

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Reinraumtechnik  
Qualität, Erzeugung und Verteilung von  
Reinstwasser  
Grundlagen

VDI 2083

Blatt 13.1 / Part 13.1

Cleanroom technology  
Quality, production and distribution of  
ultrapure water  
Fundamentals

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 . . . . .	2	Introduction . . . . .	2
<b>1 Anwendungsbereich . . . . .</b>	<b>4</b>	<b>1 Scope . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>2 Normative Verweise . . . . .</b>	<b>5</b>	<b>2 Normative references . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>3 Begriffe . . . . .</b>	<b>6</b>	<b>3 Terms and definitions . . . . .</b>	<b>6</b>
<b>4 Rohwasser . . . . .</b>	<b>15</b>	<b>4 Raw water . . . . .</b>	<b>15</b>
4.1 Allgemeines . . . . .	15	4.1 General . . . . .	15
4.2 Bestandteile von Wasser . . . . .	16	4.2 Constituents of water . . . . .	16
4.3 Wasseranalyse . . . . .	18	4.3 Water analysis . . . . .	18
4.4 Einheiten . . . . .	22	4.4 Units . . . . .	22
4.5 Mikrobiologische Eigenschaften des Rohwassers . . . . .	22	4.5 Microbiological properties of raw water . . . . .	22
<b>5 Grundoperationen der Reinstwassererzeugung . . . . .</b>	<b>24</b>	<b>5 Basic operations of ultrapure-water production . . . . .</b>	<b>24</b>
5.1 Übersicht . . . . .	24	5.1 Overview . . . . .	24
5.2 Verfahren zur Vorbehandlung . . . . .	30	5.2 Pretreatment processes . . . . .	30
5.3 Druckbetriebene Membranverfahren . . . . .	31	5.3 Pressure-driven membrane methods . . . . .	31
5.4 Nanofiltration . . . . .	36	5.4 Nanofiltration . . . . .	36
5.5 Ultrafiltration . . . . .	36	5.5 Ultrafiltration . . . . .	36
5.6 Mikrofiltration . . . . .	37	5.6 Microfiltration . . . . .	37
5.7 Ionenaustauscher . . . . .	37	5.7 Ion exchangers . . . . .	37
5.8 Elektrochemische Verfahren . . . . .	42	5.8 Electrochemical processes . . . . .	42
5.9 UV- und Oxidationsverfahren . . . . .	45	5.9 UV irradiation and oxidation processes . . . . .	45
5.10 Verfahren zur Ent- und Begasung . . . . .	46	5.10 Degassing and gassing processes . . . . .	46
5.11 Prozessspezifische Nachbehandlungsverfahren . . . . .	48	5.11 Process-specific post-treatment processes . . . . .	48
<b>6 Reinstwasserverteilung . . . . .</b>	<b>50</b>	<b>6 Ultrapure-water distribution . . . . .</b>	<b>50</b>
<b>7 Installation, Inbetriebsetzung und Abnahme/Design . . . . .</b>	<b>52</b>	<b>7 Installation, commissioning and acceptance/design . . . . .</b>	<b>52</b>
<b>8 Projektablauf und Dokumentation . . . . .</b>	<b>52</b>	<b>8 Project handling and documentation . . . . .</b>	<b>52</b>
<b>9 Betrieb und Qualitätsüberwachung . . . . .</b>	<b>52</b>	<b>9 Operation and quality monitoring . . . . .</b>	<b>52</b>
<b>10 Wiederverwendung . . . . .</b>	<b>53</b>	<b>10 Reuse . . . . .</b>	<b>53</b>
Schrifttum . . . . .	54	Bibliography . . . . .	54
Index . . . . .	56	Index . . . . .	56

VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung

VDI-Handbuch Technische Gebäudeausrüstung, Band 2: Raumluftechnik

### **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-richtlinien.de](http://www.vdi-richtlinien.de)), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

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

In diesem Zusammenhang wird insbesondere auf die Zusammenarbeit mit der Schweizerischen Gesellschaft für Reinraumtechnik (SRRT) hingewiesen.

