

Lufttechnische Anlagen an MBA - Verbesserte Minderung von Emissionen aus Biofiltern bei Einsatz einer vorgeschalteten Ammoniakwäsche sowie von inertem Trägermaterial

C. Cuhls, B. Knoth

Angesichts des sich nähernden Zeitpunktes des Inkrafttretens der 29. BimSchV sowie der im Zusammenhang damit zu erwartenden, weiter als bisher gehenden Reglementierung der zulässigen Quantität und Qualität von Emissionen gewinnt die Notwendigkeit der Erhöhung der Effizienz der Reduzierung eben dieser Emissionen stark an Bedeutung.

Zunächst einige Anmerkungen zur Problematik der Dimensionierung der lufttechnischen Systeme bei MBA. Der wichtigste, den Umfang einer Abluftbehandlungsanlage bestimmende Faktor ist natürlich die Größe des zu behandelnden Abluftvolumenstromes. Dieser Wert bestimmt grundsätzlich die notwendigen Aufwendungen für den Bau und den Betrieb der Abluftbehandlungsanlage. Dies gilt mittelbar auch für die Effizienz der Emissionsminderung und damit für die ökologische und ökonomische Bewertung der gesamten jeweiligen MBA. Die Erfahrungen zeigen, daß es nicht zweckmäßig ist, zuerst die Verfahrenstechnik sowie die baulichen Anlagen zu planen und möglicherweise sogar auszuführen und danach den Gegebenheiten entsprechend die lufttechnischen Anlagen zu konzipieren sowie eine entsprechende Abluftreinigungsanlage als Installation end-of-pipe „anzuhängen“. Richtig wäre vielmehr, bereits in der Phase der Planung der Verfahrenstechnologie den Aspekten der sinnvollen Gestaltung der lufttechnischen Anlagen höchste Priorität einzuräumen.

So stellen z. B. die auf die jeweiligen Raumvolumina bezogenen Luftwechselraten oder die auf Erfahrungswerten beruhende Festlegung der Volumenströme ein zwar nicht sehr aufwendiges, dafür aber um so ungenauerer Verfahren zur Bestimmung der für eine ausreichende Be- und Entlüftung der Räumlichkeiten erforderlichen Luftvolumenströme dar. Maßnahmen zur möglichst weitgehenden Kapselung emissionsintensiver technologischer Prozeßschritte bzw. die Anwendung hocheffektiver Erfassungstechnologien in Bereichen, wo eine Kapselung nicht möglich ist, sollten bereits in frühen Planungsphasen berücksichtigt werden. Abluftvolumenströme sollten auf der Basis folgender Randbedingungen bestimmt werden:

- Ausreichende Sauerstoffversorgung der Mikroorganismen,

- Notwendige Abfuhr freigesetzter Reaktionswärme,
- Erforderlicher Arbeitsschutz.

Nur so ist es möglich, unter Berücksichtigung der technologischen Abläufe in der MBA die Ausbreitung der verschiedensten Emissionen in den Hallenbereichen und am Kamin zu minimieren. Sinngemäß gilt dies natürlich auch für die Lufttechnik der Rotte- und Prozeßbereiche.

Auf diese Weise können die absoluten Größen der Abluftvolumenströme deutlich, teilweise um Faktoren zwischen 2 und 3 gegenüber den derzeit realisierten MBA, reduziert werden. Neben einer Reduzierung der Investitions- und Betriebskosten für die Luft- und die zugehörige Bautechnik wird erreicht, daß in den zu behandelnden Abluftvolumenströmen die Schadstoffkonzentrationen deutlich höher liegen und so bei den erforderlichen Abscheideprozessen wesentlich bessere Wirkungsgrade erreicht werden können. Eine weitere Reduzierung der Volumenströme würde jedoch erhebliche Mehraufwendungen (z. B. Kühlung mittels Kältemaschinen oder Kühlturmanlagen resp. Notwendigkeit der Kondensatbehandlung) erfordern, deren Realisierung bei der derzeitigen Kostensituation nicht wirtschaftlich erscheint.

Wie weiter unten gezeigt wird, bieten Konzepte auf der Basis chemischer Absorption in Kombination mit biologischen Verfahren durchaus gute Möglichkeiten zur Emissionsminderung bei MBA.

Damit stellt die Frage nach effizienten biologischen Verfahren zur Reduzierung der Emissionen aus den Abfallbehandlungsanlagen ein wichtiges Entscheidungskriterium für oder gegen das zu wählende Abfallbehandlungssystem dar. Die bloße Übertragung der aus dem Bereich der Bioabfallkompostierung bekannten Techniken und Erfahrungen ist in vielen Fällen nicht zweckmäßig. Im Folgenden sollen hier die Ergebnisse der Durchführung von Versuchen dargestellt werden, die unter Anwendung von aus der Chemie- und Lackindustrie bekannten Techniken zum biologischen Abbau von flüchtigen organischen Luftschadstoffen erzielt wurden. Dabei wurden spezielle Wäschertechnologien sowie inertes Trägermaterial für die Biologie verwendet.

36 Biologische Abgasreinigung

Die Biologische Abgasreinigung (BAR) ist eine Technologie, die seit mehreren 10 Jahren vom Prinzip her bekannt ist und anfangs entsprechend ihrer Herkunft in der Form meist einfacher, jedoch teils sehr großer Erdbiofilter im Bereich der Reduzierung des Geruchs der Abluft aus der Tierhaltung eingesetzt wurde.

Zwischenzeitlich hat sich die BAR insbesondere mit der Biofiltertechnologie - im wesentlichen seit den letzten 10 Jahren - zu einer im Vergleich zu anderen Abgasreinigungsverfahren (Verbrennung, Adsorption, Absorption) wettbewerbsfähigen Alternative mit hohen Leistungsmerkmalen entwickelt.

So hat die BAR zwischenzeitlich in eine Vielzahl von anfangs nicht geahnten Industriebereichen Einzug gehalten, wie z. B. das weite Feld der chemischen und pharmazeutischen Industrie, der Nahrungs- und Genußmittelindustrie sowie der Abfallwirtschaft und anderer Bereiche.

Welche Anforderungen werden nun an eine Abgasreinigungstechnologie gestellt?

