

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEUREBiologische Abgasreinigung
Biowäscher

VDI 3478

Blatt 1 / Part 1

Biological waste gas purification
BioscrubbersAusg. deutsch/englisch
Issue German/English

*Der Entwurf dieser Richtlinie wurde mit Ankündigung im Bundesanzeiger einem öffentlichen Einspruchsverfahren unterworfen.
Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.*

*The draft of this guideline has been subject to public scrutiny after announcement in the Bundesanzeiger (Federal Gazette).
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	4	1 Scope	4
2 Begriffe	7	2 Terms and definitions	7
3 Verfahrenstechnische Grundlagen	16	3 Process-related principles	16
3.1 Verfahrensprinzip	16	3.1 Process principles	16
3.2 Absorption	20	3.2 Absorption	20
3.3 Waschflüssigkeit (Absorbens)	21	3.3 Scrubbing liquid (absorbent)	21
3.4 Biologischer Abbau	22	3.4 Biological degradation	22
4 Kriterien für Auslegung und Konstruktion	29	4 Design and construction criteria	29
4.1 Gesamtanlage	29	4.1 Total system	29
4.2 Auslegung von Biowäscher und Regenerierreaktor	30	4.2 Design of the bioscrubber and regeneration reactor	30
4.3 Konstruktive Merkmale	37	4.3 Structural design features	37
4.4 Nebenanlagen	51	4.4 Auxiliary plants	51
5 Messtechnik, Regel- und Prozessleittechnik	53	5 Measuring, control and process instrumentation	53
5.1 Allgemeines	53	5.1 General	53
5.2 Art der Messwerte	54	5.2 Type of measurement values	54
5.3 Parameter und Verfahren	55	5.3 Parameters and methods	55
5.4 Erst- und Abnahmemessungen	60	5.4 First measurements and acceptance measurements	60
5.5 Laufende Betriebsüberwachung	61	5.5 Continuous monitoring of operation	61
6 Inbetriebnahme, Betrieb und Instandhaltung	63	6 Continuous monitoring of operation	63
6.1 Inbetriebnahme und Übergabe	63	6.1 Commissioning and handover	63
6.2 Betrieb	65	6.2 Operation	65
6.3 Instandhaltung	68	6.3 Maintenance	68

Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL

Fachbereich Umweltschutztechnik

VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 6: Abgasreinigung – Staubtechnik
VDI-Handbuch Biotechnologie

	Seite
7 Technische Gewährleistung	70
7.1 Gewährleistungsvoraussetzungen	70
7.2 Zugesicherte Eigenschaften	72
7.3 Garantie	73
Anhang Interpretation von olfaktometrischen Daten	74
Schrifttum	83

	Page
7 Technical warranty	70
7.1 Prerequisites for warranty	70
7.2 Assured properties	72
7.3 Guarantee.	73
Annex Interpretation of olfactometric data	74
Bibliography	83

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/3478.

Einleitung

Die biologische Wäsche ist neben

- den physikalischen und chemischen Absorptionsverfahren,
- den physikalischen und chemischen Adsorptionsverfahren,
- den rekuperativen und regenerativen thermischen Verbrennungsverfahren,
- den rekuperativen und regenerativen katalytischen Oxidationsverfahren,
- den thermischen und katalytischen Reduktionsverfahren,
- den Kondensationsverfahren und
- der biologischen Abluftreinigung durch Biofilter und Biorieselbettreaktoren (Tropfkörper)

ein bedeutsamer Bestandteil der Techniken zur Minderung gas- und dampfförmiger Emissionen [3; 4; 11; 12].

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/3478.

Introduction

Biological scrubbing is an important technique employed in the reduction of gaseous or vaporous emissions alongside the following [3; 4; 11; 12]:

- physical and chemical absorption methods,
- physical and chemical adsorption methods,
- recuperative and regenerative thermal combustion methods,
- recuperative and regenerative catalytic oxidation methods,
- thermal and catalytic reduction methods,
- condensation methods and
- biological waste air cleaning in biofilters and biological trickle bed reactors (percolating filters).

