

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Messen von Partikeln  
Herstellungsverfahren für Prüfaerosole  
Transport und Konditionierung  
Measurement of particles  
Methods for generating test aerosols  
Transport and conditioning

VDI 3491  
Blatt 6 / Part 6

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 .....	3	Preliminary note.....	3
Einleitung.....	3	Introduction.....	3
<b>1 Anwendungsbereich.....</b>	<b>4</b>	<b>1 Scope.....</b>	<b>4</b>
<b>2 Normative Verweise.....</b>	<b>4</b>	<b>2 Normative references.....</b>	<b>4</b>
<b>3 Teilstromentnahme und -aufteilung.....</b>	<b>4</b>	<b>3 Partial flow extraction and splitting.....</b>	<b>4</b>
<b>4 Verdünnung.....</b>	<b>8</b>	<b>4 Dilution.....</b>	<b>8</b>
4.1 Allgemeines.....	8	4.1 General.....	8
4.2 Grundlage des Verfahrens.....	9	4.2 Principle.....	9
4.3 Technische Ausführung.....	11	4.3 Technical design.....	11
4.4 Sonderausführungen.....	15	4.4 Special versions.....	15
4.5 Ausführungsbeispiele.....	20	4.5 Design examples.....	20
<b>5 Aerosoltransport.....</b>	<b>35</b>	<b>5 Aerosol transport.....</b>	<b>35</b>
5.1 Allgemeine Hinweise.....	35	5.1 General.....	35
5.2 Verluste durch Sedimentation.....	36	5.2 Losses due to sedimentation.....	36
5.3 Verluste durch Trägheit.....	38	5.3 Inertial losses.....	38
5.4 Verluste durch Diffusion.....	39	5.4 Diffusion losses.....	39
<b>6 Änderung des Ladungszustands.....</b>	<b>40</b>	<b>6 Change of the charge state.....</b>	<b>40</b>
6.1 Grundlagen.....	40	6.1 Fundamentals.....	40
6.2 Technische Ausführung von Koronaaufladern.....	46	6.2 Technical design of corona chargers.....	46
<b>7 Trocknung.....</b>	<b>49</b>	<b>7 Drying.....</b>	<b>49</b>
7.1 Allgemeines.....	49	7.1 General.....	49
7.2 Diffusionstrockner.....	49	7.2 Diffusion dryers.....	49
7.3 Trocknung durch Verdünnung.....	50	7.3 Drying by dilution.....	50
7.4 Trocknung durch Erwärmung.....	52	7.4 Drying by heating.....	52
7.5 Definiertes Befeuchten eines Aerosols.....	52	7.5 Defined humidification of an aerosol.....	52
<b>8 Entfernen von unerwünschten Aerosolkomponenten.....</b>	<b>53</b>	<b>8 Removal of undesirable aerosol components.....</b>	<b>53</b>
8.1 Allgemeines.....	53	8.1 General.....	53
8.2 Gasförmige Komponenten.....	54	8.2 Gaseous components.....	54
8.3 Flüchtige und schwerflüchtige Komponenten.....	54	8.3 Volatile and semi-volatile components.....	54
8.4 Ausführungsbeispiele.....	56	8.4 Design examples.....	56
8.5 Catalytic Instruments – CS015 Catalytic Stripper.....	61	8.5 Catalytic instruments – CS015 Catalytic Stripper.....	61

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

VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 4: Analysen- und Messverfahren I

Inhalt	Seite
<b>9 Klassierung</b> .....	64
9.1 Allgemeines .....	64
9.2 Klassierung nach elektrischer Mobilität.....	65
9.3 Klassierung durch Trägheit .....	67
9.4 Klassierung durch Diffusion .....	73
<b>10 Erhöhung der Partikelkonzentration</b> .....	74
<b>11 Anpassung an die Prüfbedingungen</b> .....	75
11.1 Temperaturänderung .....	75
11.2 Druckänderung.....	75
<b>Anhang A Aerosolphysikalische     Grundlagen</b> .....	77
A1 Gaseigenschaften .....	77
A2 Widerstandskraft – Gleichförmige Bewegung von Partikeln .....	78
A3 Beschleunigte Bewegung von Partikeln.....	79
A4 Diffusion .....	80
A5 Thermophorese .....	80
A6 Diffusiophorese.....	80
A7 Elektrisch geladene Partikel.....	81
<b>Anhang B Feuchte Luft</b> .....	82
<b>Anhang C Messaufbau zur Bestimmung der     Übertragungsfunktion eines     Verdünnungssystems</b> .....	84
Schrifttum .....	89

Contents	Page
<b>9 Classification</b> .....	64
9.1 General.....	64
9.2 Classification by electrical mobility.....	65
9.3 Classification by inertia .....	67
9.4 Classification by diffusion .....	73
<b>10 Increasing the particle concentration</b> .....	74
<b>11 Adaptation to test conditions</b> .....	75
11.1 Temperature change.....	75
11.2 Pressure change .....	75
<b>Annex A Principles of aerosol physics</b> .....	77
A1 Gas properties .....	77
A2 Drag force – Uniform movement of particles.....	78
A3 Accelerated motion of particles .....	79
A4 Diffusion .....	80
A5 Thermophoresis .....	80
A6 Diffusiophoresis.....	80
A7 Electrically charged particles.....	81
<b>Annex B Humid air</b> .....	82
<b>Annex C Measurement set-up for     determining the transfer function     of a dilution system</b> .....	84
Bibliography .....	89

## 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](http://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 3491 beschreibt Methoden zur Herstellung von Prüfaerosolen, die z.B. zum Kalibrieren oder Justieren von Partikelmessgeräten (siehe VDI 3867 Blatt 1 bis Blatt 6) oder zur Bestimmung von Abscheide- oder Durchlassfunktionen abscheidender oder trennender Systeme eingesetzt werden können.

