

# Biofilter der nächsten Generation

Sonderdruck

www.industrie-service.de

# wlb

G 19096

# 6

JUNI  
2006

Wasser, Luft und Boden · Zeitschrift für Umwelttechnik

**Titel:**  
**Biofilter der  
nächsten  
Generation**

**Wasser-/Abwassertechnik:**  
Abwasserfiltration in der  
Chemieindustrie

Regenwassernutzung im  
Stuttgarter Stadion



**Luftreinhaltung:**  
Hochleistungsbiowäscher  
gegen Gerüche und Lösemittel  
Schadstoffemissionen mit  
FTIR bestimmen

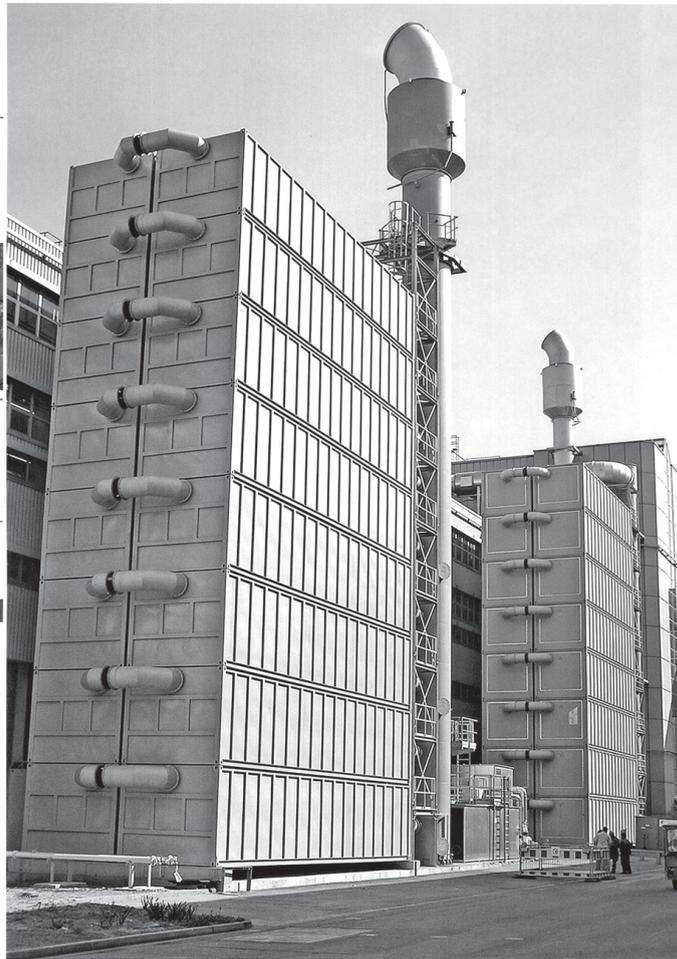
**Abfalltechnik:**  
Quantensprung in der  
Sortier-Analytik

Mit Supplement:

**TerraTech**



VEREINIGTE  
FACHVERLAGE



  
**REINLUFT**  
**UMWELTTECHNIK**



# Biofilter der nächsten Generation

**Intelligentes Anlagendesign steigert deutlich die Abbauraten für Schad- und Geruchsstoffe**

*Thorsten Schneider, Stefan Prechel,  
Franjo Sabo*

**Die Ergebnisse intensiver Forschungsarbeiten in Verbindung mit langjährigen Betriebserfahrungen haben die Biofiltertechnologie in den letzten Jahren revolutioniert. Das zunehmende Wissen und Verständnis der Hintergründe des biologischen Abbaus sowie der Stofftransport- und Strömungsprozesse im Filter ermöglichen die gezielte Anpassung der Biofilter sogar auf Anwendungen, die bisher nur physikalisch-chemischen oder thermischen Verfahren vorbehalten waren.**

**Autoren:** Dipl.-Biol. Thorsten Schneider und Dipl.-Ing. Stefan Prechel, Reinluft Umwelttechnik Ing. GmbH, Stuttgart; Prof. Dr.-Ing. Franjo Sabo, FH Wiesbaden (Professur am Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik, FG Abluftreinigung), Rüsselsheim

Die wesentlichen Fortschritte werden durch neue Wege in der Kombination von Verfahrenstechniken, der Optimierung der Biofiltertechnik sowie der Entwicklung intelligenter Steuerungstechniken erreicht. Diese Optimierungen tragen zur verbreiterten Akzeptanz des Biofilters als Stand der Technik bei – auch unter den neuen verschärften Gesetzesvorgaben. Mit all diesen Verbesserungen bleibt der wichtigste Vorteil erhalten: Es ist nach wie vor das kostengünstigste Abluftreinigungsverfahren. Nachfolgend werden diese Entwicklungen an konkreten Beispielen vorgestellt.