Hier sind vor allem zu nennen:

- Niedrige Investitionsaufwendungen (Anlagenkosten, Platzbedarf)
- Niedrige Betriebskosten und hohe Standzeit aller Anlagenkomponenten:
 - Betriebsmittelverbräuche (Elektroenergie, Wasser, Abwasser, Chemikalien usw.)
- Sonstige Verbrauchsmaterialien (z. B. Trägermaterialien für die Biologie, Adsorbens)
- Ersatz-, Verschleißteile
- Wartung
- möglichst einfache Technologie

Wie weiter dargestellt wird, ist die BAR eine ökologisch und ökonomisch günstige Technologie zur Abgasreinigung.

36.1 Verfahrensbeschreibung Biofilter

Üblicherweise ist der erste Schritt der Biologischen Abgasreinigung mit Biofiltern die Befeuchtung des Abgases in einem sogenannten Vorwäscher. In diesem Vorwäscher erfolgt eine Befeuchtung der zu behandelnden Abluft auf möglichst nahe an 100 % relativer Luftfeuchte. So wird ein optimales Klima für die Mikroorganismen erzeugt, die im Biofilter siedeln. So wird der Biofilter auch vor einem zu großen Feuchteverlust geschützt.

Weitere Funktionen des Vorwäschers können sein:

- Staubabscheidung
- Absorption spezieller Stoffe sowie deren Ausschleusung (gut wasserlösliche Substanzen, die ggf. nicht gut abbaubar sind oder um den Biofilter nicht zu hoch zu belasten; chemische Wäsche bei Stoffen, die sich generell oder in Kombination mit anderen anwesenden Stoffen einem biologischen Abbau entziehen)
- Glättung von Konzentrationsspitzen (insbesondere bei gut wasserlöslichen Komponenten)
- je nach Abgasparametern die Aufheizung oder zusätzliche Kühlung der zu behandelnden Abluft auf entsprechende Taupunkttemperaturen am Biofiltereintritt

Nach dieser Vorkonditionierung der zu behandelnden Abluft wird diese durch den Biofilter gefördert, in dem die Abscheidung und biochemische Umsetzung der enthaltenen Schadstoffe erfolgt.

Beim Biofilter handelt es sich apparativ betrachtet um einen Behälter, in dem ein gasdurchlässiges Material (Schüttung) auf einem gasdurchlässigen Boden lagert. Dieses Material ist in der Lage, den für den Schadstoffabbau erforderlichen Mikroorganismen einen gut besiedelbaren Untergrund zu bieten. Zur Vermeidung einer Austrocknung durch die nicht vollständige Befeuchtung der zu behandelnden Abluft im Vorwäscher einerseits sowie andererseits durch die exotherme Reaktion bei der Schadstoffumsetzung ist der Biofilter sinnvollerweise mit einem Befeuchtungssystem ausgestattet, das folgende Aufgaben erfüllt:

- Besprühung des Biofilters mit Wasser (Perkolation) zur Sicherstellung der erforderlichen Feuchte des Biofiltermaterials.
- Falls erforderlich, können hiermit auch zusätzliche Nährstoffe auf das Biofiltermaterial aufgegeben werden.
- In dem Fall, daß sich gewisse Stoffe (z. B. Reaktionsendprodukte oder abgestorbene Biomasse) im Biofiltermaterial anreichern, können diese gegebenenfalls mit dem Besprühsystem des Biofilters neutralisiert bzw. ausgespült werden.
- In besonderen Fällen kann beim Auftreten von Konzentrationsspitzen gut wasserlöslicher Schadstoffkomponenten eine Zwischenspeicherung und somit Glättung des zeitlichen Konzentrationsprofils durch Absorption der Schadstoffe in der Kreislaufflüssigkeit des Vorwäschers erfolgen.
- Mit besonderen Bauformen des Vorwäschers können weiterhin auch beispielsweise staubförmige Schadstoffe und Aerosole aus dem zu behandelnden Abgasstrom abgeschieden werden.

Die Schadstoffe gelangen durch die bekannten Stofftransportmechanismen wie Adsorption, Absorption, Diffusion usw. aus der zu behandelnden Abluft in das Innere der Mikroorganismen, die auf dem Trägermaterial im Biofilter angesiedelt sind. Diese mineralisieren die Schadstoffe im Idealfall zu Reaktionsendprodukten wie CO_2 und Wasser im Fall von organischen Lösemitteln oder entsprechenden anderen C-Verbindungen. Im Falle anderer Schadstoffe in der Abluft verläuft der Abbau zu unerwünschten Produkten: bei Stickstoffverbindungen (z.B. NH_3) zu Salzen (NO_2^- bzw. NO_3^-), die anschließend zu den Schadgasen N_2O und NO umgesetzt werden. Bei Schwefelverbindungen (z.B. H_2S)

erfolgt die Oxidation vergleichsweise unkritisch zum Sulfat bzw. zum elementaren Schwefel. Dabei kann der Abbau auf dem Weg einer Vielzahl von Zwischenschritten erfolgen, je nachdem, um welche Abgasinhaltsstoffe es sich handelt.

Einige dieser Reaktionsendprodukte gelangen mit der behandelten Abluft in die Umgebung (verdunstendes Wasser, CO₂), andere in das Perkolationswasser, das durch den Biofilter sickert.

Die Durchströmung des Biofilters mit Abluft kann dabei generell sowohl von oben nach unten als auch von unten nach oben erfolgen.

Es hat sich gezeigt, daß die Durchströmung von oben nach unten vorteilhafter ist. Dies ist im Wesentlichen durch die Gleichströmung zwischen Abluft und dem Wasser, das auf das Biofiltermaterial gesprüht wird, sowie der daraus resultierenden homogeneren Feuchteverteilung im Biofiltermaterial begründet.

36.2 Biofiltermaterial

Diesem Medium für die Immobilisierung der Mikroorganismen für die biochemische Oxidation der Schadstoffkomponenten in der zu behandelnden Abluft ist insofern besondere Bedeutung beizumessen, als es von entscheidender Wichtigkeit für die Funktion und Leistungsfähigkeit des Biofilters hinsichtlich des Abbaus der Abgasschadstoffe ist.

