 Dynamik von ultrafeinen Partikeln im Innenraum	10
5.1 Eintrag und Austrag	12
5.2 Deposition	12
5.3 Partikelneubildung, Phasenübergänge und Koagulation	12
6 Messverfahren	12
6.1 Einleitung	12
6.2 Impaktor	13
6.3 Differenzieller Mobilitätsanalysator (DMA)	19
6.4 Aerosolmassenspektrometer (AMS)	20
6.5 Mehrstufenimpaktor (MOI) und Quarzmikrowaage (OMB)	21
6.6 Kondensationspartikelzähler (CPC, UF-CPC, CPC mit fotometrischem Modus)	22
6.7 Faraday-Cup-Aerosol-Elektrometer (FCAE)	24
6.8 Fast Response Aerosol Spectrometer (FRAS)	24
6.9 Niederdruckimpaktor mit elektrischer Detektion (LPI+E)	25
6.10 Elektrostatischer Abscheider (EP; Electrostatic Precipitator)	26
6.11 Elektrometerbasierte Instrumente	27

Contents	Page
Preliminary note	3
Introduction	3
1 Scope	4
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	5
4 Sources of ultrafine particles	7
4.1 Combustion of organic material	8
4.2 Smoking	8
4.3 Cooking	8
4.4 Particle formation – formation of secondary organic aerosol (SOA)	9
4.5 Other sources	9
4.6 Outdoor air	9
5 Dynamics of ultrafine particles indoors	10
5.1 Entry and removal	12
5.2 Deposition	12
5.3 Particle formation, phase transition, and coagulation	12
6 Measuring methods	12
6.1 Introduction	12
6.2 Impactor	13
6.3 Differential mobility analyzer (DMA)	19
6.4 Aerosol mass spectrometer (AMS)	20
6.5 Micro orifice impactor (MOI) and oscillating microbalance (OMB)	21
6.6 Condensation particle counter (CPC, UF-CPC, CPC with SES, CPC with photometric mode)	22
6.7 Faraday cup aerosol electrometer (FCAE)	24
6.8 Fast response aerosol spectrometer (FRAS)	24
6.9 Low pressure impactor with electric detection (LPI+E)	25
6.10 Electrostatic precipitator (EP)	26
6.11 Electrometer based instruments	27

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

Fachbereich Umweltmesstechnik

Inhalt	Seite
7 Messstrategie	27
7.1 Allgemeine Hinweise	28
7.2 Ortsbegehung und Befragung der Raumnutzer	28
7.3 Allgemeine Festlegungen	29
7.4 Zeitpunkt und Dauer der Messung	30
7.5 Messstrategie zur Erfolgskontrolle von Minderungsmaßnahmen	30
7.6 Vergleichsmessungen in der Außenluft	30
Anhang A Kerzenabbrand	33
Anhang B Anwendung von CPCs zur Eruierung von Partikelquellen	37
Anhang C Forschungsstudie zur Untersuchung der UFP-Belastung in Wohnungen ..	40
Anhang D Einsatz von Messgeräten zur Bestimmung von ultrafeinen Partikeln	45
Schrifttum	47

Contents	Page
7 Measurement strategy	27
7.1 General notes	28
7.2 Site inspection and questioning of the room users	28
7.3 General specifications	29
7.4 Time and duration of the measurement ...	30
7.5 Measurement strategy to control success of reduction measures	30
7.6 Comparative measurements outdoors	30
Annex A Candle burning	33
Annex B Application of CPCs for the investigation of particle sources	37
Annex C Research study to investigate UFP exposure in homes	40
Annex D Use of measuring instruments for the determination of ultrafine particles	45
Bibliography	47

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/4300.