## Allgemeine Betrachtungen

Intensive F&E-Arbeiten, insbesondere in der Verfahrens- und Regelungstechnik von biologischen Anlagen, haben zahlreiche Innovationen in der Biofiltertechnologie ermöglicht. In einigen Bereichen konnten durch diese Verbesserungen kostenintensive physikalisch-chemische oder thermische Abluftreinigungsverfahren ersetzt werden. Hier spielen neben den gesamtökologischen Vorteilen die deutlich niedrigeren Investitions- und vor allem die deutlich niedrigeren Betriebskosten eine Rolle.

Tatsache ist, dass sich das Biofilter als Stand der Technik etablieren konnte. Der Grund hierfür ist in der Kapselung der Biofilter und der damit einhergehenden Vermeidung von Außeneinflüssen zu sehen. Durch diesen kontrollierbaren Reaktionsraum können die biochemischen Prozesse entscheidend stabilisiert und verbessert werden. Einen wesentlichen Anteil an dieser Entwicklung trägt auch das Anfang der 90er-Jahre entwickelte, moderne Hochleistungsbiofilter „System Reinluft“.

Dieses in großtechnischen Forschungsvorhaben entwickelte und seitdem permanent verbesserte System stellt die konsequente Symbiose verschiedener Anforderungen dar. Durch intensive Forschungsarbeiten in Zusammenarbeit mit der Universität Stuttgart und der Fachhochschule Wiesbaden konnten sowohl für den Bereich der Mikrobiologie wie auch für den Stofftransport und die Strömungsmechanik Optimierungsmaßnahmen realisiert werden.

Die Basis bilden geschlossene Biofiltermodule, die an die Abmaße der DIN-ISO-Normcontainer angelehnt sind. Damit sind die Einzelmodule einfach transportierbar und manipulierbar. Weiterhin sind diese Chassis selbsttragend und können

◀ **Bild 1:** Mehrstufiges Biofilter mit unterschiedlichen pH-Werten, Agrana Stärkefabrik, Aschach/Österreich, Abluftvolumen 45 000 m<sup>3</sup>/h



**Bild 2:** Zweistufige Biofilteranlage, DaimlerChrysler AG, Abluftvolumen 120 000 m<sup>3</sup>/h ▶



**Bild 3:** Frontansicht des Biofilters der BMW AG, Standort Regensburg, Abluftvolumen 10 000 m<sup>3</sup>/h

bereits in der Standardversion mehrfach gestapelt werden.

Randgängigkeiten der Abluft werden durch entsprechend angepasste Einbauten unterbunden. Durch den gekapselten Reaktionsraum können die Filtermaterialien für jeden Anwendungsfall optimal zusammengestellt und Materialien mit sehr großen spezifischen Oberflächen für den Stoffaustausch und die Besiedelung eingesetzt werden.

Weitere Leistungssteigerungen lassen sich durch Serienschaltungen von Biofilteranlagen erreichen. Durch die Vielzahl an Erkenntnissen aus realisierten Anwendungen mit hohen bis sehr hohen Anforderungen an die Abbauleistungen liegt ein großes Erfahrungspotenzial vor. Die wissenschaftliche Auswertung dieser Ergebnisse belegt, dass eine mehrstufige Anordnung der Filtereinheiten einen weiteren entscheidenden Leistungssprung ermöglicht.

Bei den bisherigen 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 häufig ein komplexes Vielstoffgemisch mit zum Teil hohen Konzentrationen an Einzelkomponenten vorliegt, kann durch ein mehrstufiges Verfahren ein deutlich besserer Abbau ermöglicht werden.

Liegen hohe Konzentrationen an 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 oben genannte räumliche Trennung Rechnung getragen.

Diese kann beispielsweise auch durch eine Kombination aus Biowäscher und Biofilter erreicht werden, in der bereits die Wäschereinheit einen Teil der biologischen Abbauleistung übernimmt. Der Abbau der schlechter wasserlöslichen Schadstoffe erfolgt dann weitestgehend 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 turbulente Durchströmung der Filterschüttung ein. Durch die Turbulenzen wird ein deutlich verbesserter Stoffübergang der Schadstoffe von der Gasphase in die Liquidphase 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.

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 Filtervolumenbelas-

tungen 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 Störfällen auf hohem Niveau erhalten bleiben. Im industriellen Anwendungsfeld, in welchem zudem hohe gesetzliche Anforderungen eingehalten werden müssen, ist diese Fehlertoleranz von entscheidender Bedeutung. Dies ist auch einer der Hauptgründe, warum sich beide Bauformen mit großem Erfolg in der Praxis bewährt haben.

