

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Reinraumtechnik
Reinheitstauglichkeit von Werkstoffen

Cleanroom technology
Compatibility of materials with the required
cleanliness

VDI 2083

Blatt 17 / Part 17

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

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	3	Introduction	3
1 Anwendungsbereich	6	1 Scope	6
2 Normative Verweise	6	2 Normative references	6
3 Begriffe	7	3 Terms and definitions	7
4 Klassifizierung	13	4 Classification	13
4.1 Partikelemission, Reinraumtauglichkeit von Werkstoffen	13	4.1 Particle emission, cleanroom suitability of materials	13
4.2 Ausgasung	14	4.2 Outgassing	14
4.3 Elektrostatik	16	4.3 Electrostatic characteristics	16
4.4 Reinigbarkeit partikelkontaminierter Werkstoffoberflächen	17	4.4 Cleanability of particle-contaminated material surfaces	17
4.5 Chemikalienbeständigkeit und Korrosionsverhalten von Werkstoffen	19	4.5 Chemical resistance and corrosion behaviour of materials	19
5 Anforderungen	22	5 Requirements	22
5.1 Allgemeine Anforderungen	22	5.1 General requirements	22
5.2 Partikel	22	5.2 Particles	22
5.3 Ausgasung	23	5.3 Outgassing	23
5.4 Elektrostatische Werkstoffeigenschaften	23	5.4 Electrostatic characteristics of materials	23
5.5 Anforderungen an die Reinigbarkeit partikelkontaminierter Werkstoff- oberflächen	23	5.5 Requirements regarding the cleanability of particle-contaminated material surfaces	23
5.6 Chemikalienbeständigkeit	23	5.6 Chemical resistance	23
6 Vorgehensweise zur Prüfung und Abnahme, Messtechnik	23	6 Procedure for testing and acceptance, metrology	23
6.1 Allgemeines	23	6.1 General	23
6.2 Partikelemission	24	6.2 Particle emission	24

VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik (GBG)

Fachbereich Technische Gebäudeausrüstung

VDI-Handbuch Reinraumtechnik

	Seite
6.3 Ausgasung	30
6.4 Elektrostatik	37
6.5 Reinigbarkeit partikelkontaminierter Werkstoffoberflächen.	37
6.6 Chemische Beständigkeit.	40
7 Dokumentation	42
7.1 Reinraumtauglichkeit (Partikelemission).	42
7.2 Partikuläre Oberflächenreinheit/ Reinigbarkeit	42
7.3 Ausgasung	43
7.4 Elektrostatik	43
7.5 Chemikalienbeständigkeit	43
Anhang A Anwendungsbeispiele und typische Anwendungsbereiche zur Richtlinienverwendung	44
A1 Einleitung.	44
A2 Branchenspezifische Kontaminationsarten	44
Anhang B Beispiel zur Bestimmung der Partikelemissionsklasse	46
B1 Exemplarische Prüfstandbeschreibung	46
B2 Rechenbeispiel	47
B3 Auswertung der Messwerte.	53
Anhang C Beispiel zur Bestimmung der Ausgasungsklasse	66
Schrifttum	68
Benennungsindex	71

	Page
6.3 Outgassing	30
6.4 Electrostatic characteristics	37
6.5 Cleanability of particle-contaminated material surfaces	37
6.6 Chemical resistance	40
7 Documentation.	42
7.1 Cleanroom suitability (particle emission)	42
7.2 Surface particulate cleanliness/cleanability	42
7.3 Outgassing	43
7.4 Electrostatic characteristics	43
7.5 Chemical resistance	43
Annex A Application examples and typical fields of application for this guideline	44
A1 Introduction	44
A2 Industry-specific types of contamination	44
Annex B Example of determining the particle emission class	46
B1 Description of exemplary test set-up.	46
B2 Calculation example	47
B3 Analysis of measured data	53
Annex C Example of determining the outgassing class	66
Bibliography	68
Term index	71

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.de/richtlinien), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser VDI-Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/2083.

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.de/richtlinien).

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this guideline.

A catalogue of all available parts of this series of guidelines can be accessed on the Internet at www.vdi.de/2083.