Falls an einem Standort mehrere Abluftströme aus verschiedenen Quellen mit quantitativ und qualitativ unterschiedlichen Schadstoffbelastungen auftreten, kann es sinnvoll sein, eine quellenspezifische Reinigung mit dem jeweils am besten geeigneten physikalischen, chemischen oder biologischen Verfahren vorzusehen, siehe VDI 3676, VDI 3677 Blatt 1, VDI 3678 Blatt 1, VDI 3679 Blatt 1 und [19; 20; 25; 33; 34].

Bei der Suche nach einem wirksamen und wirtschaftlichen Verfahren zur Reinigung eines gegebenen Abluftstroms sollte zunächst geprüft werden, welche der anderen emissionsmindernden Technologien in eine vergleichende Evaluierung mit einer Biowäscheranlage einzubeziehen sind. Dabei ist von den unterschiedlichen Reinigungsmechanismen auszugehen. Unter diesem Aspekt steht für Biowäscher der Transport der Schadstoffe aus der Gas- in die Flüssigphase sowie ihr anschließender biologischer Abbau durch Mikroorganismen im Vordergrund der Entscheidungskriterien. Daneben spielt die ausreichende Sauerstoffversorgung der Mikroorganismen eine entscheidende Rolle.

Bei den im praktischen Betrieb großtechnischer Biowäscheranlagen auftretenden Schadstoff-Mikroorganismen-Systemen lassen sich nach [20] bezüglich der für die Reinigungsleistung maßgebenden Bedingungen drei charakteristische Betriebszustände unterscheiden:

- Es handelt sich um biologisch gut abbaubare Schadstoffe, sodass die Reinigungsleistung durch den Stofftransport aus der Gasphase in den Biofilm limitiert ist.
- Bei höheren Konzentrationen gut wasserlöslicher und gut biologisch abbaubarer Substanzen wirkt die Diffusion des Sauerstoffs aus der Gasphase durch die Grenzschichten in den Biofilm als bestimmender Parameter auf die Abbaugeschwindigkeit.
- Enthält die Abluft schwer abbaubare Substanzen, so arbeitet das System im kinetischen Bereich, da die biologischen Reaktionen den geschwindigkeitsbestimmenden Teilschritt ausmachen.

Erfahrungsgemäß arbeiten Biowäscher immer unter Bedingungen, die einem der leistungsmindernden Teilschritte entsprechen, sodass ihre bevorzugten Anwendungsgebiete im Bereich niedriger Schadstoffkonzentrationen bis zu einigen Hundert mg/m³ bei hinreichender Wasserlöslichkeit liegen.

Dank dem breiten Spektrum verfügbarer Mikroorganismen sind hinsichtlich der biologischen Abbaubarkeit organischer Verbindungen keine engen Grenzen gesetzt, sodass Biowäscher in der Lage sind, Abluftströme aus den in Tabelle 1 aufgeführten Industriebereichen zu reinigen.

If, at a location, several waste air flows occur from different sources with quantitatively and qualitatively different contaminations, it can make sense to opt for multiple source-specific cleaning methods with those physical, chemical or biological processes that are best suited to each; see VDI 3676, VDI 3677 Part 1, VDI 3678 Part 1, VDI 3679 Part 1 and [19; 20; 25; 33; 34].

When looking for an effective and economical process for purifying a given waste air flow, it should first be investigated which of the other emission-reducing technologies should be included in the comparative evaluation alongside with a bioscrubber plant. This should be based on the different purification mechanisms. Under this aspect, the transport of pollutants from the gas phase into the liquid phase, followed by their biodegradation by microorganisms is key to the decision criteria for bioscrubbers. Alongside this, sufficient oxygen supply to the microorganisms plays an important part.

According to [20], among the pollutant/microorganism systems in practical use in industrial scale bioscrubber plants, we can distinguish three characteristic operation statuses as regards the conditions that influence the scrubbing performance:

- The pollutants are readily biodegradable, so that scrubbing performance is only limited by the mass transfer from the gas phase into the biofilm.
- With higher concentrations of readily water-soluble and biodegradable substances, the diffusion of oxygen from the gas phase through the boundary layers into the biofilm is the determining factor for the degradation rate.
- If the waste air contains poorly degradable substances, the system will work in the kinetic range, since it is the biological reactions that determine the process velocity.