Eine Liste der aktuell verfügbaren und in Bearbeitung befindlichen Blätter dieser Richtlinienreihe sowie ergänzende Informationen sind im Internet unter [www.vdi-richtlinien.de/2083](http://www.vdi-richtlinien.de/2083) abrufbar.

### **Einleitung**

In einigen Bereichen der Technik, z.B. in der Mikroelektronik, der Feinmechanik, der Lebensmittelindustrie, der Pharmazie und der Medizintechnik usw., werden besondere Anforderungen an die Reinheit der Raumluft, der eingesetzten Betriebsmittel, des Arbeitsplatzes (Oberflächen, Maschinen, Werkzeuge), der Prozessmedien (Gase, Flüssigkeiten, Chemikalien) sowie der Personen gestellt.

Die verschiedenen Aufgaben und Maßnahmen der Reinraumtechnik zur Absicherung dieser Anforderungen werden im Fachausschuss Reinraumtechnik der VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung in der Richtlinienreihe VDI 2083 beschrieben. Dabei wird auf Vereinbarkeit mit den Festlegungen Internationaler Normen, insbesondere aus der Reihe ISO 14644, geachtet.

Für den in Deutschland historisch gewachsenen und eingeführten Begriff „Reinraumtechnik“ ist im angelsächsischen Sprachraum die Übersetzung „contamination control“ gängig. Dabei ist der angelsächsische Begriff „contamination“ – mit Kontamination übersetzbar – aus der Nuklear- und Kerntechnik bis heute im deutschen Sprachverständnis negativ besetzt. Das Wort „control“, nicht gleichbedeutend mit dem deutschen Wort „Kontrolle“ im Sinne von Überprüfung, bedeutet „Lenkung, Regelung, Minderung“. Der englische Begriff „contamination control“ be-

### **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-richtlinien.de](http://www.vdi-richtlinien.de)).

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

In the context of this guideline, particular attention is drawn to the cooperation with the Swiss Society for Contamination Control (SRRT).

A list of all parts of this series of guidelines currently available or to be published, as well as supplementary information can be obtained on the Internet at [www.vdi-richtlinien.de/2083](http://www.vdi-richtlinien.de/2083).

### **Introduction**

In some fields of technology – examples include microelectronics, precision mechanics, the food and pharmaceutical industries and medical technology, etc. – particular requirements are to be fulfilled by the cleanliness of the room air, the equipment used, the workstations (surfaces, machines, tools), the process media (gases, liquids, chemicals) and the personnel.

The various tasks and methods of cleanroom technology for ensuring compliance with these requirements are described by the Technical Committee for Cleanroom Technology of the VDI Society for Building Services in the series of guidelines under the generic number VDI 2083, giving heed to the compatibility with the specifications of international standards, particularly those of the ISO 14644 series.

For “cleanroom technology”, a term historically grown and well-established in Germany, the English-speaking countries commonly use the equivalent “contamination control”. The German word “Kontamination”, which is one possible translation of “contamination”, still holds a negative connotation originating in nuclear technology. “Control” is not equivalent to the German word “Kontrolle” in the sense of “checking” but means “management, monitoring and adjustment, abatement”. The English term “contamination control” conveys information on the

schreibt die Aufgaben und Inhalte treffender und umfassender als der Begriff „Reinraumtechnik“, da reine Bedingungen nach dem aktuellen Stand der Technik in verschiedenen Umgebungen eingestellt werden können, nicht allein in Räumen, und da weiterhin die Kontaminationsminderung nicht allein mit dem Raum zusammenhängt, sondern auch Aspekte der reinen Medien, reinen Oberflächen, der Prozesstechnik, des Materialflusses, des Personals u.v.a.m. berührt. Dies ist bei der Verwendung des traditionellen Begriffs „Reinraumtechnik“ zu berücksichtigen, das heißt

