

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Reinraumtechnik
Energieeffizienz

Cleanroom technology
Energy efficiency

VDI 2083

Blatt 4.2 / Part 4.2

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
1 Anwendungsbereich	3	1 Scope	3
2 Abkürzungen	5	2 Abbreviations	5
3 Energiebedarf von Reinräumen	6	3 Energy demand of cleanrooms	6
3.1 Energierrelevante Parameter und Besonderheiten von Reinräumen	6	3.1 Energy-relevant parameters and cleanroom specifics.	6
3.2 Energieverbraucher	7	3.2 Energy consumers	7
4 Energieoptimierungsmaßnahmen	11	4 Energy-optimising measures	11
4.1 Parameteranalyse als Planungsvoraussetzung	11	4.1 Analysis of parameters as a prerequisite to planning.	11
4.2 Reinraumkonzept/Lüftungskonzept.	11	4.2 Cleanroom/air-handling concept	11
4.3 Kontaminationskontrolle	24	4.3 Contamination control	24
4.4 Reduzierter Betrieb	26	4.4 Reduced operation	26
4.5 Energieanalyse und Energiecontrolling.	28	4.5 Energy analysis and energy controlling	28
4.6 Recyclingkonzepte für Reinstwasser	32	4.6 Recycling concepts for ultrapure water.	32
4.7 Weitere Hinweise	38	4.7 Further guidance	38
Anhang A Branchenbezogene Beispiele (Energieflussdiagramme)	40	Annex A Branch-specific examples (energy flow diagrams).	40
Anhang B Einfluss des Personalverhaltens.	45	Annex B Effects of cleanroom conduct	45
Anhang C Beispiel für eine Energieanalyse mit Variantenvergleich.	46	Annex C Example of energy analysis with comparison of variants	46
Anhang D Witterungsbereinigung von lüftungs- bedingten Energieverbräuchen	51	Annex D Climatic correction of ventilation- related energy consumption values.	51
Anhang E Verfahren zur lastabhängigen Reduzierung des Luftwechsels	57	Annex E Method for load-dependent reduction of air change rate	57
Schrifttum.	59	Bibliography	59

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 VDI-Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (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.

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

Einleitung

Wegen des enormen Luftmengenbedarfs und der hohen Aufbereitungsqualität der Luft gehört die Reinraumtechnik zu den großen industriellen Energieverbrauchern.

Die energetischen Ressourcen sowie umwelttechnische und wirtschaftliche Gründe erzwingen es, mit Energie so sparsam wie möglich umzugehen. Darüber hinaus existieren energiepolitische Vorgaben insbesondere bezüglich

- der Minderung von CO₂-Emissionen (Kyoto-Protokoll) und
- der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, 2002/91/EG (Energy Performance of Buildings Directive – EPBD).

Auf deren Basis wurden eine Vielzahl von Regelwerken geschaffen, die es ermöglichen, über Energiebilanzverfahren den Energiebedarf von neuen und bestehenden Gebäuden zu ermitteln und so den Nachweis für die Einhaltung von Grenzwerten über standardisierte Verfahren zu ermöglichen (z.B. DIN V 18599).

Diese Verfahren sind anwendbar auf Wohngebäude und Nichtwohngebäude, bei denen die Bedürfnisse des Menschen an eine behagliche und gesunde Umgebung bestimmend sind für die Anforderungen an Luftqualität, Raumtemperatur, Raumfeuchte usw., und damit für den Bedarf an Nutzenergie.

Bei Produktionsprozessen, insbesondere im Bereich der Reinraumtechnik, bestimmen aber die Prozessanforderungen und der Luft-, Energie- und Stoffaustausch zwischen Prozess und Umgebung maßgeblich den Nutz- und den Endenergiebedarf. Dieser ist in

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).

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.

Introduction

Due to the huge quantities of air required and the high quality of air conditioning, cleanroom technology is among the large-scale industrial consumers of energy.

Energy resources as well as environmental and economic reasons compel energy to be used as efficient as possible. Furthermore, stipulated energy policy requirements are in place in particular regarding

- the reduction of CO₂ emissions (Kyoto Protocol) and
- the energy performance of buildings, 2002/91/EC (Energy Performance of Buildings Directive – EPBD).

Based on these stipulations, a multitude of regulations have been drafted, which allow to determine the energy demand of new and existing buildings using energy-balancing methods and, thus, to furnish proof of compliance with limits using standardized methods (e.g. DIN V 18599).

These methods are applicable to residential and non-residential buildings where the human need for a comfortable and healthy environment determines the requirements in terms of air quality, room temperature, room humidity, etc., and thus the net energy demand.

