

Tauglichkeit von Biofilterkonzepten für die Abluftreinigung

Carsten Cuhls, Joachim Clemens

gewitra Ingenieurgesellschaft für Wissenstransfer mbH, Bonn und Hannover (D)

Suitability of Biofilters for waste gas purification

Abstract

Deficiencies in dimensioning and missing maintenance cause major problems in biofilter operation. Efficiency of degradation is different depending on the organic substances in the waste gas, so it may be reasonable to differ emission control of TOC into VOC + methane. The biodegradability of methane is very low (0 – 20%) compared to the mixture of various VOC from biological waste treatment with a high rate (80 – 90%).

Abstract deutsch

Bei Biofiltern zur Abluftreinigung sind Auslegungs- und Konstruktionsmängel bzw. fehlende Wartung und Betriebskontrollen problematisch. Der Wirkungsgrad der Abluftbehandlung für organische Stoffe wird durch den schlechten Wirkungsgrad für das Methan (0 bis 20%) geprägt, so dass eine Unterscheidung des TOC in VOC + Methan sinnvoll ist. Der VOC wird bei guter biologischer Abbaubarkeit um bis zu 80 bis 90% gemindert.

Keywords

Biofilter, Abluftreinigung, MBA, TOC, VOC, Methan,

Biofilters, biological waste gas purification, MBT, emission control, Methane.

1 Einleitung

Biofilter werden insbesondere zur Geruchsabscheidung und zunehmend auch zur Behandlung VOC-haltiger Abluftströme eingesetzt und sind derzeit als Stand der Technik anerkannt (VDI-Richtlinie 3477). In der Landwirtschaft (Tierhaltung), an größeren Kompostwerken sowie Vergärungsanlagen dienen Biofilter dazu, flüchtige organische Kohlenwasserstoffe (VOC) abzubauen sowie Geruchs- und NH_3 -Emissionen aus der Bioabfallbehandlung zu minimieren. Weitere Einsatzgebiete sind industrielle Produktionsanlagen mit Abgasen moderater VOC-Konzentrationen ($<1\text{g}/\text{m}^3$).

Für den Dauerbetrieb biologischer Abluftfilter bzw. für deren Geruchs- und insbesondere Ammoniakabscheidung liegen nur wenige verlässliche Angaben vor, aus denen sich belastbare Auslegungs- oder Dimensionierungshinweise ableiten ließen. Ähnliches gilt für die Funktionssicherheit während des Betriebs von Biofiltern. Beispielhaft sei hier nur die Standzeit der Filtermaterialien genannt. Die in verschiedenen Publikationen zusammengestellten Abscheideleistungen schwanken erheblich. Dieses trifft insbesondere für CH_4 zu, welches an biologischen Abfallbehandlungsanlagen als organische

Hauptkomponente in der Abluft enthalten ist und nach den Erfahrungen der Verfasser in Biofiltern nicht nennenswert abgebaut wird.

Unzureichend sind darüber hinaus die Kenntnisse über die Bildung klimarelevanter Spurengase wie NO (Ozonzerstörung) und N₂O (Ozonzerstörung und Beteiligung am Treibhauseffekt) sowie die Kenntnisse über den Zusammenhang zwischen der C- und der N-Dynamik in Biofiltern. Während z.B. bei direkten Messungen auf offenen Kompostmieten nur relativ geringe Emissionen an N₂O festgestellt werden konnten, zeigten jüngste Messungen, dass Biofilter als Emittenten von stickstoffhaltigen Spurengasen (N₂O, NO) fungieren können. Dies war vor allem bei hohen NH₃-Raumbelastungen der Fall und ging teilweise mit einem stark eingeschränkten VOC-Abbau einher.

Biofilterkonzepte stehen auch in Kombination mit regenerativen thermisch Oxidationsanlagen (RTO) vor dem Hintergrund hoher Anforderungen an die Abgasemissionen (30. BImSchV) eine unsichere Planungsgröße dar, indem insbesondere die Bildung von CH₄ im Bunkerbereich sowie bei der Nachrotte unterschätzt wird.

