

# Biofilter zur Reinigung lösemittelhaltiger Abluft

Sonderdruck

Mai 2013

G 20633

## Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft

### Air Quality Control

Herausgeber: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV)  
und Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN – Normenausschuss KRdL



#### **Biofilter**

Abbau methanhaltiger Gase

Biofilter in der Tierhaltung

Biofiltertechnologie in Asien  
und Amerika

#### **Epoxidharz**

Maßnahmen zur Absenkung  
des Allergierisikos

#### **Isocyanat**

Messung an Arbeitsplätzen

 Springer  
VDI Verlag

  
**REINLUFT**  
UMWELTECHNIK

# Biofilter zur Reinigung von lösemittelhaltiger Abluft

F. Sabo, S. Prechel

Die Umsetzung der 31. Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) [1], die aus der EU-VOC-Verordnung hervorging [2], schreibt lackverarbeitenden Betrieben und Lackherstellern strenge Grenzwerte für ihre Abluftemissionen vor. Spätestens seit Herbst 2007 müssen alle Anforderungen der 31. BImSchV [1] erfüllt werden; Ende Oktober 2013 endet die Übergangsfrist für die bei Inkrafttreten der Verordnung bestehenden Abluftreinigungsanlagen.

In der Europäischen Richtlinie findet sich nur der Grenzwert und es obliegt dem Verarbeiter, wie er diesen realisiert – ob durch Verbesserung der Applikationswirkungsgrade, durch lösemittelärmere Produkte oder durch Abgasreinigung. Die 31. BImSchV besagt jedoch eindeutig, dass die Grenzwerte nur erreichbar sind, wenn eine Abluftreinigungstechnik eingesetzt wird [1]. Diese Abluftreinigung muss dann alle verbrauchten Lösemittel erfassen, mit Ausnahme nur geringer erlaubter „diffuser“ Reste (**Bild 1**). Wenn der Wert für diese diffuse Emission beispielsweise 20 % beträgt, müssen 80 % des Lösemittelverbrauchs durch Abluftreinigung erfasst und behandelt werden. Nur durch den Satz „Nicht behandelte, gefasste Abluft ist wie diffuse Abluft zu betrachten“ ergibt sich in der Konsequenz, dass alle Lackverarbeiter gezwungen sind, ihre Spritzkabinenabluft zu behandeln. So ist nicht nur die Trocknerabluft der Abluftreinigung zuzuführen, sondern i. d. R. auch die Spritzkabinenabluft, weil nur so die geforderte Behandlungsquote erreicht wird. Das ist eine drastische Verschärfung gegenüber der europäischen Vorgabe. In vielen Fällen gibt es keine lösemittelfreie Alternative oder es kann nur mit Qualitätseinbußen auf andere Verfahren umgestiegen werden. Technisch gesehen ist die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte allerdings problemlos möglich. Zunehmend wird jedoch hinterfragt, mit welchem technischen und wirtschaftlichen Aufwand dieses Ziel erreicht wird. In diesem Beitrag werden Anlagenbeispiele aufgezeigt, bei denen zunächst eine Verbrennungstechnik zur Abluftreinigung erwogen oder bereits umgesetzt wurde, die jeweiligen Firmen sich dann aber für ein biologisches Verfahren entschieden haben. Zwar lassen sich die Grenzwerte mit thermischen Verfahren auch problemlos erreichen, jedoch läuft die Verbrennung der Abluft erst ab einem Lösemittelanteil von ca. 1 500 mg/m<sup>3</sup> autotherm. Beträgt der Lösemittelanteil der Abluft im Mittel beispielsweise nur 500 mg/m<sup>3</sup>, dann muss die doppelte Menge an teuren Stützbrennstoffen wie Gas oder Öl zugeführt werden. Ein weiterer Aspekt ist der zusätzliche Ausstoß von Kohlendioxid, der durch die Mitverbrennung dieser Stützbrennstoffe entsteht. Künftige CO<sub>2</sub>-Abgaben auf dieses klimarelevante Gas befinden sich in der Diskussion.

Hier sind biologische Abluftreinigungsanlagen wie Biofilter im Vorteil [3] (**Bild 2**). Sie benötigen für den regulären Betrieb ausschließlich Wasser. Zudem arbeiten sie – abgesehen von der zusätzlichen Lüfterleistung – CO<sub>2</sub>-neutral. Abluft-



Bild 1. Beispiel einer der dachaufgestellten Anlage zur Reinigung von Abluft aus mehreren Spritzständen und Trocknern. Rohgaskonzentration: ca. 600 mg/m<sup>3</sup>, Volumenstrom: ca. 10 000 m<sup>3</sup>/h.