*Reinraumtechnik ist die Kette aller Maßnahmen zur Verminderung oder Verhinderung unerwünschter Einflüsse auf das Produkt oder den Menschen.*

In diesem Sinn ist auch VDI 2083 Blatt 13 „Reinstwasser“ zu sehen, bestehend aus den Richtlinien

- **Blatt 13.1** Grundlagen
- Blatt 13.2 Mikroelektronik und andere technische Anwendungen
- Blatt 13.3 Life-Science-Anwendungen

Die Aufteilung des Blatts 13 „Reinstwasser“ in drei Teile trägt der Tatsache Rechnung, dass die Anforderungen in den Bereichen der technischen Anwendungen (insbesondere Halbleiter-Fertigung) und der Life-Science-Anwendungen (insbesondere Pharma-Industrie) sehr unterschiedlich sind.

Die Struktur der drei Blätter ist weitgehend parallel aufgebaut und wird in Bild 1 veranschaulicht.

tasks and contents which is more accurate and more comprehensive than that provided by the term “cleanroom technology”, considering that the current state of the art allows to establish clean conditions in various environments rather than in rooms alone, and, furthermore, that contamination reduction does not only relate to the room but also concerns aspects of clean media, clean surfaces, process technology, material flow, personnel, etc. This must be borne in mind when using the traditional term “cleanroom technology”, i.e.

*Cleanroom technology, or contamination control, is the chain of actions taken to reduce or prevent undesirable effects on the product or on man.*

The same applies to the VDI 2083 Part 13 series of guidelines dealing with “Ultrapure water” and comprising the guidelines

- **Part 13.1** Fundamentals
- Part 13.2 Microelectronics and other technical applications
- Part 13.3 Life science applications

Part 13 “Ultrapure water” is subdivided into three parts in recognition of the fact that the requirements differ greatly for the fields of technical applications (particularly in semiconductor production) and life-science applications (particularly in the pharmaceutical industry).

The structure of the three parts is similar to the greatest possible extent and is illustrated in Figure 1.