2 Kenntnisstand

2.1 Biofilter (VDI 3477)

Das Funktionsprinzip biologischer Abluftreinigungsverfahren beruht auf dem Abbau organischer Abluftinhaltsstoffe (Kohlenwasserstoffe aus C, H und O) durch Mikroorganismen. Die Aktivität der Organismen ist stark wassergebunden und temperaturabhängig. Daher ist eine Voraussetzung an die Abluftinhaltsstoffe, dass sie gut wasserlöslich, gut biologisch abbaubar sind und in möglichst konstanter Zusammensetzung und Konzentration anfallen. Im Idealfall werden die organischen Stoffe zu CO₂ und H₂O abgebaut. Prinzipiell problematischer im Biofilter sind demgegenüber organische Verbindungen mit Heteroatomen (N, S und Halogene) sowie anorganische Verbindungen (NH₃ und H₂S), da sie anorganische Abbauprodukte bilden, die sich im Biofiltermaterial anreichern und zu Störungen führen können. Dazu gehören saure Abbauprodukte (Sulfit) sowie toxische Zwischenkomponenten (Nitrit). Störende Komponenten müssen daher aus dem Filtermaterial herausgespült oder besser vor dem Biofilter abgeschieden werden. NH₃ kann über eine saure Wäsche mit H₂SO₄, H₂S über eine alkalisch, oxidative Wäsche (NaOH, H₂O₂) aus der Abluft entfernt werden. Tolerable Konzentrationen von NH₃ und H₂S liegen im Bereich von je max. 5 mg/m³ im Rohgas. Ein ausgewogenes Verhältnis von C : N : P für den biologischen Abbau der Abluftinhaltsstoffe liegt bei ca. 100 : 5 : 1. Kohlenstoff und Stickstoff werden in der Regel über die Abluft in das Filtermaterial eingetragen. Wenn N im Minimum vorliegt (z.B. Lösemittelabluft) kann es notwendig sein, N zu düngen. Gleiches gilt für Phosphor, welcher im wesentlichen nur über das P-Inventar im Filtermaterial zur Verfügung gestellt wird. Auch hier kann es im not-

wendig sein, P-Salze zu ergänzen, um die volle Leistungsfähigkeit zu erreichen bzw. im Laufe des Betriebs zu erhalten. Ein Bedarf weiterer Nährstoffe oder Spurenelemente kann sich im Einzelfall ergeben.

Die Standzeit verschiedener Filtermaterialien liegt zwischen 2 bis 5 Jahren, wobei organische Materialien unterschiedlicher Zersetzung (Eigenabbau) unterliegen. Inerte Materialien (z.B. Blähton, porenreiche Lava) sind dagegen haltbarer. Eine Regeneration oder ein Austausch des Filtermaterials muss bei nachlassender Abscheideleistung bzw. steigendem Druckverlust aufgrund der Verdichtung des Materials vorgenommen werden.

Die Anforderungen an das Biofiltermaterial sind vielfältig, Angaben zu Filtermaterial, Filtermaterialkomponenten und Strukturmaterialien sind in der VDI 3477 (dort: Tab. 3) enthalten. Die Porosität sollte zwischen 20 bis 80 % liegen, welches z.B. durch organisches Material, wie die Kompostfraktion >10mm oder gerissenes Wurzelholz erreicht wird. Die Ablufttemperatur sollte sich möglichst gleichmäßig in einem Bereich zwischen 20 und 40 °C befinden. Wichtigste Größe ist der Wassergehalt des Filtermaterials, der bei o.g. organischen Materialien zwischen 50 und 60% betragen sollte. Hier kommt es am häufigsten aufgrund von Austrocknung zu Betriebsproblemen. Mittels Luftbefeuchter o.ä. muss die Abluft möglichst in der Nähe der Wassersättigung konditioniert werden. Wenn die Auffeuchtung nur bis unterhalb der Sättigung erfolgt, wird aus dem Biofiltermaterial weiteres Wasser an die Abluft abgegeben. Zu berücksichtigende Faktoren sind darüber hinaus die Erwärmung des Biofiltermaterials und der Abluft aufgrund der Reaktionswärme sowie die Bildung von Wasser aus dem biologischen Abbau der organischen Abluftinhaltsstoffe.