Traditionell werden in Biofiltern organische Trägermaterialien (Rindenmulch, Kokosfasern, gerissenes Wurzelholz, Kompost sowie Mischungen aus diesen Materialien) eingesetzt. Generell haben diese Biofiltermaterialien den Vorteil vergleichsweise sehr preiswert in der Investition zu sein, unterliegen jedoch je nach Anwendung mehr oder weniger stark einem Kompostierungsprozeß. Die Folge davon ist eine Reduzierung der biologischen Aktivität der Biofilterfüllung, die mit einem Anstieg des Druckverlustes über den Biofilter sowie einer Inhomogenisierung der Durchströmung der Schüttung einhergeht. Daraus resultiert neben einer ungenügenden Reinigung der zu behandelnden Abluft ein ständiger Anstieg der Druckverluste der Anlage mit der Folge eines möglicherweise reduzierten Volumenstroms sowie steigender Betriebskosten. In Konsequenz dieser Umstände ist der häufige Austausch des Biofiltermaterials erforderlich.

Verschiedentlich werden diesen organischen Trägermaterialien zur Vermeidung dieser Probleme inerte Stoffe zur Auflockerung zugesetzt, wodurch jedoch die Kompostierung dieser organischen Materialien mit all den sich daraus ergebenden Nachteilen letztlich doch nicht vermieden werden kann.

Bei den weiter unten beschriebenen Versuchen wurde demgegenüber ein inertes Trägermaterial eingesetzt. Bei diesem Biofiltermaterial handelt es sich um **OTTO – Biosorbens**, mit dem bereits sehr gute Erfahrungen bei industriellen Anwendungen gemacht werden konnten. Es ist ein inertes Material, dessen Partikel aus einem hydrophilen Kern mit adsorptiver Wirkung (z. B. Gasbeton oder Blähschiefer) bestehen. Diese Partikel sind zusätzlich mit Aktivkohle mit hydrophoben Eigenschaften sowie einem bestimmten Anteil organischen Materials beschichtet. Die Partikel des Trägermaterials weisen eine sehr große Austauschfläche für den Stofftransport auf. Neben dieser Eigenschaft gestattet vor allem die definierte Körnung des Materials eine sehr kleine Dimensionierung der Biofiltereinheit. Das Material verrottet nicht (keine Mineralisierung durch Kompostierung). Dadurch bleibt die Materialschüttung über lange Zeiträume in sich stabil. Es gibt keine Setzungs- oder Ablösungserscheinungen, keine Lunkerbildung oder Ausbildung von Randströmungen. Dieses hydraulisch stabile Biofiltermaterial weist deshalb eine sehr lange Standzeit von bis zu 10 Jahren auf. Erst danach kann ein Austausch erforderlich werden. Besonders erwähnt werden sollte die sehr hohe hydraulische Belastbarkeit dieser Biofilterausführung, die im Falle der MBA bis zu 500 m³/h je m³ **Biosorbens** reicht.

Dies bedeutet, daß die Größen der dementsprechend dimensionierten Abluftreinigungsanlagen um 50 – 80 % gegenüber in herkömmlicher Weise errichteten Biofilteranlagen reduziert werden können (offene Flächenfilter mit organischem Trägermaterial).

Die Merkmale des OTTO Biosorbens und daraus resultierende Vorteile:

- inerte Trägerstruktur dauerhafte mechanische Stabilität ohne Strukturveränderung;
- chemische Stabilität biochemische Stabilität, auch bei höheren Temperaturen nicht
verrottend;
kein Quellen oder Schrumpfen,
hohe Standzeit (bis zu 10 Jahre oder mehr);
Wiederaufbereitbarkeit;
Dauerhaft konstanter Druckverlust
- definierte Korngröße Definierte Eigenschaften der Schüttung;
Definierter, niedriger spezifischer Druckverlust
- Trägerstruktur ist hydrophil Hohes Wasserspeichervermögen
- Trägerstruktur ist porös Große Oberfläche;
Hohes Wasserspeichervermögen
- Aktivkohlebeschichtung Verbesserung des Stofftransports aus dem Abgas an die Mikro-
organismen;
Puffer gegenüber Konzentrationsspitzen;
Oberflächenaktivität;
Ausgezeichnete Aufwuchsbedingungen für die Mikroorganis-
men

36.3 Verfahrenskombinationen mit Biologischer Abgasreinigung

Biologische Abgasreinigung wird in solchen Fällen mit anderen Verfahrenstechniken zur Abgasbehandlung kombiniert, wenn aufgrund der Abgascharakteristik der Biofilter zum dauerhaften Erreichen der erforderlichen Reingaskonzentration extrem groß dimensioniert werden müßte oder aber einzelne Stoffe in einem komplexen Gasgemisch biologisch nicht abbaubar sind.

Die Gründe hierfür können beispielsweise sein:

- Staub/Aerosole sind in der zu behandelnden Abluft enthalten
- Ammoniak bei gleichzeitiger Anwesenheit von Kohlenwasserstoffen in ähnlichem Konzentrationsbereich in der Abluft
- Kurzzeitige und langzeitige Konzentrationsschwankungen in der zu behandelnden Abluft

Die konventionelle Ausführung der Biologischen Abgasbehandlung wurde bereits im Zusammenhang mit der Beschreibung der grundsätzlichen Funktionsweise der Biologischen Abgasreinigung behandelt. Hierzu ist ergänzend noch anzumerken, daß zwischen offenen und geschlossenen Biofiltern unterschieden wird. Ist bei den offenen Biofiltern alleinig die Durchströmung von unten nach oben möglich, so ermöglicht die geschlossene Bauweise auch die bereits erwähnte vorteilhafte Durchströmung von oben nach unten. Darüber hinaus wird durch die geschlossene Bauform die Abkopplung von den Witterungseinflüssen erreicht, wodurch der Biofilterprozeß deutlich verbessert wird.

Die nachfolgenden Abgasreinigungstechnologien auf der Basis Biologischer Abgasreinigung werden in der neuen VDI Richtlinie 3477 Biologische Abgasreinigung Biofilter aufgrund der langjährigen und positiven Erfahrungen mit dieser Technologie als Stand der Technik definiert.