Die in **Bild 2** dargestellte Biofilteranlage wurde im Jahr 2005 bei einem Automobilhersteller installiert und in Betrieb genommen. Diese Anlage reinigt 120 000 m<sup>3</sup>/h Gießereiabluft. Zu den Besonderheiten der Anlage zählen die zweistufige Ausführung sowie die flächensparende, kompakte Aufstellung. Die komplette Biofilteranlage (inklusive Vorabscheider) wurde auf einer Fläche von ca. 250 m<sup>2</sup> errichtet. Davon entfallen auf das eigentliche Biofilter nur ca. 110 m<sup>2</sup>. Durch die achtfache Stapelung konnte damit auf kleinstem Raum eine aktive Filterfläche von über 600 m<sup>2</sup> oder mehr als 1100 m<sup>3</sup> Filtermaterialvolumen realisiert werden. Insgesamt reinigt diese Biofilteranlage zusammen mit ihrer im Jahr 2003 in Betrieb genommenen „Schwesteranlage“ 220 000 m<sup>3</sup>/h Gießereiabluft.

In einer anderen Anwendung, installiert im Jahr 2003 bei einem bayerischen Automobilhersteller, wurde die Kombination Biowäscher mit nachgeschaltetem zweistufigem Biofilter realisiert (**Bild 3**). Diese An-

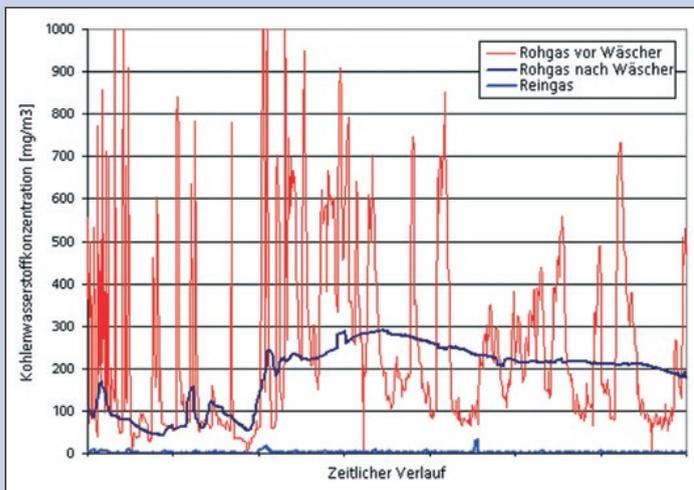


Bild 4: Abbauleistungen der Biofilteranlage bei der BMW AG, Regensburg

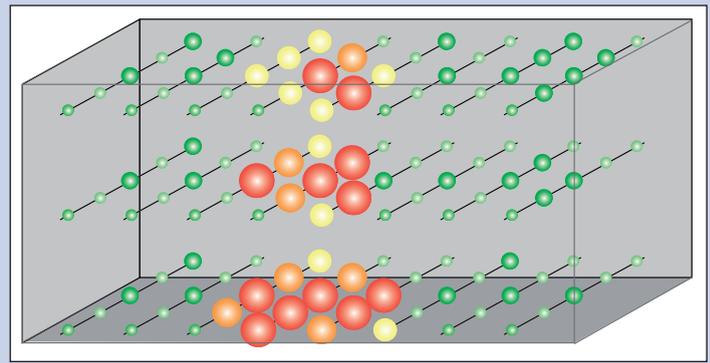


Bild 5: Blick in das Innere einer Schüttung. Die grünen Bereiche stellen ausreichend feuchte Zonen dar; die rötlichen Bereiche Zonen, die zu trocken sind und in denen sich zu schnell durchströmte Risse ausgebildet haben

lage reinigt Abluft aus einer Lackierung. Das zu reinigende Abluftvolumen, das mit schwankenden Lösemittelkonzentrationen belastet ist, beträgt ca. 10 000 m<sup>3</sup>/h.

Im Biowäscher wird ein Großteil der leicht abbaubaren und gut wasserlöslichen Lösemittelkomponenten im Waschwasser sorbiert und mikrobiell abgebaut. Konzentrationsspitzen werden im Biowäscher gepuffert und so die Belastung des nachgeschalteten Biofilters vergleichmäßig (Bild 4).