Einleitung

Diese Richtlinie gibt Hinweise zur Planung, Bewertung, Auswahl und Optimierung der Reinheitstauglichkeit von Werkstoffen. Diese Bewertung von Werkstoffen erfolgt in Anlehnung an national und international anerkannte Regelwerke (z.B. nach VDI 2083 Blatt 1 bzw. DIN EN ISO 14644-1 für die Partikelemission, VDI 2083 Blatt 8.1 bzw. DIN EN ISO 14644-8 für das Ausgasungsverhalten).

Die Anforderungen an einzusetzende Werkstoffe sind stark abhängig von der reinraumtechnischen Aufgabenstellung (Produktschutz, Arbeitsschutz, Fertigungsprozess) und vom zulässigen Verunreinigungsniveau. Ziel ist deshalb das Erreichen einer festgelegten Produktqualität bzw. einer erforderlichen Reinheitsklasse.

Das Ziel der vorliegenden VDI-Richtlinie sind standardisierte Vorgehensweisen zur Prüfung/Bewertung von Werkstoffen hinsichtlich ihrer Reinheitstauglichkeit. Weiter beschreibt sie Vorgehensweisen zur systematischen Ermittlung der Belastungsparameter. Damit wird ein praktikabler Weg geschaffen, geeignete Prüfverfahren und Nachweismethoden für die jeweilige reinheitstechnische Problemstellung anzuwenden.

Die standardisierte Ermittlung der Belastungsparameter unter Berücksichtigung einer statistischen Analyse der Ergebnisse soll die Vergleichbarkeit bei der Beurteilung von Werkstoffen ermöglichen. Damit ergibt sich eine Transparenz hinsichtlich der Reinheitseigenschaften von Werkstoffen.

Werkstoffe, die in Reinraumumgebungen eingesetzt werden, und insbesondere Werkstoffe, die mit dem Produkt in Berührung kommen, müssen leicht zu reinigen und erforderlichenfalls zu desinfizieren sein. In Abhängigkeit vom spezifischen Prozess müssen die Oberflächen entsprechend glatt, abriebfest, korrosionsfest und nicht toxisch sein.

Die Qualität des Systems „Reine Fertigung“ ist maßgeblich von den verwendeten Werkstoffen abhängig.

Eine Reinraumumgebung wird mithilfe von Regelwerken zur Beurteilung der Luftreinheit (z.B. DIN EN ISO 14644-1, VDI 2083 Blatt 1) spezifiziert. Darin werden die Größe und die Konzentration von luftgetragenen Partikeln in der Erstluft definiert. Werkstoffe besitzen keine Reinheitsklasse, sondern nur eine Tauglichkeit für den Einsatz in Reinräumen. Diese Tauglichkeit ist u. a. abhängig von den Belastungsparametern der Werkstoffe.

Beispiele für verschiedene Belastungsparameter sind:

- Belastungsdauer
- Temperatur

Introduction

This guideline offers guidance on the planning, evaluation, selection and optimisation of the compatibility of materials with the required cleanliness. This evaluation of materials is based on nationally and internationally acknowledged rules (such as VDI 2083 Part 1 and DIN EN ISO 14644-1 for particle emission, VDI 2083 Part 8.1 and DIN EN ISO 14644-8 for outgassing).

The requirements to be met by the materials to be used will depend significantly on the task to be performed as seen from the viewpoint of cleanroom technology (product protection, health and safety, production process) and on the tolerable level of contamination. Therefore, a specified product quality, or a required cleanliness class, must be achieved.

This guideline aims to specify standardized procedures for the testing/evaluation of materials in terms of their compatibility with the required cleanliness. Further, it describes procedures for the systematic determination of the load parameters. A practical approach is thus provided for applying suitable test and analytical methods to the cleanroom problem at hand.

The standardized determination of the load parameters taking into account a statistical analysis of the results serves to make evaluations of materials comparable. Transparency is thus afforded to the cleanliness properties of materials.

Materials used in controlled environments and particularly materials coming into contact with the product must be easy to clean and, if necessary, to disinfect. Depending on the process in question, surfaces must be smooth, abrasion-resistant, corrosion-resistant and non-toxic.