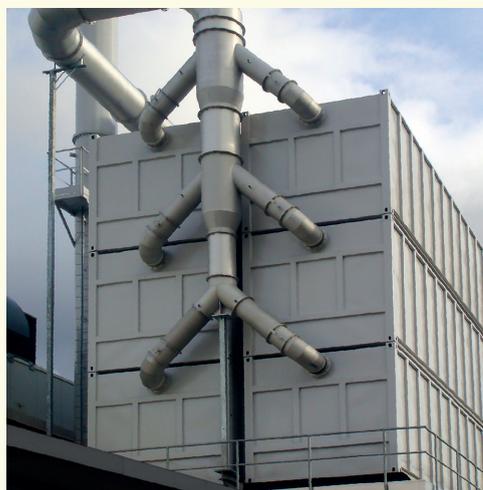


Bild 2. Mehrstufig aufgebautes System bestehend aus einem biologischen Wäscher, Belebungsbecken und Denitrifikationszone zur Reinigung lösemittelhaltiger Abluft von vier Aluminiumbeschichtungsanlagen und Trocknern. Rohgaskonzentration: ca. 350 mg/m<sup>3</sup>, Volumenstrom: ca. 65 000 m<sup>3</sup>/h.

ströme mit wenigen Hundert bis über 300 000 m<sup>3</sup>/h lassen sich so behandeln und die Reinigungsanforderungen der Lösemittelrichtlinie sicher einhalten. Eine wichtige Voraussetzung hierfür ist die Kapselung der Biofilter und die damit einhergehende Vermeidung von Außeneinflüssen. Durch diesen kontrollierbaren Reaktionsraum können die biochemischen Prozesse entscheidend stabilisiert und verbessert werden. Das in den 1990er-Jahren entwickelte Hochleistungsbiofilter „System REINLUFT“ stellt eine Symbiose verschiedener Anforderungen dar. Durch intensive For-

Prof. Dr.-Ing. Franjo Sabo, Dipl.-Ing. Stefan Prechel,  
REINLUFT Umwelttechnik Ing. GmbH, Stuttgart.



**Bild 3.** Jeweils zwei der sechs Biofilter dieser Anlage eines Schraubenbeschichters werden zur Erreichung einer verbesserten Durchströmung hintereinander durchströmt. Rohgaskonzentration: ca. 1 000 mg/m<sup>3</sup>, Volumenstrom: ca. 12 000 m<sup>3</sup>/h.



**Bild 4.** Biofilter mit vorgeschaltetem Biowäscher zur Abluftbehandlung eines Metallbeschichters. Rohgaskonzentration: ca. 800 mg/m<sup>3</sup>, Volumenstrom: ca. 14 000 m<sup>3</sup>/h.

Damit stellt sich eine turbulenterere Durchströmung der Filterschüttung ein. Durch die verbesserte Durchströmung wird ein deutlich verbesserter Stoffübergang der Schadstoffe von der Gas- in die Flüssigphase erreicht. Das heißt, dass mehr Schadstoffe im gleichen Volumen in der Filterschüttung sorbiert und durch die Mikroorganismen eliminiert werden können. Diese Optimierung ist in solchen Fällen relevant, in denen die Gesamtumsetzung, d. h. die Eliminationsleistung des Filters, vom Stofftransport limitiert wird. Die Anlage kann kleiner gebaut werden. Weiterhin können verschiedene, speziell an die jeweils gegebenen Bedingungen angepasste Filtermaterialien zum Einsatz gebracht werden. Damit kann den Milieubedingungen, die für den optimalen mikrobiellen Abbau der unterschiedlichen Substanzgruppen notwendig sind, Rechnung getragen werden. Hier spielen u. a. der pH-Wert, die Pufferkapazitäten und die verfügbaren spezifischen Oberflächen eine Rolle. Geschlossene Biofiltersysteme werden mit deutlich höheren Filtervolumenbelastungen als offene Flächenbiofilter betrieben. Vorübergehende Störungen in der dem Biofilter vorgeschalteten Abluftbefeuchtung beeinträchtigen die Funktion geschlossener Biofiltermodule weniger und werden zudem durch die Beregnungseinheit des Filtermaterials effektiv kompensiert. Die Gefahr von Durchbruchströmungen kann durch die Reihenschaltung von Filterbetten eliminiert werden. Somit kann auch die Filterleistung bei Störungen auf hohem Niveau erhalten bleiben. Im industriellen Anwendungsfeld, in dem zudem hohe gesetzliche Anforderungen eingehalten werden müssen, ist diese Fehlertoleranz von entscheidender Bedeutung.