Einleitung

Die Menschen in Mitteleuropa halten sich den weitaus überwiegenden Teil des Tages in Innenräumen auf. Dabei sind sie nicht nur gasförmigen chemischen Verunreinigungen (flüchtige und schwerflüchtige organische Verbindungen) oder mikrobieller Verunreinigung (Schimmelpilze, Bakterien, Milben) ausgesetzt, sondern auch einer – im Einzelfall – nicht unerheblichen Belastung durch Staubpartikel. Die Staubpartikel stammen aus verschiedenen Quellen, z.B. aus Aufwirbelungen, Verbrennungsprozessen, industriellen und landwirtschaftlichen Aktivitäten. Von außen gelangt luftgetragener Staub unterschiedlicher Größenfraktionen insbesondere durch Lüftungsvorgänge in den Innenraum. Im Innenraum selbst gibt es weitere Staubquellen wie Heimwerken, Staub, der an der Kleidung und den Schuhen haftet, Verbrennungsvorgänge (Kerzen, Backofen, Kamine), Partikelemissionen beim Betrieb elektrischer Geräte usw. Einige Quellen, wie Kamine, emittieren neben Grob- und Feinstaub auch ultrafeine Partikel, andere wie Drucker und Kerzenabbrand anzahlmäßig überwiegend ultrafeine Partikel.

Diese Richtlinie umfasst alle luftgetragenen Partikel mit einem Durchmesser ≤ 100 nm, beschreibt aber auch Messgeräte und Verfahren, die über diesen Größenbereich hinausgehen. Unter ultrafeinen Partikeln (UFP) versteht man Partikel, die natürlich oder anthropogen erzeugt werden. Unter Nanopartikeln werden meist Partikel verstanden, die synthetisch über technische Prozesse erzeugt werden (engineered nanoparticles) oder Produkten als Zusatzstoffe beigemischt werden, wie etwa nanopartikelhaltigen Lacken, Farben und Sprays. UFP und

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/4300.

Introduction

People in Central Europe spend most of the day indoors. They are not only exposed to gaseous chemical impurities (volatile and non-volatile organic compounds) or microbial contamination (molds, bacteria, mites), but also – in individual cases – to a not inconsiderable amount of dust particles. Dust particles originate from various sources, e.g. agitation, combustion processes, agricultural and industrial activities. Airborne dust of different size fractions from outside enters the interior, especially through ventilation processes. In the interior itself there are other sources of dust such as DIY, dust adhering the clothing and shoes, combustion processes (candles, ovens, fireplaces), particle emissions from the operations of electrical appliances, etc. Some sources such as fireplaces, emit coarse and fine dust as well as ultrafine particles, while others, such as printers and candle burning emit mainly ultrafine particles.

This standard covers all airborne particles with a diameter ≤ 100 nm, but also describes measuring instruments and procedures that go beyond this size range. Ultrafine particles (UFP) are particles that are naturally or anthropogenically generated. Nanoparticles are usually understood to be particles that are produced synthetically through technical processes (engineered nanoparticles) or are added to products as additives, such as paints, lacquers and sprays containing nanoparticles. UFP and nanoparticles and nanoparticles are measured

Nanopartikel werden messtechnisch mit denselben Methoden erfasst. Im Folgenden wird daher verallgemeinernd nur von UFP gesprochen.

Die Richtlinie stellt für UFP Messgrößen zusammen und bewertet Messverfahren hinsichtlich ihrer Vergleichbarkeit. Für diese Richtlinie werden feste, flüssige und verdampfbare Partikel (Tröpfchen) betrachtet. Ziel ist es, Sachverständigen und Messinstituten eine Übersicht über relevante Messverfahren für UFP bereitzustellen und deren Einsatzmöglichkeiten und -grenzen zu beschreiben. Des Weiteren gibt die Richtlinie Hilfestellung, welche Messstrategien und -verfahren bei bestimmten Fragestellungen im Einzelfall anzuwenden sind. Anders als bei feinen und gröberen Partikeln, werden UFP nicht über die Massenkonzentration, sondern deren Partikelanzahlkonzentration bestimmt, da sie massenmäßig meist nur einen sehr geringen Teil zur Innenraumbelastung mit Stäuben beitragen. Man misst daher die Partikelanzahlkonzentration in der Einheit cm^{-3} .