As experience shows, bioscrubbers are always working under conditions that correspond to one of the performance-limiting substeps, so that their most suitable applications lie in situations with low pollutant concentrations up to a few hundred mg/m³ and sufficient water-solubility.

Since the choice of available microorganisms is wide, the biodegradability of organic compounds is not very much limited. Thus, bioscrubbers are able to purify waste air flows from industries as diverse as these shown in Table 1.

Aus der Darstellung zum Stand der Technik von Biowäscheranlagen [1] ergibt sich, dass bei der Projektbearbeitung neben technischen und sicherheitstechnischen auch wirtschaftliche und ökologische Kriterien zu beachten sind, um Anlagen im Sinn einer besten verfügbaren Technik (BVT) zu planen und zu bauen.

Neben projektspezifischen Überlegungen stehen dabei folgende Gesichtspunkte im Vordergrund:

- Eignung des Verfahrens für den konkreten Anwendungsfall
- Wirksamkeit und Zuverlässigkeit der Emissionsbegrenzung
- Vermeidung von Emissionsverlagerungen
- Bewältigung von betriebsbedingten Emissionsschwankungen
- Anlagenverfügbarkeit
- Anlagensicherheit und Umweltverträglichkeit
- Werkstoffbeständigkeit
- Investitionsbedarf, Betriebskosten und Wirtschaftlichkeit
- Betriebsmittelversorgung (z. B. Strom, Frischwasser, Druckluft, Chemikalien, Heizdampf)
- Entsorgungskonzept (z. B. Überschussschlamm)
- Platzbedarf

1 Anwendungsbereich

Die Richtlinie behandelt die Konditionierung und biologische Wäsche von Abluftströmen, die durch gasförmige und/oder partikelförmige feste und flüssige luftfremde Stoffe verunreinigt sind. Bei den vielfältigen Einsatzgebieten steht die Minderung organischer und geruchsintensiver Gase und Dämpfe im Vordergrund, die wasserlöslich und mit hinreichender Geschwindigkeit biologisch abbaubar sind. Bei organischen Lösemitteln reicht der typische Konzentrationsbereich bis etwa 1000 mg/m³.

Die Richtlinie vermittelt einen Überblick über die verfahrenstechnischen Grundlagen, die Auslegung und die konstruktive Ausführung der Anlagen, die Verfahrensvarianten und deren Betrieb sowie typische Anwendungsbeispiele.

Typische Anwendungsbeispiele für Biowäscheranlagen findet man in der Nahrungs- und Genussmittelherstellung, bei Lackieranlagen und anderen Lösemittel verarbeitenden Industrien, bei Gießereien, Tierkörperbeseitigungsanlagen, der Futtermittelindustrie, der Herstellung von Riechstoffen für Kosmetikartikel und Waschmittel sowie in der Holzwerkstoffindustrie (siehe Tabelle 1).

An overview of the state of the art of bioscrubbers [1] shows that, in project execution, economic and ecological criteria must be borne in mind alongside technical and safety issues, in order to plan and erect plants that correspond to the best available techniques (BAT).

Apart from project-specific considerations, the following aspects are dominant:

- suitability of the process for the respective application
- efficiency and reliability in terms of emission control
- avoidance of displacement of emissions
- handling of operation-dependent fluctuations in emissions
- plant availability
- plant safety and environmental compatibility
- material resistances
- investment and operating costs, profitability
- supply of utilities (e. g. electric power, fresh water, compressed air, chemicals, heating steam)
- management of wastes (e. g. excess sludge)
- required space

1 Scope

This guideline deals with the conditioning and biological scrubbing of waste gas flows which are contaminated by gaseous and/or particulate solid and liquid air-polluting substances. In many applications, the focus is placed on the reduction of organic and odour-intensive gases and vapours which are water-soluble and biodegradable at sufficient speed. With organic solvents, the typical concentration range goes as far as about 1000 mg/m³.

The guideline gives an overview over the process-related principles, the design and construction of plants, the process variants and their operation as well as typical application examples.

Typical examples for the application of bioscrubber plants can be found in the food, beverage and tobacco industries, in paint shops and other solvent-processing industries, in foundries, animal carcass disposal, in the feed industry, in cosmetics and detergent fragrance manufacture and in wood products industry (see Table 1).