Die Sauerstoffversorgung wird in der Regel über die Zuluft gewährleistet, wichtig ist die gleichmäßige Luftverteilung im Biofiltermaterial. Die Kontrolle des pH-Wertes über die gesamte Schichthöhe des Biofilters ist schwierig und kann ersatzweise indirekt über die Messung des Drainagewassers (Perkolatwasser) erfolgen. Die alkalische Regulierung von einem sauren Biofiltermilieu ist über eine Dosierung von Kalk oder Dolomit möglich.

Zur Dimensionierung und Auslegung von Biofiltern werden in der VDI 3477 unabhängig von der Rohgasqualität folgende Belastungswerte angegeben:

Offene Flächenfilter:

- Flächenbelastung: 100 – 150 m³/m²h
- Volumenbelastung: 40 – 100 m³/m³h (bei 1,5 – 2,5 m Schütthöhe)

Geschlossene Flächenfilter:

- Flächenbelastung: 150 – 500 m³/m²h (bei 1,2 – 1,75 m Filterhöhe)

Die in geschlossenen Biofiltern konstruktiv mögliche *downstream* (↓↓↓) Durchströmungsrichtung hat den Vorteil einer besseren Feuchteregulierung und Spülmöglichkeit.

Bei offenen Filtern ohne Berieselungseinrichtung ist eine Befeuchtung oder Spülung des Filtermaterials ausschließlich abhängig von den Größen Intensität und Häufigkeit der natürlichen Niederschläge, die sich für eine Gewährleistung der Funktionssicherheit aufgrund der Wetterstatistik allein nicht eignen!

Eine Auswertung von Messungen des TÜV an Kompostierungsanlagen in Hessen kam zu dem Ergebnis, dass jede 4. Messung einen mangelhaften Betrieb von Biofiltern anzeigte, zu erkennen an Geruchskonzentrationen $>500 \text{ GE/m}^3$ im Reingas (STRECKER, 2001). Als Grund hierfür wurde hauptsächlich die nachlässige Eigenkontrolle und Wartung der Betreiber angeführt.

Die Ursachen geringer Filterleistung sind:

- Austrocknung der Biofilter,
- Unzureichende Befeuchtung des Rohgases bzw. des Biofiltermaterials,
- Ungleichmäßige Durchströmung des Biofilters,
- Randgängigkeiten, Austrocknung / Vernässung.

2.2 VOC-Abscheidung

Die Feststellung der Emission organischer Stoffe in der Abluft kann sowohl über die Summe der gesamten flüchtigen Einzelstoffe (VOC oder ΣVOC) als auch über den Summenparameter $C_{\text{ges.}}$ (TOC) erfolgen. Bei der Bezeichnung VOC oder ΣVOC werden konventionsgemäß alle organischen Einzelstoffe aufsummiert, der Methananteil aber ausgeklammert.

Demgegenüber hat der Parameter $C_{\text{ges.}}$ (TOC) keinen stofflichen Hintergrund, da die Summe der organischen Einzelstoffe (VOC bzw. ΣVOC) zuzüglich Methan in einer Wasserstoffflamme eines Flammenionisationsdetektors (FID) verbrannt und als Summensignal kontinuierlich registriert werden (EN 13526). Die Kalibrierung erfolgt üblicherweise mit Propan. Das Messergebnis wird als Gesamtkohlenstoff (C) angegeben.

Dass o.a. Vorbemerkungen zum Verständnis und zur Interpretation von VOC- bzw. TOC-Messungen unerlässlich sind, zeigt der folgende Sachverhalt.

FID-Untersuchungen an einem Kompostwerk (8 Wochen geschlossene Trapezmiete) ergaben eine TOC-Fracht im Rohgas von 2.500 g C/Mg. Diese Fracht bestand aus etwa 1.000 g C/Mg VOC und 2.100 g Methan/Mg. Nach der Behandlung im Biofilter verringerte sich die Fracht auf 150 g C/Mg VOC und 2.000 g Methan/Mg. Das entspricht Reinigungsgraden von 85% für VOC und von nur 5% für Methan. Findet diese Unterscheidung nicht statt, resultiert ein Wirkungsgrad für TOC von nur 34%. An Biofiltern mit ei-

nem nennenswerten Anteil Methan (CH₄) im Rohgas, der erfahrungsgemäß wie kein anderer organischer Bestandteil im Abgas nur sehr schlecht zurückgehalten wird, ist diese Differenzierung also sehr sinnvoll.