Im Fall problematischer Abgasinhaltsstoffe, die generell oder unter gewissen Bedingungen biologisch nicht oder sehr schlecht abgebaut werden, bietet sich die Kombination der BAR zum Beispiel mit Absorptionsverfahren an, bei denen die Stoffe in vor- und/oder nachgeschalteten Absorbern abgeschieden und ausgeschleust werden. Als Beispiel für einen solchen Fall möge die Kombination aus sauer betriebenen Vorwäscher mit Biofilterstufe und eventuell nachgeschalteter alkalisch oxidierender Wä-

sche dienen. Dieses Konzept ist z. B. seit ca. 10 Jahren im Bereich der Beseitigung von mit Geruchsstoffen beladener Abluft bei teilweise Reduzierung einer möglicherweise auftretenden Emission von Mikroorganismen in der gereinigten Abluft durch Sterilisation erfolgreich praxiserprobt.

Die Kombination eines vorgeschalteten Adsorbers mit Vorwäscher und Biofilterstufe wird wesentlich in solchen Fällen eingesetzt, in denen bei ständigem Anfall an Abgas kurzfristige Konzentrationsschwankungen auftreten, die bei Auslegung des Biofilters auf den Mittelwert der Konzentration durch den Biofilter durchschlagen würden. In diesem Fall puffert und vergleichmäßigt der Adsorber die Konzentrationsschwankungen in Richtung des Mittelwertes der Konzentration, so daß der Biofilter bei minimaler Dimensionierung einen sicheren Schadstoffabbau gewährleistet. Neben Konzentrationsschwankungen werden mit diesem einfachen System je nach verfahrenstechnischer Auslegung auch Schwankungen der Schadstoffzusammensetzung in der zu behandelnden Abluft ausgeglichen.

Wird der Adsorber noch mit einem vorgeschalteten Lufterhitzer ausgestattet, so wird die Möglichkeit der Regeneration des Adsorbers in Zeiten, in denen die Abluft nur sehr niedrige Schadstoffkonzentrationen oder keine Schadstoffe aufweist, erreicht.

Ein verfahrenstechnisches Konzept für die Behandlung einer speziellen Abgasproblematik stellt die Kombination eines Vorwäschers mit Biofilter und nachgeschaltetem Adsorber dar. Durch bewußt kleine Dimensionierung des Biofilters werden in diesem während der Phase der Abgasreinigung nicht alle Schadstoffe abgebaut. Ein Teil der Schadstoffe gelangt gewollt in den Adsorber und wird dort adsorbiert. Der Adsorber wird in Zeiten, während denen keine Schadstoffe anfallen, desorbiert. Die desorbierten Schadstoffe werden in einem geschlossenen Kreislauf über Regenerationsleitung und Vorwäscher dem Biofilter zugeführt, in dem sie abgebaut werden, ohne daß es zu einer Emission von Schadstoffen kommt. Dadurch wird der Biofilter auch in Zeiten außerhalb des Anfalls von schadstoffhaltiger Abluft als Reaktor zum Schadstoffabbau genutzt, wodurch er sehr klein dimensioniert werden kann. Schwer abbaubare Schadstoffe werden dem Biofilter wiederholt zum Abbau angeboten, so daß es dadurch auch zu einer verbesserten Adaption der Mikroorganismen an solche Schadstoffe und somit zu einem verbesserten Schadstoffabbau kommt.

Weiterhin arbeitet der Biofilter dadurch stets auf günstigem hohem Konzentrationsniveau; Schadstoffspitzen im Abgas, die auch durch den Biofilter durchschlagen, werden vom Adsorber sicher aufgefangen.

Diese Technologie wird zur Behandlung von Abluft aus Produktionsprozessen, die nicht im Dreischichtbetrieb arbeiten, sowie bei problematischer Abluft mit hohen Konzentrationen und stark schwankender Konzentration und Abgaszusammensetzung eingesetzt.

Für quasi den gleichen Anwendungsfall, jedoch für Abluft aus dreischichtiger Produktion, wird die Kombination eines Vorwäschers mit einer Biofilterstufe und zwei nachgeschalteten Adsorbern eingesetzt. Während einer der beiden Adsorber den Reingaswert der aus dem Biofilter austretenden Abluft sicherstellt, wird der andere Adsorber mit aufgeheizter Frischluft (oder mit bereits gereinigtem Abgas) desorbiert. Die desorbierten Schadstoffe werden über die Regenerationsleitung wieder vor dem Vorwäscher dem zu behandelnden Abgas zugemischt.

37 Ausgangssituation MBA

In der Restabfallbehandlungsanlage RABA Bassum werden Rest – Hausmüll (einschließlich eines Anteiles Gewerbemüll) sowie teilweise Gärrückstände aus der am Standort in Betrieb befindlichen Vergärungsanlage aerob behandelt. Die Behandlung der Abfälle (Tafelmiete, saugbelüftet) erfolgt in einer Rottehalle mit stationärem Umsetzaggreat. Über das vorhandene Lüftungssystem (Hallen- sowie Mietenabluftsystem, von außen nachströmende Rottehallenzuluft) wird die schadstoffbeladene Abluft aus der Halle und den Mieten zusammengeführt, danach befeuchtet, über einen geschlossenen Biofilter abgereinigt sowie durch einen nebenstehenden Kamin ins Freie abgeleitet (Schema siehe Tagungsbeitrag CUHLS).

Die besondere Problematik der Emissionen aus Restabfallbehandlungsanlagen besteht darin, daß in der Rohluft sowohl organische Kohlenwasserstoffverbindungen als auch Ammoniak in etwa ähnlich hohen Konzentrationen (jeweils bis ca. 100 mg/m³) auftreten, die auch noch starken zeitlichen Schwankungen unterliegen. Im Rahmen der Versuche sowie angesichts der Erfahrungen aus einer ganzen Reihe von Anlagen hat sich gezeigt, daß unter diesen Bedingungen die Ergebnisse des gleichzeitigen Abbaus beider Schadstoffgruppen in einer biologischen Behandlungsstufe nicht zufriedenstellend sind.

Als Lösungsmöglichkeit wurde die Wirksamkeit einer Kombination von saurer Wäsche zur NH₃ – Ausschleusung sowie einem Biofilter mit speziellem inertem Trägermaterial zur NMVOC – Reduzierung untersucht.

An den vorhandenen Rohgasstrom der RABA Bassum wurde dazu eine selbständig arbeitende Versuchsanlage zur chemisch-absorptiven / biologischen Abluftreinigung mit einem Volumenstrom von ca. 550 m³/h angeschlossen. Diese Anlage wurde über einen Zeitraum von ca. 13 Wochen betrieben. Dabei wurden Messungen zur Ermittlung der Effizienz der Schadstoffreduzierung durchgeführt. Die zu behandelnde Abluft wurde zunächst als Mischluft (Hallen- und Mietenabluft) sowie in einem weiteren Versuchsabschnitt als reine Mietenabluft vor der vorhandenen Befeuchterstufe aus dem System entnommen und über die Versuchsanlage geführt.