The quality of the “clean production” system is decisively influenced by the materials used.

A controlled environment is specified using rules for the classification of air cleanliness (such as DIN EN ISO 14644-1, VDI 2083 Part 1). These rules define the sizes and concentrations of airborne particles in the supply air. There is no material-inherent cleanliness class, but only a suitability for use in cleanrooms. This suitability depends, among other things, on the load parameters of the materials.

Examples of various load parameters are:

- duration of load application
- temperature

- Luftfeuchtigkeit
- Oberflächenstruktur
- Relativgeschwindigkeiten
- hertzische Pressung
- eingesetzte Reagenzien

Die Reinheitstauglichkeit von Werkstoffen wird u. a. bestimmt durch das Partikelemissionsverhalten, das Ausgasungspotenzial, die ESD-Eigenschaften, die Korrosionsbeständigkeit/Chemikalienbeständigkeit oder auch die Reinigbarkeit. Aspekte der Reinheitstauglichkeit von Betriebsmitteln werden in VDI 2083 Blatt 9.1 beschrieben.

Die Reinraumtauglichkeit hingegen ist Teil der Reinheitstauglichkeit und beschreibt ausschließlich das Partikelemissionsverhalten (siehe Bild 1).

Die Reinheitstauglichkeit von Werkstoffen sollte schon in der konzeptionellen Phase (Konstruktion, Entwicklung) berücksichtigt werden, um spätere Kontaminationsrisiken und Aufwendungen zu vermeiden.

Da die Reinraum-/Reinheitstauglichkeit von Werkstoffen von unterschiedlichen Belastungsparametern (siehe oben) abhängig ist, sind diese vor Beginn der Untersuchung zu definieren und während der Messungen im Messprotokoll zu dokumentieren. Die Parameter der Reinheitstauglichkeit werden von den prozessspezifischen, reinheitskritischen Bearbeitungsschritten bestimmt. Diese können z.B. das ESD-Verhalten¹⁾, die Emission flüchtiger organischer Substanzen, die Reinigbarkeit oder das Sedi-

- air humidity
- surface structure
- relative velocities
- hertzian contact stress
- chemical agents used

The compatibility of materials with the required cleanliness is determined, among other things, by their particle emission behaviour, outgassing potential, ESD properties, corrosion resistance/chemical resistance and cleanability. Aspects of the compatibility of equipment with the required cleanliness are described in VDI 2083 Part 9.1.

Cleanroom suitability, on the other hand, is part of compatibility with the required cleanliness and deals with particle emission behaviour only (see Figure 1).

The compatibility of materials with the required cleanliness should be taken into account already at the conceptual stage (design, development) so as to avoid subsequent contamination risks and costs.

Given that cleanroom suitability of materials and their compatibility with the required cleanliness depend on various load parameters (see above), these parameters shall be defined prior to testing, and shall be documented during the measurements in the test record. The parameters of the compatibility with the required cleanliness are determined by the process-specific processing steps critical to cleanliness. Examples of these parameters include the ESD¹⁾ behaviour, the emission of volatile organic compounds,

¹⁾ ESD – Electrostatic Discharge (elektrostatische Entladung)