Am Beispiel von zwei gut untersuchten Kompostierungsanlagen ist erkennbar, dass die Summenkonzentrationen aller erfassten VOC durch die eingesetzten Abluftreinigungssysteme etwa um den Faktor 10 (Wirkungsgrad 90%) reduziert werden konnten.

Tabelle 1 Abschätzung der Effektivität (Wirkungsgrad) der Abluftreinigungssysteme bzgl. VOC (BARTELS / KRUSE, 2002)

Kompostierungs-anlage (plant)	Abluftreinigungs-system (waste gas purification)	VOC, Rohgas, Mittel mg/Nm ³	VOC, Reingas Mittel mg/Nm ³	Wirkungsgrad Abluftreinigung (efficiency)
Neumünster	Kompost-Biofilter	86	9,4	89 %
Flensburg	Tropfkörperwäscher	69	5,4	92 %

Eine differenzierte Darstellung der Wirkungsgrade der Abluftreinigung gegenüber verschiedene Substanzklassen ist in Tab. 2 dargestellt. Biologisch vorwiegend leicht abbaubare Substanzen (z.B. Alkohole, Aldehyde, Carbonsäureester) wurden in beiden Systemen zu > 99% abgeschieden.

Tabelle 2 Effektivität der Abluftreinigungssysteme gegenüber verschiedene Substanzklassen (BARTELS / KRUSE, 2002)

Substanzklasse (substances)	Effektivität des Kompost-Biofilters [%] (efficiency)	Effektivität des Tropfkörper-wäschers [%] (efficiency)
Alkohole	100	99
Aldehyde	100	100
Alkene	100	59
Carbonsäureester	100	100
Ketone	98	95
Terpen(oid)e	85	88
Alkane	81	84
Org. S-Verbindungen	81	76
Furane	70	63
Aromaten	67	36
Σ VOC	89	92