Die Biofiltereinheit war selbstverständlich geschlossen ausgeführt und wurde von oben nach unten durchströmt.

38 Aufbau der Versuchsanlage

Zur Versuchsdurchführung wurde eine Versuchsanlage verwendet, die, aufgebaut auf einer Containerplattform, für jeweils für den konkreten Einsatzfall entsprechend angepaßt wird.

Die verwendete Versuchsanlage war für diesen Anwendungsfall wie folgt aufgebaut:

- Rohgasanschluß
- Messung Rohgasvolumenstrom
- Vorwäscher VW / B1 / P1 (Füllkörperwäscher mit Chemikaliendosiermöglichkeit im Wäscherkreislauf)
- Chemikaliendosieranlage B4 / P4
- Biofiltereinheit BF1 mit **OTTO – Biosorbens** als Trägermaterial (mit genau dosierender Besprüh-einrichtung B2 / P2 und Kondensatförderanlage B3 / P3)
- Drosselklappe S03 / 01 zur VolumenstromEinstellung
- Anlagenventilator V1
- Reingasableitung
- Schaltschrank sowie MSR – Anlage

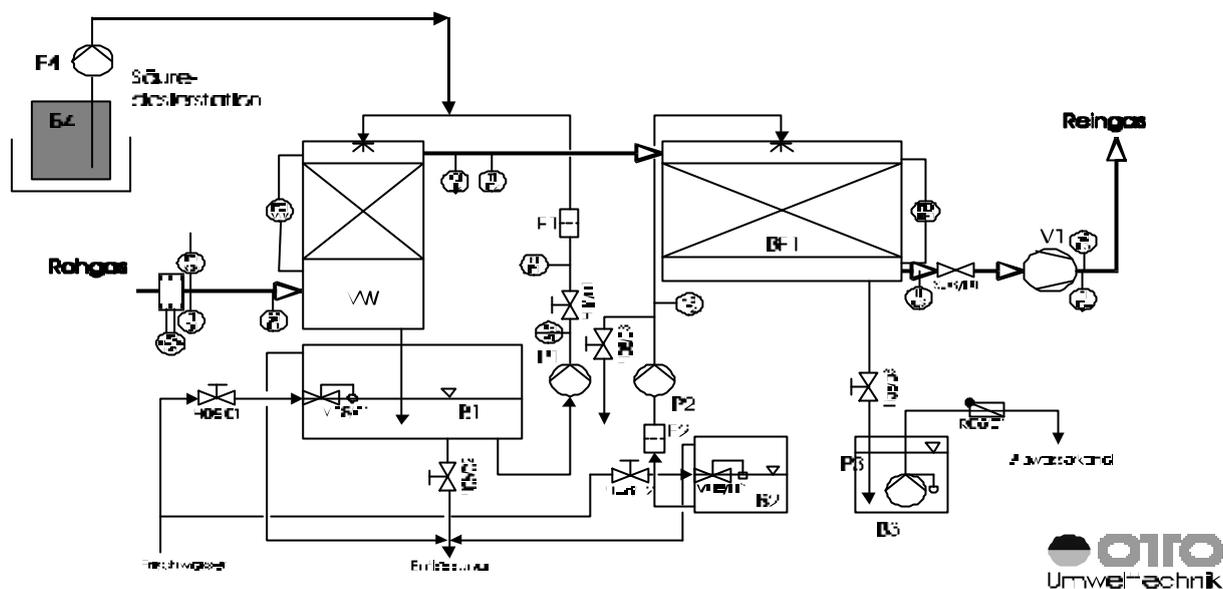


Abb. 1 Fließbild OTTO – Biofilterversuchsanlage für MBA

Der NMVOC – Gehalt im Roh- und Reingas wurde mittels Flammenionisationsdetektor (FID) in Verbindung mit einem CH₄ – Konverter (Fa. Bernath-Atomic, Wennigsen) sowie die NH₃ – Konzentration mittels Gasprüfröhrchen (Fa. Dräger, Hamburg) gemessen. Methan und Lachgas wurden mit der Kopplung GD/FID und GC/ECD diskontinuierlich bestimmt.

39 Das Biofiltermaterial

Als Besonderheit sei hier auf das verwendete Trägermaterial für die Biologie hingewiesen. Bei dem Biofiltermaterial handelt es sich um **OTTO – Biosorbens**, mit dem bereits sehr gute Erfahrungen bei industriellen Anwendungen gemacht werden konnten. Es ist dies ein inertes Material, dessen Partikel aus einem hydrophilen Kern mit adsorptiver Wirkung (z. B. Gasbeton oder Blähschiefer) bestehen. Diese Partikel sind zusätzlich mit Aktivkohle mit hydrophoben Eigenschaften sowie einem bestimmten Anteil organischen Materials beschichtet. Die Partikel des Trägermaterials weisen eine sehr große Austauschfläche für den Stofftransport auf. Neben dieser Eigenschaft gestattet vor allem die definierte Körnung des Materials eine sehr kleine Dimensionierung der Biofiltereinheit. Das Material verrottet nicht (keine Mineralisierung durch Zersetzung). Dadurch bleibt die Materialschüttung über lange Zeiträume in sich stabil. Es gibt keine Setzungs- oder Ablösungserscheinungen, keine Lunkerbildung oder Ausbildung von Randströmungen. Dieses hydraulisch stabile Biofiltermaterial weist deshalb eine sehr lange Standzeit von bis zu 10 Jahren auf. Erst danach kann ein Austausch erforderlich werden. Besonders erwähnt werden sollte die sehr hohe hydraulische Belastbarkeit dieser Biofilterausführung, die im Falle der MBA bis zu 500 m³/h je m³ **Biosorbens** reicht.

Dies bedeutet, daß die Größen der dementsprechend dimensionierten Abluftreinigungsanlagen um 50 – 80 % gegenüber in herkömmlicher Weise errichteten Biofilteranlagen reduziert werden können (offene Flächenfilter mit organischem Trägermaterial).