¹⁾ ESD – electrostatic discharge

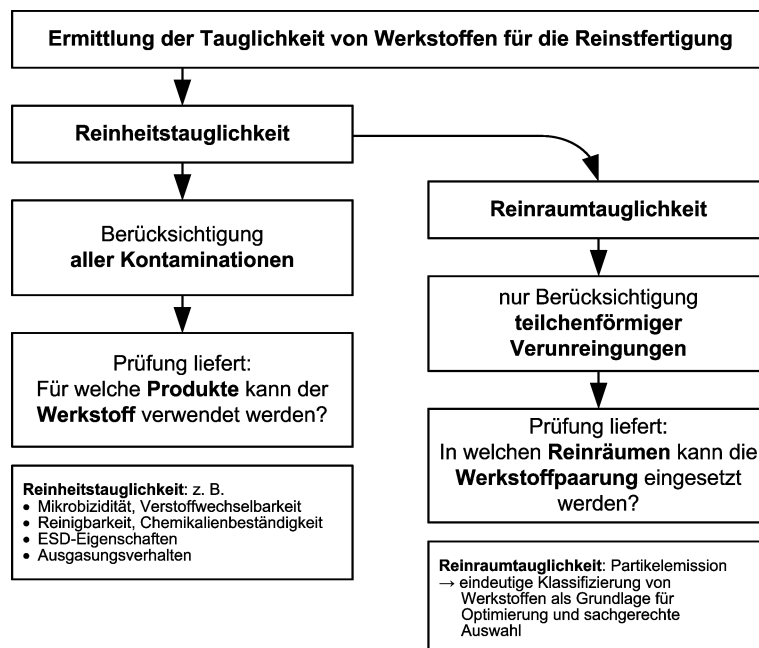


Bild 1. Definitionen der Reinheits- und Reinraumtauglichkeit von Werkstoffen

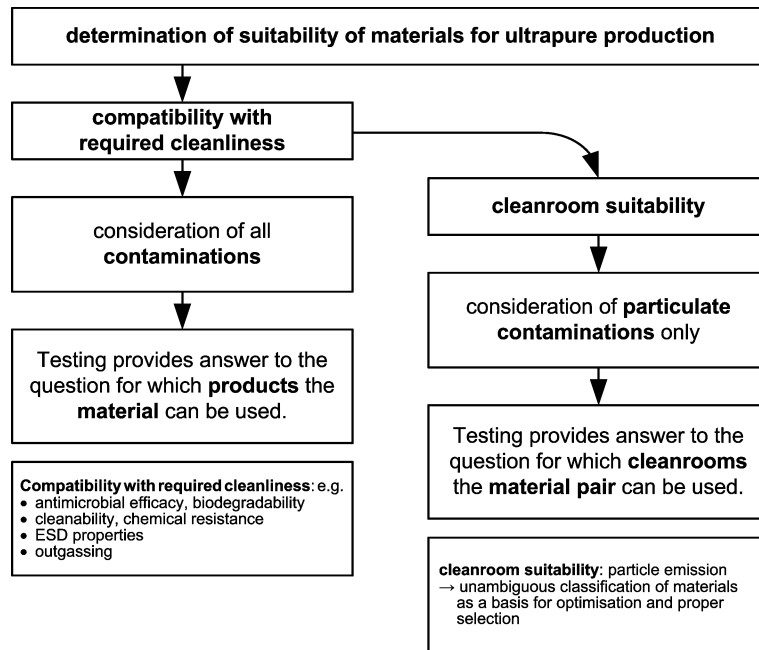


Figure 1. Definitions of compatibility with the required cleanliness and cleanroom suitability for materials

mentationsverhalten teilchenförmiger Verunreinigungen auf technischen Oberflächen sein.

Ein Vergleich von Werkstoffen untereinander bezüglich ihrer Reinraum-/Reinheitstauglichkeit darf somit nur unter Berücksichtigung der Belastungsparameter erfolgen.

Ziel der Reinheitstauglichkeitsuntersuchungen ist es, die Eignung von Werkstoffen für den Einsatz in Reinräumen festzustellen. Dies erfordert die Definition der Umgebungsbedingungen bei Prüfung, Durchführung und Beurteilung der Bestimmung der Reinheitstauglichkeit sowie die Dokumentation. Die statistische Analyse der ermittelten Ergebnisse dient als Mittel zur Qualitätslenkung.

Die Bewertung weiterer physikalischer Verunreinigungen für die Bestimmung der Reinheitstauglichkeit von Werkstoffen erfolgt aufgrund der produkt-spezifischen Reinheitsanforderungen. Dabei werden die den Ausschuss erhöhenden Verunreinigungen des Produkts durch Werkstoffe in seinem System- und Produktraum analysiert. Eine Bewertung eines Werkstoffs wird hier also nur hinsichtlich der Ausschusskriterien der verarbeiteten Produkte vorgenommen.

So kann ein Werkstoff trotz sehr geringer Partikel-emissionen aufgrund seiner elektrostatischen Eigenschaften für Halbleiteranwendungen ungeeignet sein. Derselbe Werkstoff kann jedoch aus Gründen der spezifischen Produkthanforderungen für den Pharmazieeinsatz optimal geeignet sein.

cleanability or the sedimentation behaviour of particulate contaminations on technical surfaces.