2.3 Treibhausgasbildung

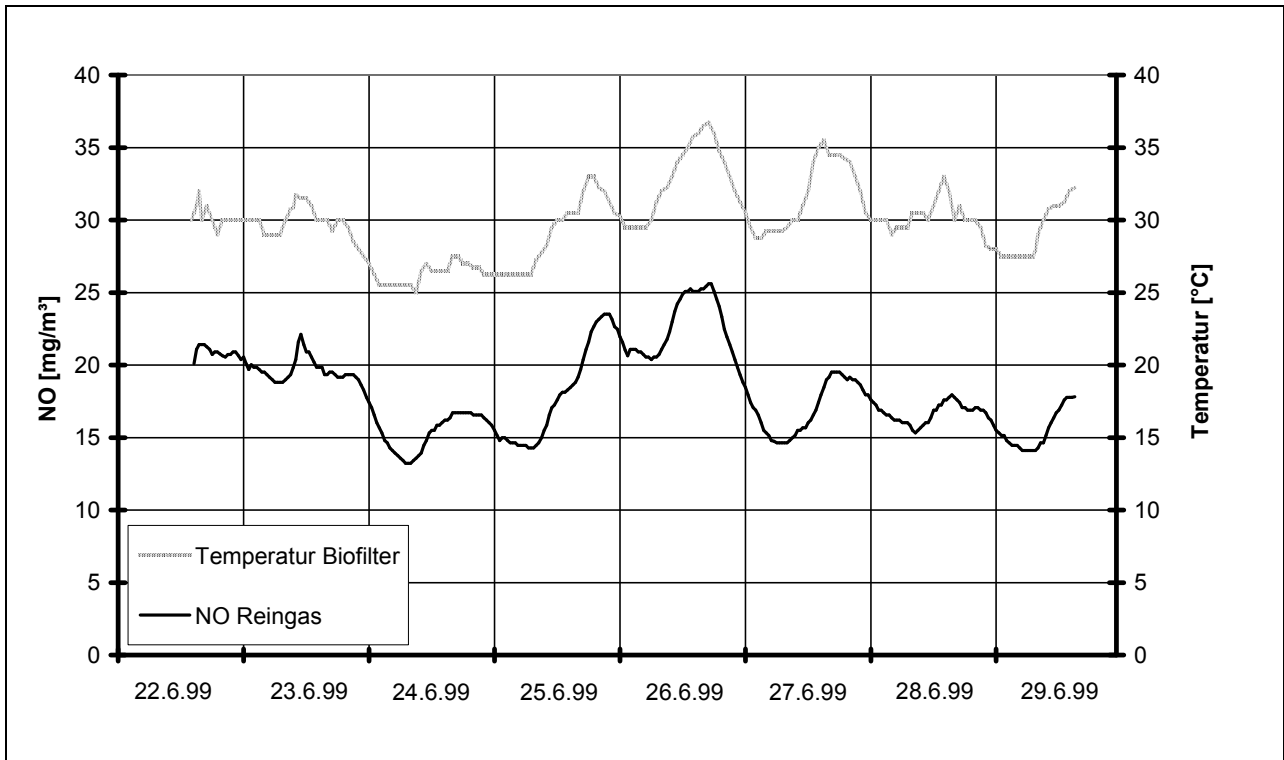


Bild 1: Zusammenhang zwischen der NO-Bildung und der Temperatur in einem Biofilter einer biologischen Abfallbehandlungsanlage (CUHLS, 2001)

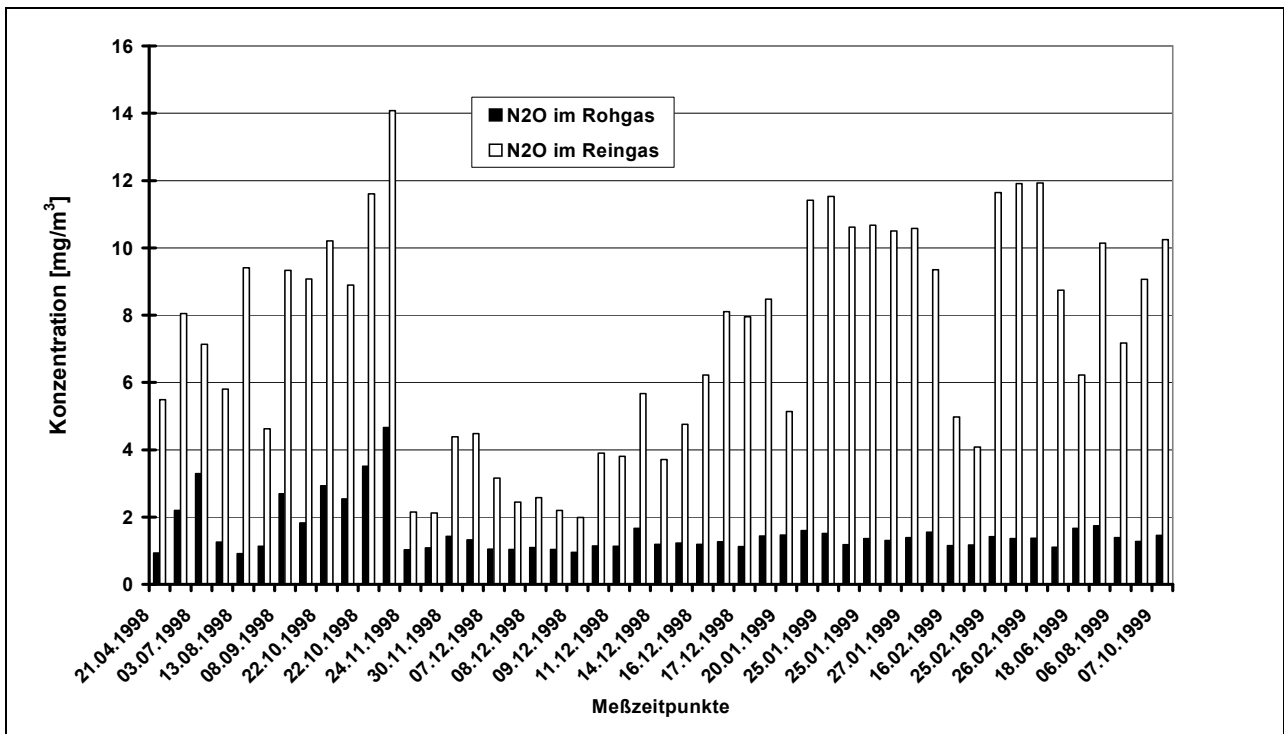


Bild 2: N₂O-Bildung (zeitgleiche Messpaare) in einem Biofilter einer biologischen Abfallbehandlungsanlage (CUHLS, 2001)