In the case of production processes, however, especially in the field of cleanroom technology, it is the requirements imposed by the process and the exchange of air, energy and substances between the process and the environment that determine the net

der Regel, bezogen auf die Nutzfläche, um ein Vielfaches höher als bei den genannten Gebäudearten. Die Abstimmung der Prozesstechnik auf die Prozessanforderungen ist häufig so komplex und individuell, dass die Energieoptimierung nur nachrangig behandelt wird. Eine Standardisierung, wie sie bei anderen Gebäuden z.B. durch den Bezug des Energiebedarfs auf die Energiebezugsfläche möglich ist, kann bei Reinraumfertigungen meist nicht angewendet werden.

Doch auch die Reinraumindustrie will der Verpflichtung zu möglichst hoher Energieeffizienz nicht zuletzt wegen des zunehmenden Kostendrucks im Energiesektor gerecht werden. Diese VDI-Richtlinie soll Energie- und Kosteneinsparpotenziale aufzeigen, die sowohl im Bestand als auch bei der Neukonzeption von Reinraumfertigungsanlagen erschließbar sind, und praktische Hinweise für die Umsetzung geben.

Dabei steht stets die Einhaltung der Prozessanforderungen im Vordergrund.

Energieeffizienz ermöglicht erhebliche Einsparungen bei den Betriebskosten und bietet zugleich prozesstechnische Vorteile. Beispiele sind:

- Konzeption der raumluftechnischen Anlage (z.B. Nutzung von FFU-Technik), siehe Abschnitt 4.2 und Abschnitt 4.2.3
- Konzeption des reduzierten Betriebs für produktionsfreie Betriebsphasen, siehe Abschnitt 4.4.
- Anpassung von Temperatur- und Feuchtebedingungen im Reinraum an aktuelle prozesstechnische Erfordernisse und jahreszeitliche Bedingungen, siehe Abschnitt 4.2

Die in dieser Richtlinie vorgeschlagenen Maßnahmen sind prozess-/branchenbezogen auf ihre Anwendbarkeit zu prüfen. Dies geschieht üblicherweise im Rahmen einer Risikoanalyse.

1 Anwendungsbereich

Diese Richtlinie konzentriert sich auf die reinraum-spezifischen Energieeinsparpotenziale. Die im Reinraum laufenden Prozesse werden in dieser Richtlinie nur an den Schnittstellen zur reinraumspezifischen technischen Gebäudeausrüstung (Lüftungs- und Klimatechnik und Prozessmedien) betrachtet. Dabei wird vorausgesetzt, dass bei der Prozessentwicklung Energieeffizienzkriterien für einen energiesparenden Einsatz im Produktionsbetrieb soweit als möglich berücksichtigt werden, auch wenn es dafür noch keine standardisierten Vergleichskriterien (z.B. Energie-label) gibt.

Exemplarisch wird in dieser Richtlinie das Einsparpotenzial bei Reinstwasser und Reinstdampf betrach-

and final energy demands. As a rule, the final energy demand, referred to the usable floor area, will be a multiple of the demand in the above-mentioned types of buildings. Tailoring process equipment to match the requirements of the process is often such a complicated and individual process that energy optimisation is treated with low priority. Standardization, such as possible for other buildings, e.g. by referring the energy demand to the energy reference area, is not applicable to most cleanroom productions.

Still, not the least because of the increasing cost pressure in the energy sector, the cleanroom industry, too, wishes to comply with the obligation to achieve the highest possible energy efficiency. This VDI Guideline is intended to identify energy- and cost-saving potentials which can be exploited in existing as well as newly designed cleanroom production facilities, and to provide guidance for practical implementation. **Compliance with process requirements remains to the fore.**

Energy efficiency allows considerable savings in operating costs while at the same time offering advantages in process engineering. Examples are:

- conceptual design of the ventilating and air-conditioning system (e.g. by using FFU technology), see Section 4.2 and Section 4.2.3
- conceptual design of reduced operation during non-production times, see Section 4.4.
- matching of temperature and humidity conditions in the cleanroom to actual process requirements and seasonal conditions, see Section 4.2

It must be checked if the measures suggested in this guideline are applicable to the process/branch in question. This is usually done in the context of a risk analysis.

1 Scope

This guideline focuses on the cleanroom-specific energy-saving potentials. The running processes in the cleanroom are considered but at their interfaces with cleanroom-specific building services (ventilating and air-conditioning systems, and process media). In doing so, it is assumed that energy-efficiency criteria for energy-saving use in production have been given utmost consideration in process development, although standardized criteria for comparison (such as energy labels) are not yet available.

By way of example, this guideline examines the saving potentials for ultrapure water and ultrapure steam.