schungsarbeiten in Zusammenarbeit mit der Universität Stuttgart und der Fachhochschule Wiesbaden konnten sowohl für den Bereich der Mikrobiologie als auch für den Stofftransport und die Strömungsmechanik Optimierungsmaßnahmen realisiert werden. Die Basis bilden geschlossene, luft- und wasserdichte Biofiltermodule, die an die Abmaße von Normcontainern angelehnt sind. Damit sind die Einzelmodule einfach transportierbar und handhabbar. Bei den klassischen Biofilterkonzepten besteht eine Biofilteranlage aus einem Ventilator, einer Befeuchter- oder Wäschereinheit und einem Biofilterbett. Damit waren bisher alle Abbauprozesse auf eine Filterschüttung konzentriert. Da bei industriellen Anwendungen im Lösemittel häufig ein komplexes Vielstoffgemisch mit zum Teil hohen Konzentrationen von Einzelkomponenten vorliegt, kann durch ein mehrstufiges Verfahren ein deutlich verbesserter Abbau ermöglicht werden (**Bild 3**). Liegen hohe Konzentrationen von leicht und schwer abbaubaren Verbindungen zeitgleich vor, werden bevorzugt die einfach abzubauenen Verbindungen verstoffwechselt, bevor die Mikroorganismen die komplexeren Verbindungen umsetzen. Diesem Phänomen der Diauxie und der konkurrierenden Abbauprozesse wird durch die o. g. räumliche Trennung Rechnung getragen. Diese kann beispielsweise auch durch eine Kombination aus Biowäscher und Biofilter erreicht werden (**Bild 4**), in der bereits die Wäschereinheit einen Teil der biologischen Abbauleistung übernimmt. Der Abbau der schlechter wasserlöslichen Schadstoffe erfolgt dann weitgehend im nachgeschalteten Biofilter. Im Falle der Serienschaltung von Biofiltermodulen kann diese räumliche Trennung entweder in einem Modul erfolgen oder durch Hintereinanderschaltung mehrerer Module realisiert werden. Welche Form zur Anwendung kommt, hängt von den örtlichen Gegebenheiten ab. In der praktischen Anwendung bedeutet diese Betriebsform, dass die Abluft mit der doppelten Strömungsgeschwindigkeit durch das Biofiltermaterial strömt und dabei einen längeren Weg im Material zurücklegt.

damit stellt sich eine turbulenterere Durchströmung der Filterschüttung ein. Durch die verbesserte Durchströmung wird ein deutlich verbesserter Stoffübergang der Schadstoffe von der Gas- in die Flüssigphase erreicht. Das heißt, dass mehr Schadstoffe im gleichen Volumen in der Filterschüttung sorbiert und durch die Mikroorganismen eliminiert werden können. Diese Optimierung ist in solchen Fällen relevant, in denen die Gesamtumsetzung, d. h. die Eliminationsleistung des Filters, vom Stofftransport limitiert wird. Die Anlage kann kleiner gebaut werden. Weiterhin können verschiedene, speziell an die jeweils gegebenen Bedingungen angepasste Filtermaterialien zum Einsatz gebracht werden. Damit kann den Milieubedingungen, die für den optimalen mikrobiellen Abbau der unterschiedlichen Substanzgruppen notwendig sind, Rechnung getragen werden. Hier spielen u. a. der pH-Wert, die Pufferkapazitäten und die verfügbaren spezifischen Oberflächen eine Rolle. Geschlossene Biofiltersysteme werden mit deutlich höheren Filtervolumenbelastungen als offene Flächenbiofilter betrieben. Vorübergehende Störungen in der dem Biofilter vorgeschalteten Abluftbefeuchtung beeinträchtigen die Funktion geschlossener Biofiltermodule weniger und werden zudem durch die Beregnungseinheit des Filtermaterials effektiv kompensiert. Die Gefahr von Durchbruchströmungen kann durch die Reihenschaltung von Filterbetten eliminiert werden. Somit kann auch die Filterleistung bei Störungen auf hohem Niveau erhalten bleiben. Im industriellen Anwendungsfeld, in dem zudem hohe gesetzliche Anforderungen eingehalten werden müssen, ist diese Fehlertoleranz von entscheidender Bedeutung.

**Literatur**

- [1] 31. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Anlagen) vom 21. August 2001. BGBl. I, S. 2180, zul. geänd. durch Art. 2 der Verordnung vom 20. Dezember 2010. BGBl. I, S. 2194.
- [2] Richtlinie 1999/13/EG des Rates vom 11. März 1999 über die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen, die bei bestimmten Tätigkeiten und in bestimmten Anlagen bei der Verwendung organischer Lösungsmittel entstehen. ABl. EG (1999) Nr. L 85, S. 1-22.
- [3] VDI 3477: Biologische Abgasreinigung – Biofilter. Berlin: Beuth 2004.

