

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Reinraumtechnik
Messung kondensierbarer luftgetragener Substanzen
Cleanroom technology
Measurement of condensable airborne substances

VDI 2083
Blatt 22 / Part 22
Entwurf / Draft
Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

Einsprüche bis 2026-02-28

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

- vorzugsweise über das VDI-Richtlinien-Einspruchsportal <http://www.vdi.de/2083-22>
- in Papierform an
VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik
Fachbereich Technische Gebäudeausrüstung
Postfach 10 11 39
40002 Düsseldorf

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	2	Preliminary note.....	2
Einleitung.....	2	Introduction.....	2
1 Anwendungsbereich.....	3	1 Scope.....	3
2 Begriffe	5	2 Terms and definitions	5
3 Formelzeichen und Abkürzungen	6	3 Symbols and abbreviations	6
4 Kurzbeschreibung	6	4 Brief description	6
4.1 Probenahme	6	4.1 Sampling.....	6
4.2 Analyse	6	4.2 Analysis	6
5 Materialien und Gerätschaften.....	7	5 Materials and equipment.....	7
5.1 Sammelmedium	7	5.1 Collection medium.....	7
5.2 Transport- und Analyseröhrchen.....	7	5.2 Transport and analyser tubes	7
5.3 Basishalterung.....	8	5.3 Base bracket.....	8
5.4 Transferhalterung.....	8	5.4 Transfer holder.....	8
5.5 Thermodesorptionssystem	9	5.5 Thermal desorption system.....	9
5.6 Monitoring der Klimabedingungen (optional).....	10	5.6 Monitoring of climatic conditions (optional)	10
6 Reinigung (Konditionierung), Lagerung und Verpackung.....	10	6 Cleaning (conditioning), storage, and packaging.....	10
6.1 Basis- und Transferhalterung; Transport- und Analyseröhrchen außen.....	10	6.1 Base and transfer holder; transport and analyser tubes on the outside	10
6.2 Sammelmedium; Transport- und Analyseröhrchen innen	11	6.2 Collection medium; transport and analyser tubes inside.....	11
7 Durchführung.....	12	7 Realisation	12
7.1 Probenahme	12	7.1 Sampling.....	12
7.2 Analyse	14	7.2 Analysis	14
8 Berechnung.....	14	8 Calculation	14
9 Prüfbericht.....	15	9 Test report.....	15
10 Qualitätssicherung	16	10 Quality assurance.....	16
Anhang A Messunsicherheit.....	17	Annex A Measurement uncertainty.....	17
Anhang B Sicherheitsniveau bei Grenzwertprüfungen.....	18	Annex B Safety level for limit value tests	18
Schrifttum	20	Bibliography	20

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

Die vorliegende Richtlinie beschreibt ein hochsensitives und dennoch robustes zweistufiges Verfahren zur Sammlung und anschließenden Messung kondensierter molekularer organischer Substanzen aus der Luft von Fertigungsumgebungen, bei denen dieser Parameter im Rahmen einer Fertigungs- und Prozesskontrolle eine wichtige Rolle spielt. Dies kann in Reinräumen, innerhalb von Maschinen und Anlagen (Vakuumkammern, optische Apparate und Anlagen) aber auch in Fertigungen, bei denen die Materialoberflächen für nachfolgende Prozesse eine hinreichende molekulare Sauberkeit aufweisen müssen, wie Beschichten, Härten und Kleben der Fall sein. Das beschriebene Verfahren ermöglicht die Identifizierung, Quantifizierung und Lokalisierung kondensierender molekularer organischer Substanzen („condensables“) und ist damit ein geeignetes Werkzeug zur Prozesskontrolle und Ursachenanalyse.

In Abhängigkeit ihrer Molekülgröße und -eigenschaften und der vorherrschenden Umgebungsbedingungen (Temperatur, Druck) können luftgetragene chemische Kontaminationen (ACC = air cleanliness by chemical concentration) auf Oberflächen kondensieren und von diesen gegebenenfalls auch wieder desorbieren.