Ein Beispiel für eine Anwendung in der Lebensmittelindustrie wird in Bild 1 dargestellt. Die Biofilteranlage ist bei einem Betrieb für Stärkeproduktion installiert und reinigt einen Abluftstrom von ca. 45 000 m<sup>3</sup>/h. Auch in diesem Fall ist das Biofilter zweistufig ausgeführt. In den beiden Biofilterschüttungen werden aufgrund der Abluftzusammensetzung verschiedene pH-Werte eingestellt. Zur Vorkonditionierung der Abluft ist ein zweistufiger alkalischer Wäscher installiert. Aufgrund der großen Distanz zwischen Emissionsquelle und Biofilteranlage kann den Biofiltern zur Vermeidung der Austrocknung der Abluft im Bedarfsfall noch eine zusätzliche Befeuchtereinheit vorgeschaltet werden.

## Intelligente Steuer- und Regelungstechnik

Probleme beim Betrieb von biologischen Anlagen können sich dann einstellen, wenn die Filter ganz oder teilweise übernässen, austrocknen oder Wäschersysteme nicht mehr die ausreichende Leistung erbringen. Leider verfügen die wenigsten Hersteller solcher biologischer Anlagen über das notwendige Know-how, ihre Anlagen mit entsprechenden Regelungs- und Überwachungstechniken auszustatten, um über

Jahre hinweg den anfänglichen hohen Wirkungsgrad beizubehalten und zu garantieren. Zudem verlangen die steigenden Anforderungen an die Reinigungsleistung von biologischen Abluftreinigungsanlagen nach Verfahrensabläufen mit hoher Betriebssicherheit und Prozessstabilität.

Auch deshalb werden in Zukunft vermehrt neue intelligente, universell einsetzbare, aber trotzdem einfach zu bedienende Mess- und Regelungssysteme benötigt, die die Regelung und Steuerung von biologischen Abluftreinigungsanlagen und deren vorgeschaltete Rohgaskonditionierung übernehmen. Ein System aus Sensoren und Regelungstechniken, die auf den Methoden der Fuzzy-Logic und der Neuronalen Netze basieren, wurde speziell zur Regelung von biologischen Abluftreinigungsverfahren entwickelt.

Der patentierte Feuchtesensor, eine Neuerung dieses Messverfahrens, ermöglicht erstmals den kostengünstigen Einblick in das Innere der Hochleistungsbiofiltermodule und zeigt die Feuchte und die Strömungsverteilung grafisch in Echtzeit im Filtermaterial an. Bild 5 zeigt, wie über eine räumlich verteilte Anordnung der Sensoren die Materialfeuchte und – bei durchströmten Schüttungen, wie beispielsweise Biofiltern – auch die Strömungsverteilung der Luft grafisch dargestellt werden kann. So wird zum ersten Mal der Blick tief in das Innere der „Black Box“ Biofilter ermöglicht.

Mit diesem System erhalten Betreiber oder Behörden die Möglichkeit, sich jederzeit ein aktuelles dreidimensionales Bild über den Zustand der biologischen Anlage zu verschaffen. Kritische Betriebszustände werden bereits vorzeitig detektiert und durch sofortige und gezielte Maßnahmen vermieden. Auch die Nachrüstung von bestehenden oder nicht mehr ganz dem Stand

der Technik entsprechenden Anlagen – wie beispielsweise offenen Flächenfiltern – ist problemlos und kostengünstig möglich.

## Zusammenfassung

Durch die konsequente Umsetzung aktueller Forschungsergebnisse wird mit der mehrstufigen Betriebsweise modular geschlossener Biofiltereinheiten und dem Einsatz intelligenter Mess- und Regelungssysteme ein neues Zeitalter in der Biofiltertechnik eingeläutet. Durch diese systematische und konsequente verfahrenstechnische Weiterentwicklung besteht jetzt die Möglichkeit, nochmals deutlich gesteigerte Abbauraten für Schadstoffe und für Geruchsstoffe mit modernen modularen Biofiltersystemen zu erreichen.

Der bisherige Kritikpunkt, Biofilter würden eine „Black Box“ darstellen, kann durch den Einsatz moderner Regelungssysteme außer Kraft gesetzt werden. So wird zum ersten Mal der Blick tief in das Innere der Biofilter ermöglicht und Betreiber oder Behörden erhalten die Möglichkeit, sich jederzeit ein aktuelles Bild über den Zustand der biologischen Anlage zu verschaffen. Kritische Betriebszustände können bereits im Vorfeld detektiert und durch sofortige und gezielte Maßnahmen vermieden werden.

Dass sich die modularen Biofiltermodule und deren Reihenschaltung mit großem Erfolg in der Praxis bewährt haben, belegen zahlreiche Großanlagen. Damit stellen moderne Biofilter in diversen Anwendungsbereichen nicht nur den „Stand der Technik“ sondern eine kostengünstige und umweltfreundliche Alternative zu den physikalisch-chemischen bzw. thermischen Abluftreinigungsverfahren dar.