Leider führen die Umsetzungsprozesse von NH_3 im Biofilter zu so unerwünschten Produkten wie NO und N_2O im Reingas. Bild 1 zeigt den Zusammenhang zwischen der NO -Bildung und der Temperatur in einem Biofilter einer biologischen Abfallbehandlungsanlage. Deutlich ist eine erhöhte NO -Bildung mit steigender Temperatur zwischen 25 und 37 °C zu erkennen. Die Emissionskonzentrationen lagen im betrachteten Zeitraum zwischen 13 und 26 mg/m^3 , wobei die Rohgaskonzentrationen $< 1 \text{ mg}/\text{m}^3$ betragen. In Bild 2 sind die N_2O -Gehalte im Roh- und Reingas des gleichen Biofilters dargestellt. Es fand ebenfalls eine Bildung von N_2O im Biofilter statt. Daraus resultierte eine Erhöhung der Emissionskonzentrationen um etwa Faktor 2 bis 10 gegenüber den Rohgasgehalten. In der vorliegenden Untersuchung wurde das im Biofilter abgeschiedene NH_3 vollständig zu N_2O und NO oxidiert. Die N-Bilanzierung über einen längeren Zeitraum ergab eine durchschnittliche NO -Bildung aus 63% und eine N_2O -Bildung aus 37% des umgesetzten NH_3 (Bild 3).

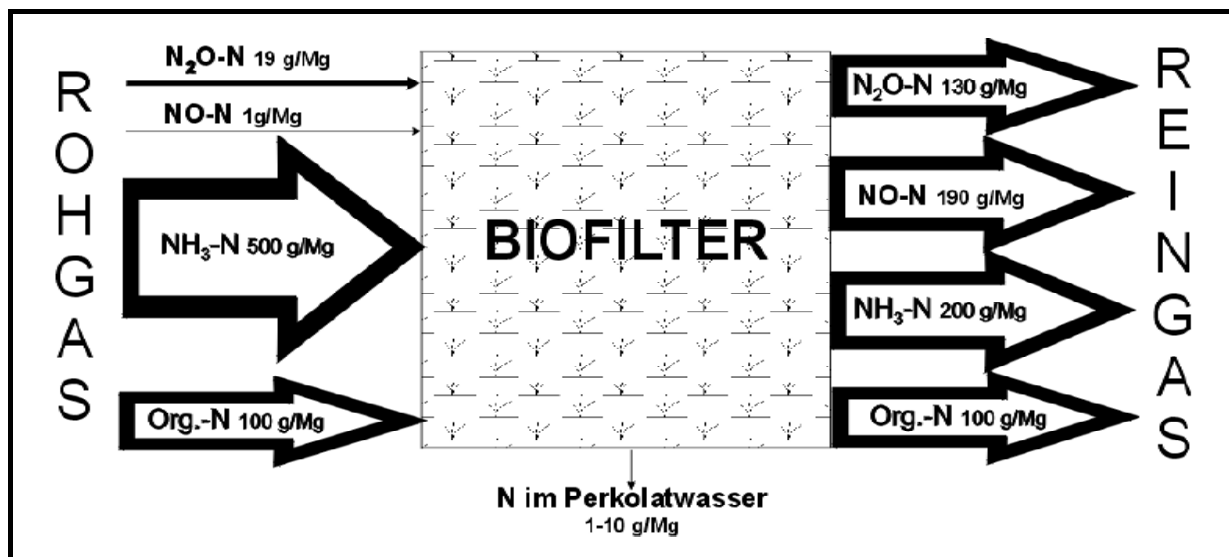


Bild 3: Stickstoffbilanz eines Biofilters in der Abluft einer biologischen Abfallbehandlungsanlage (CUHLS, 2001)

Bei der Abscheidung von Methan hat sich ebenfalls an Biofiltern von biologischen Abfallbehandlungsanlagen gezeigt, dass die Wirkungsgrade als unzureichend bezeichnet werden müssen. Tendenziell positive Effekte mit bis zu 46% Abscheidung traten bei sehr geringen Belastungen mit längeren Verweilzeiten auf (TRIMBORN et al., 2003). Da aber auch negative Effekte festgestellt werden, bei der eine Methanbildung in vernässelten Zonen von Biofiltern stattfindet, ist bestenfalls von einer Abscheidung in Höhe von 5 – 15% auszugehen. Teilweise bessere Erfahrungen wurden an gut eingefahrenen Biofiltern mit ausschließlich hoher Methanbelastung und langen Verweilzeiten gemacht. Dabei kommt es darauf an, den Betrieb auf die Lebensbedingungen methanabbauender Organismen (*Methanotrophe*) zu richten.

