

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Reinraumtechnik
Partikelreinheitsklassen der Luft anhand
nanopartikulärer Konzentration (ACnP)
Cleanroom technology
Particulate air cleanliness classes
for nano-scaled particles (ACnP)

VDI 2083
Blatt 1.1 / Part 1.1
Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

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	2	Preliminary note.....	2
Einleitung.....	2	Introduction.....	2
1 Anwendungsbereich	4	1 Scope	4
2 Normative Verweise	4	2 Normative references	4
3 Begriffe	5	3 Terms and definitions	5
4 Klassifizierungssystem	5	4 Classification system	5
4.1 Partikelgrößenkanäle.....	5	4.1 Particle size channels.....	5
4.2 Klassifizierungszahl.....	5	4.2 Classification number.....	5
4.3 Messzeiten	6	4.3 Measurement times.....	6
5 Anforderungen an die technische Ausstattung zur Messung	8	5 Instrumentation requirements	8
6 Vorgehensweise zur Charakterisierung reiner Bereiche und Betriebsmittel	9	6 Procedure for characterising controlled environments and equipment	9
Anhang Anzahl der Zählereignisse und anzuwendende Messzeit	11	Annex Number of counting events and required measurement time	11
Schrifttum	12	Bibliography	12

VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik (GBG)
Fachbereich Technische Gebäudeausrüstung

VDI-Handbuch Reinraumtechnik

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/2083.

Einleitung

In einigen Bereichen der Technik – insbesondere in der (Mikro-)Elektronik, der Lebensmittelindustrie, der Feinmechanik, der Optik, der Luft- und Raumfahrt, der Pharmazie und der Medizin – werden besondere Anforderungen an die Reinheit der Raumluft, des Arbeitsplatzes (Oberflächen, Maschinen, Werkzeuge), der Prozessmedien (Gase, Flüssigkeiten, Chemikalien) sowie der Personen gestellt.

Diese Richtlinie beschränkt sich auf luftgetragene Partikel in einem Größenbereich von 5 nm bis < 100 nm. Hierbei setzt die Richtlinie keinen Fokus auf die gesundheits-/sicherheitstechnischen Aspekte nanoskaliger, luftgetragener Kontaminationen. Hierfür sind die einschlägigen Richtlinien zu berücksichtigen. Kerntechnische Aspekte werden in dieser Richtlinie nicht beleuchtet.

Die verschiedenen Aufgaben und Maßnahmen der Reinraumtechnik werden in der Richtlinienreihe VDI 2083 behandelt. Die Neubearbeitung der Richtlinienreihe VDI 2083 orientiert sich an der Gliederung der DIN EN ISO 14644.

Sowohl Planer, Hersteller als auch Nutzer und Betreiber von reinen Arbeitsbereichen müssen die Anforderung an das Produkt in den jeweiligen Phasen

- Planung (Systemprüfung),
- Produktion/Installation (Systemprüfung),
- Inbetriebnahme (Abnahmeprüfungen vor Ort) 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/2083.

Introduction

In some fields of technology – especially in (micro)electronics, the food industry, precision engineering, optics, aerospace, pharmaceutical, and medical industries – special cleanliness requirements apply with respect to indoor air, workstations (surfaces, machines, tools), process media (gases, liquids, chemicals), and people.

This standard is limited to airborne particles in the size range from 5 nm to < 100 nm. The standard does not focus on the health and safety aspects of nanoscale airborne contamination. The standards relevant in this respect shall be taken into account. Nuclear aspects are not discussed in this standard.

The various tasks and measures of contamination control are dealt with in the series of standards VDI 2083. The revision of the series of standards VDI 2083 is based on the structure of DIN EN ISO 14644.

Planners and manufacturers as well as users and operators of clean work zones shall define the respective product requirements in the phases

- planning (system testing),
- production/installation (system testing),
- commissioning (acceptance tests on site), and

- Betrieb
(Abnahme- und Requalifizierungsprüfungen vor Ort)

gemäß den in dieser Richtlinie genannten Punkten definieren und schriftlich fixieren (Lastenheft, Pflichtenheft, Systemprüfungen, Abnahmekataloge, Standardarbeitsanweisungen für den Betrieb).