40 Versuchsergebnisse

Beim Betrieb der Versuchsanlage als Biofilter ohne vorgeschalteten Chemowäscher sondern nur mit einem Befeuchter zeigte sich wie erwähnt, daß zwar in bestimmtem Umfang organische Kohlenstoffverbindungen abgebaut wurden, die Ammoniakbelastung jedoch nur in sehr beschränkter Weise reduziert werden konnte. Die Anlage wurde mit der für das beschriebene Filtermaterial typischen, im Verhältnis zu organischem Filtermaterial sehr hohen Volumen- bzw. Flächenbelastung ($480 - 600 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^3$) betrieben.

Unter den vorgenannten Bedingungen wurden wie erwartet, allerdings bereits nach einer nur sehr kurzen Adaptionszeit von ca. 1 Woche, Verminderungen der Konzentrationen zwischen Roh- und Reingas in folgenden Größenordnungen festgestellt:

Tab. 1 Minderung NMVOC und NH_3 ohne Vorschaltung saurer Wäsche

	Rohgaseintritt mg/m^3	Reingasaustritt mg/m^3	Verminderung %
NMVOC	80	68	15
NH_3	82	78	5

Bei diesen Werten in Tabelle 1 sind natürlich Absorptions-, Adsorptions- oder auch eventuelle Stripp-effekte, die über einen längeren Zeitraum in einzelnen Anlagenabschnitten zu erwarten sind, unberücksichtigt. Die unzureichende Emissionsminderung spiegelt jedoch die derzeitige Situation vergleichbarer Biofilter an MBA realistisch wieder.

Im eigentlichen Versuch wurde dem Biofilter ein chemischer Wäscher (Füllkörperwäscher mit H_2SO_4 – Zudosierung im Wäscherpumpenkreislauf) vorgeschaltet. Der pH – Wert wurde diskontinuierlich manuell mittels Teststreifen überprüft und die Säurezudosierung nachgeregelt. Dabei zeigte sich, daß bei einer Fahrweise des Wäschers, die einen pH – Wert zwischen 3,0 und 4,5 im Wäschersumpf sicherstellt, beständig ein sehr guter NH_3 – Abbau erreicht werden konnte. Man kann sagen, daß durch die saure Wäsche NH_3 soweit ausgeschleust wurde, daß beständig Konzentrationen zwischen 0 und maximal $3 \text{ mg}/\text{m}^3$ im Reingasstrom nach der Biofiltereinheit eingehalten wurden.

Der Biofilter erreichte schon nach sehr kurzer Adaptionszeit NMVOC – Abbauleistungen, die die Einhaltung von Reingaskonzentrationen von durchschnittlich $10 - 20 \text{ mg}/\text{m}^3$ ermöglichten. Kurzzeitig um bis zu ca. 50 % höhere Reingaskonzentrationen stellten sich direkt nach Umstellung des Betriebes auf reine Mietenabluft ein. Diese Leistungsparameter der mit **OTTO – Biosorbens** betriebenen Anlage wurden sowohl bei relativ „trockener“ Fahrweise (Neigung zu Pilzaufwuchs auf dem Filtermaterial) als auch bei aktivierter Direktbefeuchtung des Filtermaterials (in Intervallen exakt quantifizierte Befeuchtung).

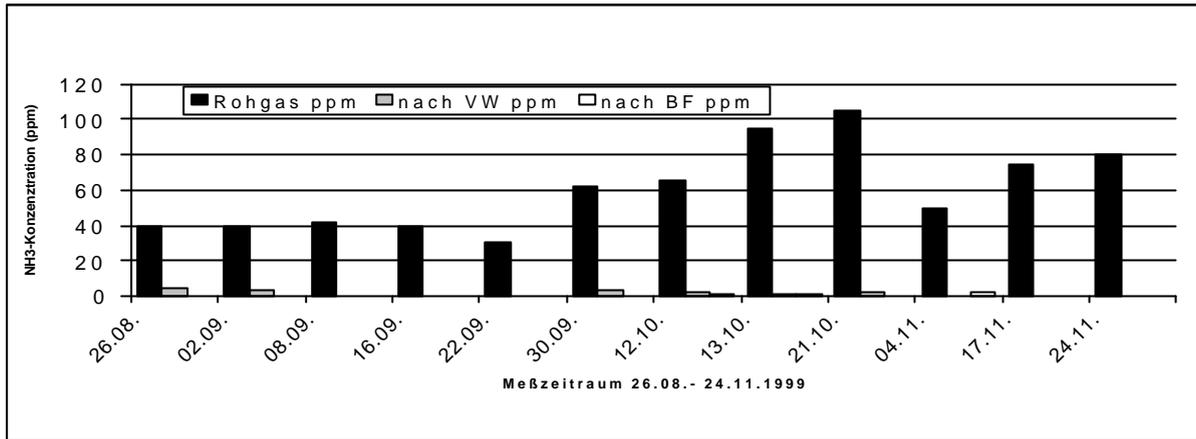


Abb. 2 Abscheidung NH_3 in der Versuchsanlage, Stichproben (VW: Vorwäscher, BF: Biofilter)

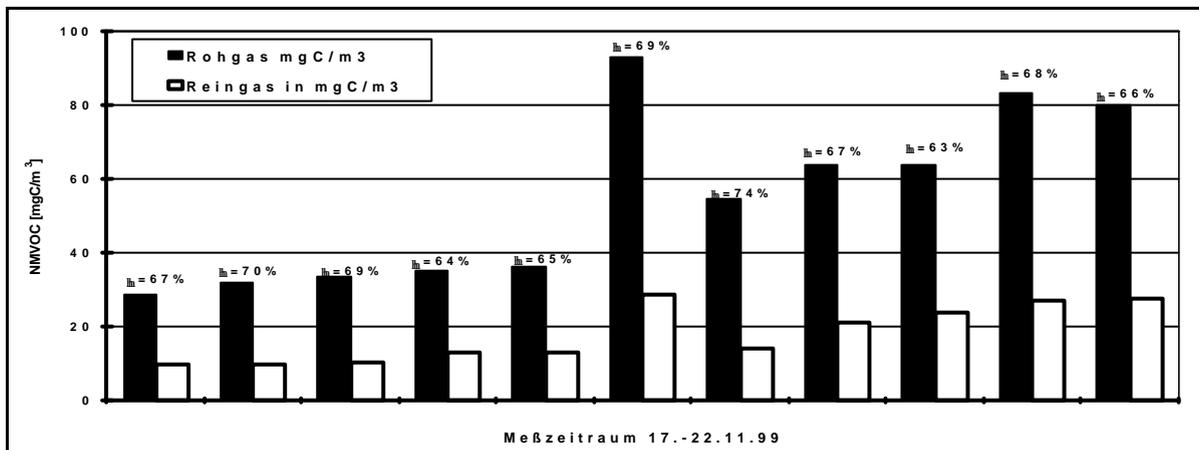


Abb. 3 Abbau NMVOC (angegeben als Gesamtkohlenstoff) im Biofilter mit vorgeschalteter saurer Wäsche (Halbstundenmittelwerte)