3 Untersuchungsergebnisse

3.1 Laborversuche

Der VOC-Abbau im Profil mehrerer Versuchsbiofilter (Höhe 200 cm) ist in Bild 4 dargestellt. Man erkennt, dass teilweise bereits in einer Höhe von 160 cm ein vollständiger VOC-Abbau erreicht wurde. Zum Teil wurden bereits in 60 cm Höhe Abbauraten von 80 % erreicht. Der VOC-Abbau zeigt im Profil einen exponentiellen Verlauf (Bild 4). Hieraus ergibt sich, dass in jeder beliebigen 50 cm starken Filterschicht im Mittel etwa 50–60 % des in diese Schicht eintretenden VOC abgebaut werden. Der absolute VOC-Abbau im Biofilter ist somit stets auch von der VOC-Belastung abhängig.

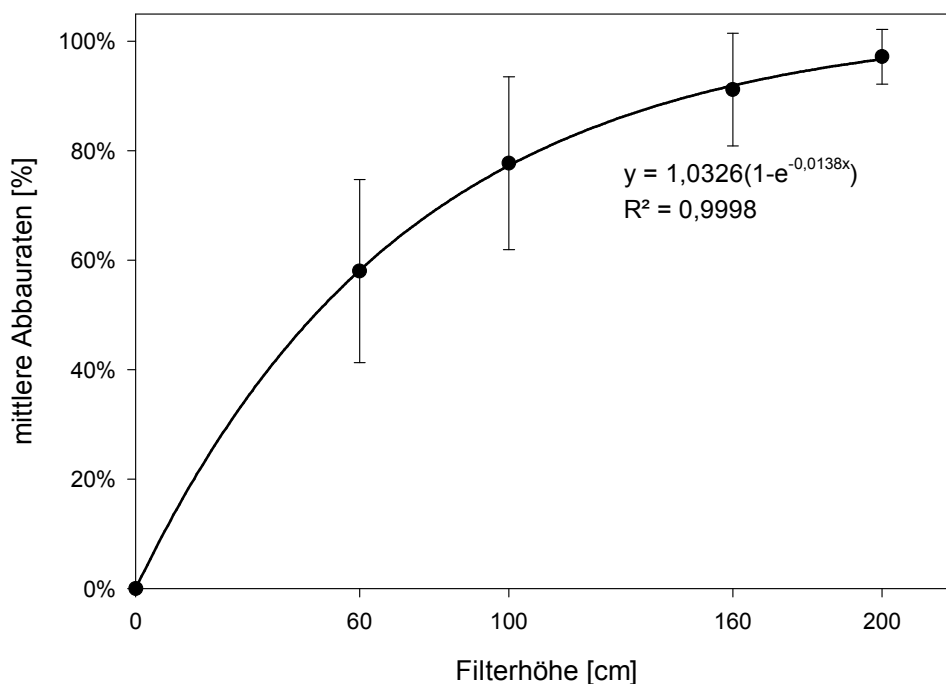


Bild 4: VOC-Abbauverlauf im Profil der Versuchsbiofilter (Belastung: 50 m³/m³h)

Im Vergleich zum VOC-Abbau folgt der NH₃-Abbau im Biofilter einer anderen Dynamik. Hier erkennt man eher einen sigmoidalen Verlauf (Bild 5). In der untersten Filterschicht (0-60 cm) findet nur ein geringer NH₃-Abbau statt. Die höchsten NH₃-Abbauraten finden sich in der darauffolgenden Schicht (60-100 cm). Zum Ende des Versuchs verschiebt sich jedoch die Zone des stärksten NH₃-Abbaus bis in die oberste Filterschicht.