Für jede Anwendung/Ausformung eines reinen Arbeitsbereichs ist mithilfe einer Risikoanalyse in den oben angeführten Phasen zu definieren:

- Wer oder was ist zu schützen (Produkt-/Personen-/Umweltschutz)?
- Für welche Partikelgrößen oder welche Partikelgrößenverteilung soll welche Schutzwirkung erreicht werden (maximal zulässige Konzentrationen)?

Diese Festlegungen sind für die Betriebszustände (siehe VDI 2083 Blatt 1)

- „as built“
(ausschließlich Reinraumumgebung),
- „at rest“
(Reinraumumgebung und Produktionsanlage, wobei die Produktionsanlage selbst im Stand-by ist) und
- „in operation“
(Reinraumumgebung und Produktionsanlage, in Betrieb)

zwischen den beteiligten Gruppen (insbesondere Betreiber, Anwender, Dienstleister) zu vereinbaren und messtechnisch zu erfassen.

Zu untersuchen sind:

- in der Umgebung erzeugte Kontaminationen, die unter anderem entstanden sind durch
 - Produkt/Substrat,
 - eingesetzte Anlagen-/Prozesstechnik (insbesondere Equipment, Werkzeuge),
 - darin verbaute Materialien/Werkstoffe,
 - eingesetzte Medien/Hilfsstoffe und
 - Handhabungsvorgänge durch Mitarbeiter

Anmerkung: Mögliche Quellen nanoskaliger Kontaminationen sind unter anderem die Kristallisation, die Ausbildung von Molekülclustern oder der Abrieb zwischen Werkstoffpaarungen.
- Kontaminationen, die über die Lüftung eingebracht werden

Da aufgrund der sehr hohen Abscheideleistung der Schwebstofffilter für nanoskalige Partikel, abhän-

- operation
(acceptance and requalification tests on site)

in accordance with the points referred to in this standard and shall record them in writing (user requirements specification, functional specification, system tests, acceptance catalogues, standard operating procedures).

For each application/implementation of a clean work zone, a risk analysis in the above-mentioned phases shall define:

- Who or what is to be protected (product/personal/environmental protection)?
- Which protective effect shall be achieved (maximum permissible concentrations) for which particle sizes or which particle size distribution?

These specifications shall be agreed between the parties involved (in particular operators, users, service providers) and shall be measured for the occupancy states (see VDI 2083 Part 1)

- “as built”
(cleanroom environment only),
- “at rest”
(cleanroom environment and production plant, with the production plant proper in standby mode), and
- “in operation”
(cleanroom environment and production plant operational).

Tests shall be made for the following contaminants:

- contaminants generated in the environment, which have been caused, among other sources, by
 - product/substrate,
 - the plant/process systems used (in particular equipment, tools),
 - materials used in them,
 - media/supplies used, and
 - handling operations by employees

Note: Possible sources of nanoscale contamination include crystallization, the formation of molecular clusters, or abrasion between pairs of materials.
- contaminants introduced through the ventilation system

Due to the very high filtration efficiency of the particulate air filters for nanoscale particles, de-

gig vom Filtermedium, nur vernachlässigbar wenige Nanopartikel die Filter penetrieren, sind diese im Rahmen der hier gesetzten ACnP-Reinheitsklassen (ACnP: Airborne Cleanliness of nano Particles), im Gegensatz zu den in der Anlage erzeugten Kontaminationen in der Regel vernachlässigbar. Daher besteht ein expliziter Anwendungsfall dieser Richtlinie in der Bestimmung der von den exemplarisch aufgeführten Kontaminationsquellen ausgehenden, nanoskaligen Verunreinigungen. Aus demselben Grund sind Korrelationen/Umrechnungen der in Tabelle 1 dieser Richtlinie aufgeführten Grenzkonzentrationen mit den ISO-Luftreinheitsklassen, wie sie in DIN EN ISO 14644-1 und VDI 2083 Blatt 1 aufgeführt sind, nicht möglich.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie beschreibt die Messung und Klassifizierung der Luftreinheit in Bezug auf Nanopartikel mit Abmessungen von 5 nm bis < 100 nm ($5 \text{ nm} \leq D < 100 \text{ nm}$) ungeachtet von deren Herkunft.