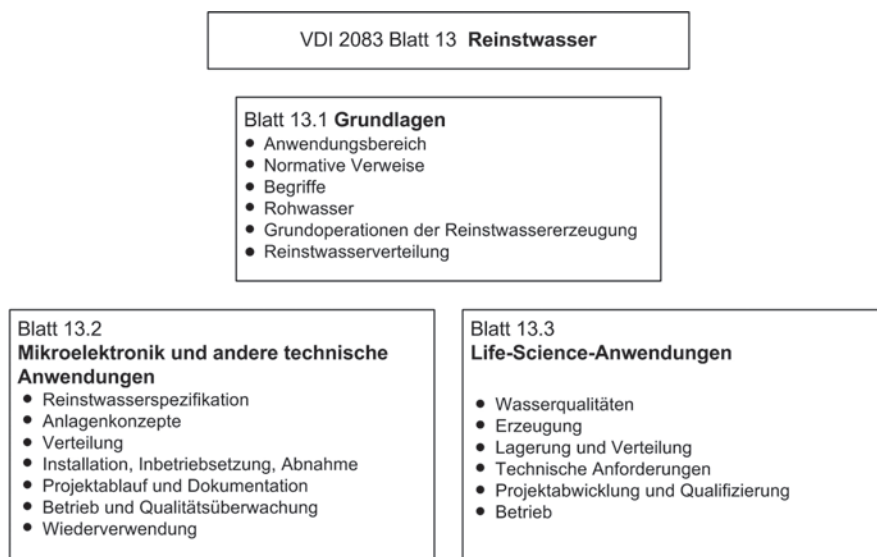


Bild 1. Struktur VDI 2083 Blatt 13

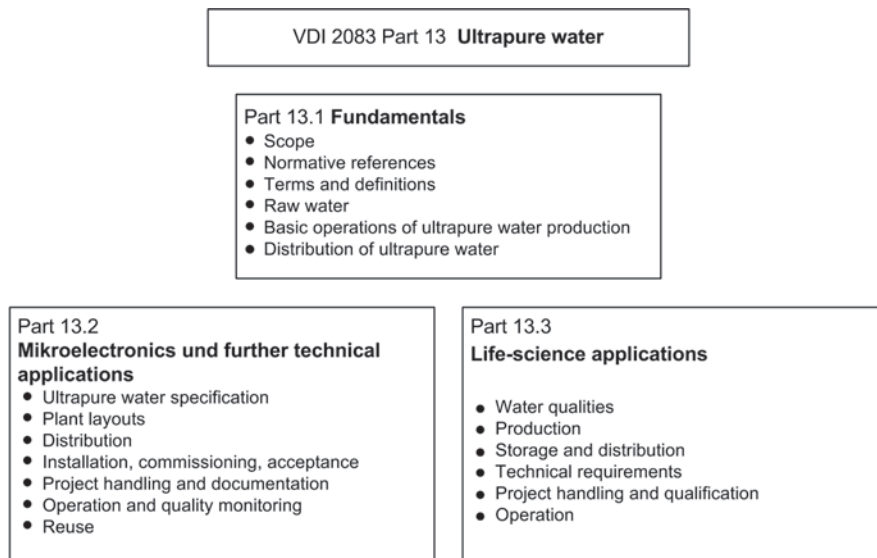


Figure 1. Structure of VDI 2083 Part 13

## 1 Anwendungsbereich

Zweck dieser Richtlinie ist die Zusammenfassung des Wissens bezüglich der Planung, des Baus, dem Betriebs und der Überwachung von Wasseraufbereitungsanlagen zur Erzeugung und Verteilung von Reinstwasser.

Diese Richtlinie gilt für die Qualitätsanforderungen, die Erzeugung und die Versorgung mit Reinstwasser von Prozessen mit hohen Reinheitsanforderungen, wie sie in der Reinraumtechnik verwendet werden. In der Kraftwerkstechnik und Kernkraftwerkstechnik werden ähnliche Prozesse und Systeme verwendet; diese sind aber nicht Gegenstand dieser Richtlinie, da sie an anderer Stelle beschrieben werden.

Das Reinstwasser wird in verschiedenen Anwendungen genutzt:

- einerseits für Reinigungsprozesse und
- andererseits zur Verdünnung von konzentrierten Reinstchemikalien auf Gebrauchslösungskonzentrationen, oder
- es geht in das herzustellende Produkt über.

So werden z.B. kontaminierte Oberflächen vor der Durchführung sensibler Arbeitsprozesse mit Reinstwasser gereinigt.

An das hierzu eingesetzte Reinstwasser werden hohe Anforderungen bezüglich partikulärer, chemischer und biologischer Reinheit bei der Anwendung gestellt.

Im Anwendungsbereich der Mikroelektronik/Halbleitertechnik liegt der Schwerpunkt, bedingt durch die Verkleinerung der Strukturen, auf der Entfernung möglichst aller partikulären, chemischen und biologischen Kontaminationen.

## 1 Scope

This guideline aims to compile the existing expertise regarding the planning, construction, operation and monitoring of water-processing installations for the production of ultrapure water.

It applies to the quality requirements, the production and the supply of ultrapure water for processes with high cleanliness requirements such as those common in cleanroom technology. Similar processes and systems are used in conventional and nuclear power plants; these, however, are not within the scope of this guideline, being described elsewhere.

The ultrapure water is used in various applications:

- on the one hand, for cleaning processes, and
- on the other hand for diluting highly concentrated ultrapure chemicals to working concentrations, or
- as part of a product to be produced.

Contaminated surfaces, for instance, are cleaned using ultrapure water before sensitive processes are carried out.

Ultrapure water shall meet high requirements in terms of particulate, chemical and biological cleanliness when applied.