Als Bezeichnung für kondensierende Verbindungen hat sich der Deskriptor „cd“ für condensables durchgesetzt. (siehe DIN EN ISO 14644-8). Je nach Gleichgewichtskonstante hinsichtlich Ad- und Desorption der jeweiligen Substanz stellt sich eine Oberflächenkonzentration der Substanz auf dem zu betrachtenden Bauteil über die entsprechende Ex-

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

This standard describes a highly sensitive yet robust two-stage method for the collection and subsequent measurement of condensed molecular organic substances from the air of manufacturing environments where this parameter plays an important role in production and process control. This can be the case in cleanrooms, within machines and systems (vacuum chambers, optical apparatus and systems) but also in manufacturing processes where the material surfaces shall have sufficient molecular cleanliness for subsequent processes, such as coating, hardening and bonding. The method described enables the identification, quantification and localisation of condensing molecular organic substances (“condensables”) and is therefore a suitable tool for process control and root cause analysis.

Depending on their molecular size and properties and the prevailing ambient conditions (temperature, pressure), airborne chemical contaminants (ACC = air cleanliness by chemical concentration) can condense on surfaces and possibly desorb from them.

The descriptor “cd” for condensables has become established as the designation for condensing compounds. (see DIN EN ISO 14644-8). Depending on the equilibrium constant with regard to adsorption and desorption of the respective substance, a surface concentration of the substance is established on the component under consideration over the

positionszeit ein. Die daraus resultierende Kontamination wird als SCC (surface cleanliness by chemical concentration) bezeichnet.

Je nach Kontaminantengruppe handelt es sich dabei meist um organische Kontaminationen oder ionische Verbindungen in Form von Salzen. Partikuläre Kontaminationen sind nicht Bestandteil dieser Richtlinie. Salze auf Oberflächen bilden sich in Zusammenhang mit einem sich unter normalen Bedingungen auf der Oberfläche befindlichen hauchdünnen Wasserfilm aus wenigen Molekülen und sich darin lösenden luftgetragenen Säuren und Basen. Ändert sich die Wasserfilmdicke beispielsweise durch Temperaturschwankungen der Materialoberfläche, können sich durch Auskristallisation der ionischen Verbindungen Salze bilden. Diese Kontaminationsart ist ebenfalls nicht Bestandteil dieser Richtlinie.

Diese Richtlinie gibt eine messtechnische Möglichkeit für die quantitative Bestimmung von kondensierenden chemischen organischen Substanzen nach dem Stand der Technik, die es dem Betreiber von Produktionsprozessen unter kontrollierten Fertigungsbedingungen ermöglicht, sich auf Oberflächen niederschlagende chemisch-organische Kontaminationen SCC(or) aus ursprünglich luftgetragenen chemischen Kontaminationen ACC(cd) zu beherrschen.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie beschreibt eine Methode zur Probenahme und Messung kondensierter chemisch-organischer Kontamination auf Oberflächen. Die Ergebnisse der quantitativ-qualitativen Auswertung liefern Ausgangspunkte für den Schutz von Prozess und Produkt.

Es wird ausdrücklich darauf verwiesen, dass neben Luft auch Prozessgase Träger von luftgetragenen chemischen Verunreinigungen sein können. Infolge einer Kondensation auf Oberflächen können Produkte und Prozesse beeinträchtigt werden. Auch in Vakuumprozessen können Moleküle durch Materialausgasung oder von verunreinigten Oberflächen in das freie Vakuum desorbieren und potenziell auf kritischen, sich im selben Vakuum befindlichen, Oberflächen kondensieren. Solche Oberflächenkontaminationen können negative Auswirkungen auf die Produkte vieler produzierender Industrien haben.

Nicht Bestandteil dieser Richtlinie sind Kontaminationen flüssiger Prozessmedien.

Der Anwendungsbereich der Richtlinie umfasst alle Produktions- und Lagerbereiche, in denen Produkte und Prozesse durch die chemische Ober-

corresponding exposure time. The resulting contamination is referred to as SCC (surface cleanliness by chemical concentration).

Depending on the contaminant group, these are usually organic contaminants or ionic compounds in the form of salts. Particulate contaminants are not included in this standard. Salts on surfaces form in connection with a wafer-thin film of water on the surface under normal conditions, consisting of a few layers of molecules and airborne acids and bases dissolving in it. If the thickness of the water film changes, for example due to temperature fluctuations of the material surface, salts can form due to crystallisation of the ionic compounds. This type of contamination is also not covered in this standard.

This standard provides a metrological possibility for the quantitative determination of condensing chemical organic substances according to the state of the art, which enables the operator of production processes under controlled manufacturing conditions to control chemical organic contaminants SCC(or) deposited on surfaces from originally airborne chemical contaminants ACC(cd).

1 Scope

This standard describes a method for sampling and measuring condensed chemical-organic contamination on surfaces. The results of the quantitative-qualitative evaluation provide starting points for the protection of process and product.