Ähnlich wie feine und gröbere Partikel können auch UFP chemisch unterschiedlich zusammengesetzt sein. Das erschwert sowohl einen direkten Vergleich der Partikelemissionen verschiedener Innenraumquellen als auch eine Risikoabschätzung. Eine chemische Charakterisierung von UFP und Nanopartikeln ist nicht Gegenstand dieser Richtlinie.

Epidemiologische Studien weisen darauf hin, dass UFP die Gesundheit schädigen [1]. Um die bestehenden Wissenslücken zu schließen, sind weitere Untersuchungen mit Ziel einer Quantifizierung und Charakterisierung der UFP notwendig. Die Ergebnisse erlauben nach derzeitigem Kenntnisstand jedoch noch keine gesundheitliche Bewertung auf Basis von auf die Anzahlkonzentration bezogenen Richtwerten für Immission und Exposition im Innenraum.

1 Anwendungsbereich

Die vorliegende Richtlinie gilt für Innenräume gemäß DIN EN ISO 16000-1. Dies sind im Einzelnen Wohn-, Heimwerker-, Freizeit- und Kellerräume sowie Küchen und Badezimmer. Des Weiteren gilt diese Richtlinie für Arbeitsräume und Arbeitsstätten, die in Bezug auf Luftschadstoffe keinen gefahrstoffrechtlichen Regelungen unterliegen (z.B. Büros und Verkaufsräume). In den Anwendungsbereich dieser Richtlinie fallen auch öffentliche Gebäude, z.B. Krankenhäuser, Schulen, Kindergärten, Sporthallen, Bibliotheken, Restaurants und Bars, Theater, Kinos sowie Innenräume von Fahrzeugen.

with the same methods. Therefore, in the following we will only speak of UFP in general terms.

The standard complies measured variables for UFP and evaluates measurement methods with regard to their comparability, for this standard solid, liquid and vaporized particles (droplets) are considered. The aim is to provide experts and measuring institutes with an overview of relevant measuring methods for UFP and to describe their application possibilities and limits. Furthermore, this standard provides assistance in determining which measurement strategies and procedures are to be applied to specific problems in individual cases. In contrast to fine and coarser particles, UFPs are not determined by mass concentration, but rather by particle number concentration, since they usually contribute only very small part to indoor dust pollution. The particle number concentration is therefore measured in the unit cm^{-3} .

Similar to fine and coarser particles, UFPs can also have different chemical compositions. This makes both a direct comparison of particle emissions from different indoor sources and a risk assessment difficult. A chemical characterization of UFP and nanoparticles is not subject of this standard.

Epidemiological studies indicate that UFPs are harmful to health [1]. To fill the existing gaps in knowledge, further research is needed to quantify and characterize UFP. According to the current stage of knowledge, however, the results do not yet permit a health assessment on the basis of number concentration related indicated values for indoor immission and exposure.

1 Scope

This standard applies to interiors according to DIN EN ISO 16000-1. These are dwellings with living rooms, bedrooms, work rooms, sport rooms, cellars, kitchens, bathrooms. Furthermore, this standard applies to work spaces or workstations in buildings not subject to controls under industrial safety legislation in terms of airborne pollution (e.g. offices, shops). Public buildings (e.g. restaurants, theatres, cinemas, and other function rooms) and the passenger compartments of vehicles and all public transport systems also fall within the scope of this standard.

Für Kabinen von Straßenfahrzeugen (siehe Normenreihe DIN ISO 12219), Schiffen, Schienenfahrzeugen und Flugzeugen sind wegen der besonderen Randbedingungen weitere Vorgaben zu beachten.

For cabins of road vehicles (see series of standards ISO 12219), ships, rail vehicles and airplanes further specifications have to be considered due to the special boundary conditions.