Comparing materials to each other in terms of their cleanroom suitability/compatibility with the required cleanliness thus requires that the load parameters are taken into account.

Investigations of compatibility with the required cleanliness serve to establish the suitability of materials for use in cleanrooms. Necessary steps of the procedure for determining the compatibility with the required cleanliness include specifying the ambient conditions of testing, making and analysing the measurements, and documenting. The statistical analysis of the results obtained serves as a quality control tool.

The evaluation of further physical contaminations in order to determine the compatibility of materials with the required cleanliness is carried out based on product-specific cleanliness requirements. This is done by analysing those contaminations of the product by materials encountered in its system and product space which increase the reject rate. A material is thus rated giving exclusive consideration to the reject criteria of the products processed.

For instance, despite very low particle emission, a material can be unsuitable for semiconductor applications owing to its electrostatic characteristics. The very same material, however, can be optimal for pharmaceutical use because of the specific product requirements.

1 Anwendungsbereich

Die vorliegende Richtlinie befasst sich im Wesentlichen mit partikulären, chemischen (molekularen) Emissionen und elektrostatischen Eigenschaften von Werkstoffen sowie der Reinigbarkeit von Werkstoffoberflächen. Biologische und radiologische Oberflächenverunreinigungen sind nicht spezifischer Gegenstand dieser Richtlinie, Gleiches gilt für Prozessmedien.

Anmerkung: Prozessmedien werden in den Richtlinien VDI 2083 Blatt 7 (Medienreinheit) und VDI 2083 Blatt 10 (Reinstmedienversorgungssysteme) behandelt, Reinstwasser in VDI 2083 Blatt 13.1, Blatt 13.2 und Blatt 13.3, Biokontaminationen in VDI 2083 Blatt 18.

Diese Richtlinie beinhaltet die Definition der Reinheitstauglichkeit und Reinraumtauglichkeit von Werkstoffen. Darauf aufbauend erfolgen die Klassifizierungen sowie die Vorgehensweisen zur Feststellung der Eignung für den Einsatz in reinen Produktionsbereichen.

Werkzeuge sind nicht Bestandteil dieser Richtlinie; sie sind in VDI 2083 Blatt 9.1 bewertet. Werkzeuge stellen eine Untergruppe der Werkstoffe dar.

In dieser Richtlinie werden nur flüchtige organische Komponenten (VOC) betrachtet; VVOC und SVOC stehen nicht im Fokus.

In Bezug auf das Partikelemissionsverhalten werden in dieser Richtlinie ausschließlich Werkstoffpaarungen betrachtet, da einzelne, ruhende Werkstoffe im Allgemeinen keine Partikelemissionen erzeugen. Zwischen Festkörpern, die eine Kontaktbewegung mit mindestens einem weiteren Festkörper ausüben, tritt Reibung auf. Reibungsvorgänge sind im Allgemeinen mit Partikelgenerierungsvorgängen verknüpft.

1 Scope

In essence, the present guideline deals with particulate, chemical (molecular) emissions and electrostatic characteristics of materials and the cleanability of material surfaces. Biological and radiological surface contaminations are not the specific topic of this guideline; the same holds for process media.

Note: Process media are dealt with in guidelines VDI 2083 Part 7 (purity of media) and Part 10 (ultrapure media supply systems), water in VDI 2083 Part 13.1, Part 13.2 and Part 13.3, biocontamination in VDI 2083 Part 18.

This guideline provides definitions for the compatibility of materials with the required cleanliness and for the cleanroom suitability of materials. The classifications and the procedures for determining the suitability for use in clean production environments are based on these definitions.

This guideline does not address the evaluation of tools, which has been dealt with in VDI 2083 Part 9.1. Tools are a subset of materials.

This guideline considers but volatile organic compounds (VOC); VVOC and SVOC are not addressed.

Where particle emission behaviour is concerned, this guideline looks at material pairs only, individual materials at rest not generally causing particle emissions. Friction occurs where solid bodies are in contact with at least one other solid body. Friction processes are generally linked to particle generation processes.