It is expressly pointed out that, in addition to air, process gases can also be carriers of airborne chemical contaminants. Products and processes can be impaired as a result of condensation on surfaces. Even in vacuum processes, molecules can desorb into the free vacuum through material outgassing or from contaminated surfaces and potentially condense on critical surfaces located in the same vacuum. Such surface contamination can have a negative impact on the products of many manufacturing industries.

Contamination of liquid process media is not part of this standard.

The scope of the standard covers all production and storage areas in which products and processes can be influenced by chemical surface cleanliness. This

flächenreinheit beeinflusst werden können. Diese Richtlinie behandelt organische Moleküle einschließlich Silanen und Siloxanen.

Zu diesen Industrien zählen beispielhaft:

- Halbleiterindustrie
- Nanotechnologie
- Mikrosystemtechnik und Leiterplattenfertigung
- Kunststofftechnik
- optische Industrie und Bildgebungsprozesse
- Pharmazie
- Medizin und Medizintechnik
- Oberflächenbehandlung und Oberflächenveredelung
- Nahrungs- und Genussmittelindustrie
- Luft- und Raumfahrt
- Automobiltechnik
- Bau von Komponenten und Einrichtungen zur Telekommunikation und Datenverarbeitung
- chemische Industrie

Als „Reinräume“ im Sinne der Richtlinie gelten z.B.

- Gebäude und Gebäudeteile mit aktiven oder passiven technischen Einrichtungen, die geeignet sind, kontrollierte Bedingungen mit Hinblick auf die Merkmale thermodynamischer Luftzustände, den Gehalt an Luftinhaltsstoffen und der Kontamination von Medien, Oberflächen und Produkten herbeizuführen, sowie
- kleinräumige Umgebungen und Räume innerhalb einer Reinheitskaskade, etwa Produktionszellen wie Mini-Environments/Isolatoren oder Lagerbehälter.

Als Quellen einer chemischen Oberflächenverunreinigung durch Kondensation gelten Luftfremdstoffe,

- die sich im gasförmigen Aggregatzustand oder als (wiederverdampfbare) Aerosole in der betrachteten Umgebung befinden,
- die in der Lage sind, eine Produktoberfläche unmittelbar oder mittelbar, das heißt in einem späteren Prozessschritt, dauerhaft chemisch oder physikalisch zu verändern, etwa im Sinne einer chemischen Reaktion,
- die in der Lage sind, eine Produktoberfläche im flüssigen Aggregatzustand zu verändern, z.B. durch einen Lösungsvorgang, der die Zusammensetzung oder die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Produktes verändert und

standard deals with organic molecules including silanes and siloxanes.

These industries include, for example

- semiconductor industry
- nanotechnology
- microsystems technology and printed circuit board production
- plastics technology
- optical industry and imaging processes
- pharmacy
- medicine and medical technology
- surface treatment and surface finishing
- food and luxury food industry
- aerospace
- automotive engineering
- construction of components and equipment for telecommunications and data processing
- chemical industry

“Cleanrooms” within the meaning of the standards are, for example

- buildings and parts of buildings with active or passive technical installations that are suitable for creating controlled conditions with regard to the characteristics of thermodynamic air conditions, the content of air constituents and the contamination of media, surfaces and products, as well as
- small-scale environments and rooms within a cleanliness cascade, such as production cells like mini-environments/insulators or storage containers.

Air pollutants are considered to be sources of chemical surface contamination through condensation,

- which are in the gaseous aggregate state or as (re-vaporisable) aerosols in the environment under consideration,
- which are able to permanently chemically or physically change a product surface directly or indirectly, i.e. in a later process step, for example in the sense of a chemical reaction,
- which are able to change a product surface in the liquid aggregate state, e.g. by a dissolution process which changes the composition or the physico-chemical properties of the product, and

- die in der Lage sind, die Oberfläche einer biologisch aktiven Einheit zu verändern, z.B. durch eine chemische Reaktion oder einen Lösungsschritt mit Bestandteilen der biologisch aktiven Einheit.

Die chemische Reinheit in der Reinraumlufte wird beschrieben in VDI 2083 Blatt 8.1 und DIN EN ISO 14644-8.

- which are able to change the surface of a biologically active unit, e.g. through a chemical reaction or a dissolution step with components of the biologically active unit.

The chemical purity of cleanroom air is described in VDI 2083 Part 8.1 and DIN EN ISO 14644-8.