In the field of microelectronics/semiconductor technology, marked by the downsizing of the structures, the emphasis lies on the removal of all particulate, chemical and biological contaminants to the extent feasible.

Im Bereich der Life Sciences liegt der Schwerpunkt hauptsächlich auf der Entfernung von mikrobiellen und partikulären Kontaminationen und einer Verminderung der Ionenfracht und der organischen Inhaltsstoffe auf festgelegte Grenzwerte.

Im Bereich der Biotechnik, insbesondere für die Molekularbiologie, werden die Kontaminationen wie bei der Mikroelektronik/Halbleitertechnik und beim Pharmawasser vermindert. Dabei können andere Verunreinigungen, z.B. Enzyme und Nukleinsäuren, eine Rolle spielen, die jedoch hier nicht weiter behandelt werden, da sie ebenfalls an anderer Stelle reguliert werden.

Zu beachten sind im Bereich Life Sciences die entsprechenden nationalen und internationalen Rechtsverordnungen.

Die zur Anwendung kommenden Reinstwassersysteme strukturieren sich in:

- Aufbereitung einschließlich Vorbehandlung
- Speicherung und Verteilung
- Nutzung einschließlich Qualitätsmonitoring

Die für die Reinstwasseraufbereitung notwendigen Verfahrensschritte und somit der Systemaufbau werden bestimmt aus der vorliegenden, durch örtliche Gegebenheiten geprägten Rohwasseranalyse und aus der im konkreten Anwendungsfall vorgegebenen Reinstwasserzielanalyse. Umwelttechnische Rahmenbedingungen, z.B. die Forderung nach einem verminderten Chemikalieneinsatz sowie die ortsspezifischen Kosten für Wasser und andere Betriebskosten, beeinflussen ebenfalls die Auswahl der einzelnen Verfahrensschritte.

Die Speicherung und Verteilung wird bestimmt durch die örtlichen Aufstellungsgegebenheiten und die anzuschließenden Nutzungseinheiten.

Allgemein gilt, dass aus einer Vielfalt von Lösungsmöglichkeiten eine wirtschaftliche Lösung erarbeitet werden muss.

Diese Richtlinie ist die Grundlage für die Richtlinien VDI 2083 Blatt 13.2 und Blatt 13.3.

## 2 Normative Verweise

Die vorliegende Richtlinie ist nur gültig in Verbindung mit den nachfolgend aufgeführten Dokumenten:

VDI 2083 Blatt 10:1998-12 Reinraumtechnik; Reinstmedien-Versorgungssysteme

In the field of life sciences, the main focus is on the removal of microbial and particulate contaminants and on reducing the ion load and the organic constituents to specified limits.

In the field of biotechnology, particularly for the purposes of molecular biology, the contaminants are reduced just like in microelectronics/semiconductor technology and in pharmaceutical-water applications; however, other contaminants such as enzymes and nucleic acids may play a part in this case. These are excluded from the scope of this guideline as they are dealt with in other technical rules.

In the field of life sciences, the relevant national and international legal regulations must be observed.

The structure of the ultrapure-water systems used consists of:

- treatment including pretreatment
- storage and distribution
- use including quality monitoring

The process steps required in ultrapure-water treatment, and thus the system structure, depend on the raw-water analysis, affected by the prevailing local conditions, and on the ultrapure-water target analysis specified for the application in question. Basic environmental conditions such as the requirement of reduced use of chemicals and the site-specific cost of water and other operating costs also have an impact on the selection of the individual process steps.

Storage and distribution are determined by the local installation conditions and the consumer units to be connected.

Generally speaking, it is essential that an economic solution be developed from the multitude of possible approaches.

This guideline is the basis for the guidelines VDI 2083 Part 13.2 and VDI 2083 Part 13.3.

## 2 Normative references

This guideline is valid only in conjunction with the documents listed below:

VDI 2083 Part 10:1998-02 Cleanroom technology; High-Purity/Ultra-High-Purity (HP-/UHP-)media supply systems