Anmerkung: Der Klassifizierungsraum luftgetragener nanoskaliger Kontaminationen nach dieser Richtlinie liegt unterhalb des Klassifizierungsraums, definiert nach DIN EN ISO 14644-1 (Partikelgrößenbereich $\geq 0,1 \mu\text{m}$ bis $\geq 5,0 \mu\text{m}$). Zur Wahrung der Eindeutigkeit der Klassifizierungen wird eine Überschneidung des Partikelgrößenbereichs, der nach dieser Richtlinie betrachtet wird, mit dem nach DIN EN ISO 14644-1 vermieden.

Diese Richtlinie dient der Sicherstellung des fortlaufenden Betriebs von reinen Umgebungen, dem Monitoring oder einer anwendungsspezifischen Grenzwertüberwachung. Auf ihrer Basis können Kriterien für abgetrennte reine Umgebungen (Isolatoren, Werkbänke, Minienvironments, Transfer-systeme für Produkte, Medien) und Qualifizierungsverfahren definiert werden.

Nach dieser Richtlinie wird vorrangig nicht ein vollständiger Reinraum hinsichtlich der luftgetragenen Konzentration nanoskaliger Partikel klassifiziert, sondern lokale Konzentrationsverhältnisse an spezifisch festgelegten Punkten.

Diese Richtlinie kann zur reinheitstechnischen Bewertung (Qualifizierung) von Isolatoren und Mini-Environments (siehe VDI 2083 Blatt 16.1 und Blatt 16.2) und zur Bewertung von Betriebsmitteln, z.B. Fertigungseinrichtungen und Handhabungssysteme (VDI 2083 Blatt 9.1) angewendet werden und die in diesen Richtlinien beschriebenen Qualifizierungsschritte ergänzen.

pending on the filter medium, only negligible numbers of nanoparticles penetrate the filters. They are therefore generally negligible within the scope of the ACnP cleanliness classes specified here (ACnP: Airborne Cleanliness of nano Particles), in contrast to the contaminants generated in the plant. Therefore, an explicit application of this standard is the determination of the nanoscale contaminants emanating from the contamination sources listed as examples. For the same reason, correlations/conversions between the limit concentrations listed in Table 1 of this standard and the ISO airborne particulate cleanliness classes according to DIN EN ISO 14644-1 and VDI 2083 Part 1 are not possible.

1 Scope

This standard describes the measurement and classification of air cleanliness with respect to nanoparticles measuring from 5 nm to < 100 nm ($5 \text{ nm} \leq D < 100 \text{ nm}$), regardless of their origin.

Note: The classification space for airborne nanoscale contamination according to this standard is below the classification space defined in DIN EN ISO 14644-1 (particle size range $\geq 0,1 \mu\text{m}$ to $\geq 5,0 \mu\text{m}$). In order to keep the classifications unambiguous, an overlap of the particle size range considered according to this standard with that according to DIN EN ISO 14644-1 is avoided.

This standard is intended to ensure the continuous operation of clean environments, monitoring, or application-specific limit value monitoring. On its basis, criteria for separative devices (isolators, clean benches, mini-environments, transfer devices for products, media) and qualification procedures can be defined.

The priority of this standard is not to classify a complete cleanroom in terms of the airborne concentration of nanoscale particles, but rather local concentration ratios at specifically defined points.

This standard can be used for the cleanliness assessment (qualification) of isolators and mini-environments (see VDI 2083 Part 16.1 and Part 16.2) and the assessment of equipment, e.g., production facilities, and handling systems (VDI 2083 Part 9.1) and can supplement the qualification steps described in these standards.