Da in der MBA, in der die Versuche durchgeführt worden sind, im wöchentlichen Rhythmus auch frische Gärreste zur aeroben Behandlung eingebracht werden, tritt im Rohgas aus der Hallen- und Mietenabluft CH_4 auf. Die gemessenen Konzentrationen erreichten jeweils 2 Tage nach Einbringen der Gärreste 21 – 40 mg/m^3 . Diese CH_4 – Emissionen aus der Rottehalle verringern sich dann im Verlauf der nächsten Tage des Rotteverlaufes sehr schnell. Die Bildung von Durchschnittswerten ist in diesem Zusammenhang nur bedingt möglich, da über einen längeren Zeitraum permanent gewonnene Meßwerte dazu nicht vorliegen.

Der bei den durchgeführten Messungen festgestellte Methanabbau in der Biofilterstufe ist sehr gering und beträgt durchschnittlich nur 1 – 2 %. Lediglich bei gleichzeitig geringer NMVOC-Belastung war ein Abbau des Methans von max. 20 % zu verzeichnen.

Es wurde deutlich, daß neben einer fast völligen Abscheidung von NH_3 (unter den genannten Bedingungen im sauren Wäscher > 98 %, für die gesamte Abluftreinigungsanlage aus saurem Wäscher und Biofilterstufe deutlich > 90 %) des weiteren eine Reduzierung der NMVOC – Konzentration im Reingas auf durchschnittlich 10 – 20 mg/m^3 erreicht werden kann. In der Biofilterstufe kam es in sehr ge-

ringem Umfang zu einer Bildung von NH_3 aus der Umsetzung organischer Stickstoffverbindungen. Der Gehalt an NH_3 lag im Reingas dauerhaft deutlich unter 5 mg/m^3 .

Es sei noch darauf hingewiesen, daß auch Messungen zu der Emissionssituation anderer klimarelevanter Gase durchgeführt wurden. Untersucht wurden die Gesamtstickstoffkonzentration, die Konzentration von organischen Stickstoffverbindungen sowie die Werte für Lachgas (N_2O). Hierbei zeigte sich, daß sowohl die Konzentration von Ges.-N als auch die der organischen N-Verbindungen ebenfalls im Wäscher erheblich reduziert wurden, wobei nach dem Biofilter wiederum ein leichter Anstieg zu verzeichnen war.

Hinsichtlich der Lachgaskonzentrationen ist festzustellen, daß die ansonsten durch Biofilter zu verzeichnende typische Erhöhung der Konzentration um den Faktor 2 – 10 zwischen Roh- und Reingas bei der Versuchsanlage wesentlich verringert wurde. Die N_2O – Konzentrationen lagen vor dem Wäscher bei durchschnittlich $0,95 \text{ mg/m}^3$, nach dem Biofilter dagegen bei durchschnittlich $1,7 \text{ mg/m}^3$ (Zunahme nur ca. 80 %). Darüber hinaus konnte eine wesentliche Verbesserung der Emissionssituation auch für NO festgestellt werden. Die NO – Konzentrationen lagen etwa in der gleichen Größenordnung wie die N_2O – Gehalte; das ist etwa der zehnfache Wert der natürlichen Hintergrundkonzentration für NO im Reingas.

Parallel dazu wurden im Biofilter bei vorheriger Ausschleusung von NH_3 auch reduzierte Schwefelverbindungen erheblich besser abgeschieden. Dadurch konnten die Geruchsstoffkonzentrationen im Reingas gegenüber der technischen Anlage weiter reduziert werden.

41 Geruchsemissionen

Nach der Adaptionzeit wurde am Reingasauslaß der Anlage beständig kein produktionstypischer Eigengeruch aus der Rottehalle bzw. den Mieten mehr festgestellt. Soweit die Lufttechnik innerhalb der Behandlungshalle nach dem Stand der Technik gut gelöst ist (Prozeßführung, Kapselung, Abdichtung, Erfassungstechnik, Luftmengenbilanzen), können mit der untersuchten Anlagentechnik lästige Emissionen aus MBA zuverlässig auf ein niedriges Niveau gesenkt werden. In diesem Zusammenhang sei darauf verwiesen, daß, wie bei zur Zeit durchgeführten Versuchen deutlich wurde, reingasseitige Emissionswerte von 300 GE/m^3 oder deutlich weniger mit Biofilterstufen, in denen **OTTO – Biosorbens** verwendet wird, problemlos und dauerhaft darstellbar sind. Das Material ist selbst geruchlos, so daß der Ruheemissionswert als geruchsfrei bezeichnet werden kann. Dies hat vor allem auch bei geringer Rohgasbeladung Bedeutung (bei $< 500 - 1000 \text{ GE/m}^3$ Wirkungsgrade $> 90 \%$).