Ein Prüfaerosol (in einigen technischen Bereichen auch als „Teststaub“ bezeichnet) im Sinne dieser Richtlinie ist ein Aerosol, dessen für die jeweilige Verwendung relevanten Eigenschaften bekannt sind und dessen Produktionsprozess die Reproduzierbarkeit und Konstanz dieser Eigenschaften im Rahmen der Anforderungen sicherstellt. Dabei umfassen die Eigenschaften des Prüfaerosols sowohl die Eigenschaften der Partikel als auch die Eigenschaften des Trägergases.

Blatt 1 der Richtlinienreihe beschreibt die einzelnen Prinzipien, die zur Erzeugung von Prüfaerosolen eingesetzt werden können. Es definiert die zur Beschreibung eines Prüfaerosols notwendigen Größen und spezifiziert allgemeine Anforderungen an ein Prüfaerosol.

In den Folgeblättern der Richtlinienreihe VDI 3491 werden einzelne Verfahren, zusammengefasst nach dem Prinzip des Aerosolerzeugungsprozesses, näher beschrieben und die Anforderungen verfahrensspezifisch genauer definiert:

- Blatt 2 Dispergierung von Flüssigkeiten
- Blatt 3 Dispergierung von Haufwerken und Feststoffen
- Blatt 4 Kondensationsverfahren
- Blatt 5 Herstellung mithilfe von Verbrennungsprozessen und anderen thermischen Reaktionen

## 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](http://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 3491 describes methods for generating test aerosols that can be used, for example, for the calibration or adjustment of particle measuring instruments (see VDI 3867 Part 1 to Part 6) or for the determination of separation or penetration performance of precipitation or separation systems.

A test aerosol (also referred to as “test dust” in some technical fields) under the terms of this standard is an aerosol whose properties relevant to the application in question are known and whose production process ensures the reproducibility and constancy of these properties in the context of the requirements. The properties of the test aerosol include both the properties of the particles and the properties of the carrier gas.

Part 1 of the series of standards describes the various principles that can be applied to generate test aerosols. It defines the quantities necessary for describing a test aerosol and specifies the general requirements that a test aerosol shall meet.

In the subsequent parts of the series of standards VDI 3491, the methods, grouped according to the principle of the aerosol generation process, are described in greater detail and the requirements are defined with greater precision for the specified methods:

- Part 2 Dispersing liquids
- Part 3 Dispersing solid materials
- Part 4 Condensation methods
- Part 5 Methods using combustion processes and other thermal reactions

VDI 3491 Blatt 6 behandelt Transport und Konditionierung von Prüfaerosolen vor ihrer Anwendung.

Eine Liste der aktuell verfügbaren und in Bearbeitung befindlichen Blätter dieser Richtlinienreihe sowie gegebenenfalls zusätzliche Informationen sind im Internet abrufbar unter [www.vdi.de/3491](http://www.vdi.de/3491).

## 1 Anwendungsbereich

Prüfaerosole finden vielfältige Anwendungsmöglichkeiten bei der Filterprüfung, in der Reinraumtechnik, bei der Kalibrierung, Einstellung oder Überprüfung partikelzählender Messgeräte, in der biologischen und medizinischen Forschung sowie weiteren Bereichen, in denen feine oder ultrafeine Partikel im Fokus stehen. Häufig können dabei die vom Aerosolgenerator produzierten Aerosole nicht direkt eingesetzt werden, sondern bedürfen zuvor des Transports zur Anwendung und der Anpassung an den jeweiligen Anwendungszweck. Diese Richtlinie beschreibt die Probenahme, den Transport und die entsprechenden Konditionierungsverfahren (z.B. Verdünnung, Trocknung, Reinigung), weist auf Vorzüge und Einschränkungen hin und geht auf die mit diesen Prozessen einhergehenden Partikelverluste ein.

Die in dieser Richtlinie beschriebenen Verfahren können auch für andere Aerosole, z.B. Abgase von Verbrennungskraftmaschinen oder atmosphärische Aerosole, eingesetzt werden.

VDI 3491 Part 6 deals with transport and conditioning of test aerosols prior to their application.

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/3491](http://www.vdi.de/3491).

## 1 Scope

Test aerosols are used in a wide variety of applications in filter testing, clean room technology, calibration, adjustment or checking of particle-counting measuring instruments, in biological and medical research and other areas where the focus is on fine or ultrafine particles. Often, the aerosols produced by an aerosol generator cannot be used directly but must first be transported and adapted before being used in a specific application. This standard describes the sampling, transport, and corresponding conditioning processes (e.g., dilution, drying, purification), points out advantages and limitations, and addresses the particle losses associated with these processes.

The processes described in this standard may also be used for other aerosols, e.g., exhaust gases from internal combustion engines or atmospheric aerosols.