Vergleichsweise seien hier noch einige Ergebnisse angeführt, die mit Biologischen Abluftreinigungsanlagen auf der Basis von **OTTO – Biosorbens**, teilweise in Kombination mit Adsorbereinheiten, bei verschiedenen Applikationen erreicht wurden:

Tab. 2 Applikationsbeispiele im industriellen Bereich

Applikation	Schadstoffe	Rohgaskonzentration	Reingaskonzentration
Abluft aus Papierimprägnierung	Formaldehyd	25 – 90 mg/Nm ³	Nach 1. Biofilterstufe: 3 – 8 mg/Nm ³ Nach 2. Biofilterstufe: 0 – 3 mg/Nm ³
Abluft aus Aufbereitungsanlage für Kunststoffabfälle (Wäscher + Biofilter)	Gemisch von Kohlenwasserstoffen	TOC: 65 mg/Nm ³ Geruch: 1.600 GE/Nm ³	TOC: 7 mg/Nm ³ Geruch: 140 GE/Nm ³
Abluft aus Industriekläranlage (Chemowäscher + Vorwäscher + 2 Biofilterstufen)	H ₂ S + arom. Kohlenwasserstoffe (Toluol, Xylol, Benzol)	H ₂ S: ca. 990 mg/Nm ³ KW: ca. 220 mg/Nm ³ Geruch: 38.000 GE/Nm ³	nach Wäscher: H ₂ S: ca. 23 mg/Nm ³ nach Biofilter: H ₂ S: ca. 0,8 mg/Nm ³ nach Biofilter: KW: ca. 85 mg/Nm ³ Geruch: 720 GE/Nm ³

42 Zusammenfassung

Ausgehend von einer zu erwartenden Verschärfung der von Seiten der Zulassungsbehörden zugrunde gelegten Emissionsparameter kann die Frage nach dem möglichen Einsatz von Biofiltern zur Reduzierung der Emissionen grundsätzlich bejaht werden. Dabei kann hinsichtlich der nach dem Forschungsbericht zum BMBF – Verbundvorhaben angegebenen Emissionsgrenzwerte (v. a. D. Summe NMVOC, angegeben als Kohlenstoffmassenkonzentration $\leq 80 \text{ mg C / m}^3$) davon ausgegangen werden, daß diese deutlich unterschritten werden.

Die Konzentrationen anderer emittierter Substanzen werden darüber hinaus deutlich reduziert (v. a. D. NH₃), so daß dafür regional vorgegebenen Grenzwerte sicher unterschritten werden können.

Die Emissionen von unangenehmen Geruchsstoffen aus der MBA werden mit dem beschriebenen System sicher vermieden.

Die beschriebene Anlagenkonzeption stellt die Grundlage für eine sehr wirtschaftliche Lösung dar. Neben verhältnismäßig geringen Investitionskosten (hoher Wirkungsgrad bei relativ kleinen Abmaßen) stellen vor allen Dingen die niedrigen Betriebskosten einen deutlichen Vorteil gegenüber anderen Systemlösungen dar (vergleichsweise niedrige Druckverluste bei hydraulisch sehr hoher Filterflächenbelastung bzw. kleinem Biofiltervolumen, lange Standzeit von bis zu 10 Jahren des **OTTO – Biosorbens** als Biofilterträgermaterial ohne Notwendigkeit des Austausches, geringe Wartungsaufwendungen, da keine Setzungs- oder Ablösungserscheinungen sowie keine Mineralisation).

Zur Kostensituation seien als Beispiel folgende Daten für den Einsatz der vorbeschriebenen Technologie zur Abluftreinigung an MBA angeführt:

Investitionskosten	DM 12,00 – 15,00 je Mg/a Inputmaterial
Betriebsmittelkosten	Elektroenergie Abwasserentsorgung Schwefelsäureverbrauch Biofiltermaterial (bezogen auf Standzeit 10 Jahre) Ersatzteile DM 1,80 – 2,20 je Mg Inputmaterial

Neben den ökonomischen Parametern sollten v. a. D. auch die ökologischen Aspekte beachtet werden. Die beschriebene Technologie trägt neben der Reduzierung von Luftschadstoffen aus der Restabfallbehandlung vor allem auch zur Minderung der Emission klimarelevanter Gase bei. Die CO₂ – Bilanz wird nicht negativ beeinflusst, die Emissionen von N – Verbindungen wird nur minimal erhöht. Einziger Wermutstropfen bleibt der unzureichende Methanabbau im Biofilter.

Nach den durchgeführten Messungen an der Versuchsanlage mit **OTTO – Biosorbens** als Biofilterträgermaterial sowie einem vorgeschalteten sauren Füllkörper – Gegenstromwäscher (konzentrierte H₂SO₄) zeichnen sich folgende Tendenzen ab:

- NH₃ – Reduzierung durch Chemowäscher > 98 %
- NH₃ – Reduzierung durch Chemowäscher und Biofilter > 90 %
- Neubildung von N₂O im Biofilter, Erhöhung gegenüber den Rohgaswerten um maximal den Faktor 2 (unkritisch, da maximal das Zehnfache der natürlichen Hintergrundwerte)
- Neubildung von NO im Biofilter ähnlich wie bei N₂O, aber im Vergleich zu den Verhältnissen ohne Ammoniakwäsche erheblich reduziert
- NMVOC – Minderung um ca. 70 % (Abb. 3). Dieser Minderungsgrad deckt sich mit dem am Biofilter der MBRA Horm gemessenen Wirkungsgrad. An Anlagen in Österreich wurden vom Umweltbundesamt in Wien an vergleichbaren Biofiltern eine ähnliche Größenordnung der NMVOC-Minderung festgestellt (max. um 80 %). Diese Ergebnisse stellen höchstwahrscheinlich das praktisch erreichbare Reinigungspotential von Biofilteranlagen (mit Ammoniakausschleusung) an MBA dar.
- Betriebskosten der Anlage werden maßgeblich durch die H₂SO₄ – Kosten bestimmt; eine Rückgewinnung und Verwertung von Ammoniumsulfat aus dem Wäscherbetrieb stellt als wichtiges Entwicklungsziel ein weiteres Potential zur Minderung der Betriebskosten dar.
- Angesichts der erreichten Reingaskonzentrationen an NMVOC (< 20 mg/m³) und einem sicher vorhandenen Minderungspotential für die absoluten Größen der Abluftvolumenströme scheint eine NMVOC – Fracht von 200 g/Mg Input als realistisch erreichbar, ein Wert von 55 g/Mg dagegen nicht!

Anschrift der Autoren:

Dipl.-Ing. B. Knoth
Otto Luft- und Klimatechnik GmbH & Co. KG
Geschäftsbereich Umwelttechnik
Eschenweg 2 – 4
64331 Weiterstadt
Tel. 06150 / 131-38
Fax 06150 / 131-29
b.knoth@otto-umwelt.de

Dr.-Ing. Carsten Cuhls
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Institut Umwelttechnik
Lehrstuhl für Umweltschutztechnik
06099 Halle (Saale)
Tel. 03461 / 46-2598
Fax 03461 / 46-2710
carsten.cuhls@iw.uni-halle.de