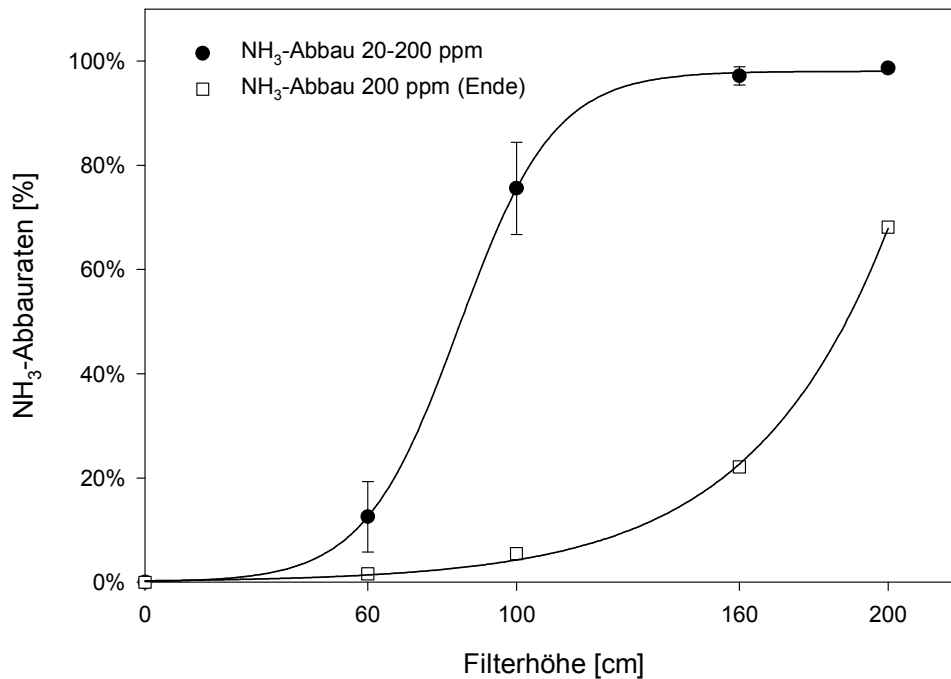


Bild 5: Verlauf des NH_3 -Abbaus im Versuchsbiofilter bei NH_3 -Konzentrationen des Rohgases von 20 bis 200 ppm sowie am Ende des Versuchs bei 200 ppm.

Vergleicht man das Profil des NH_3 -Abbaus (Bild 5) mit dem Profil des VOC-Abbaus (Bild 4) im Biofilter so fällt auf, dass der wesentliche Anteil des NH_3 erst dann abgebaut wird, wenn nur noch geringe VOC-Konzentrationen im Filter vorliegen. Am Ende des Versuchs, nahmen die VOC-Abbauraten in den unteren Filterschichten deutlich ab, wobei hier der VOC-Abbau in den Filtern mit einer konstanten Zufuhr von 10 ppm NH_3 stärker zurück ging als bei den Filtern mit gesteigerter NH_3 -Zufuhr auf 200 ppm. Gleichzeitig konnte dabei eine Verschiebung des NH_3 -Abbaus in höhere Filterschichten beobachtet werden und es wurden nur noch 68 % des NH_3 abgebaut. Es scheint also, dass das VOC den NH_3 -Abbau im Biofilter hemmt.

In Bild 6 erkennt man einen deutlichen Zusammenhang zwischen der N_2O Bildung im Biofilter und der NH_3 -Konzentration im Rohgas. Während die Biofilter mit einer konstanten NH_3 -Zufuhr von 10 ppm relativ konstant etwa 3 ppm N_2O im Reingas aufweisen, steigt die N_2O -Konzentration in den Filtern mit steigender NH_3 -Zufuhr auf bis zu 20 ppm an. Dabei liegen jeweils die Werte der zwei Filter einer Variante relativ eng beieinander.

Bei der hohen NH_3 -Zufuhr von 200 ppm wurde das NH_3 nicht mehr vollständig im Biofilter abgebaut. Bezieht man die N_2O -Bildung nur auf die abgebaute NH_3 -Menge (Bild 6 rechts) ergibt sich ein signifikanter linearer Zusammenhang. Aus der Regressionsgerade wird deutlich, dass etwa 29 % des NH_3 -N zu N_2O -N abgebaut wurden und aus dem Biofilter emittierten.

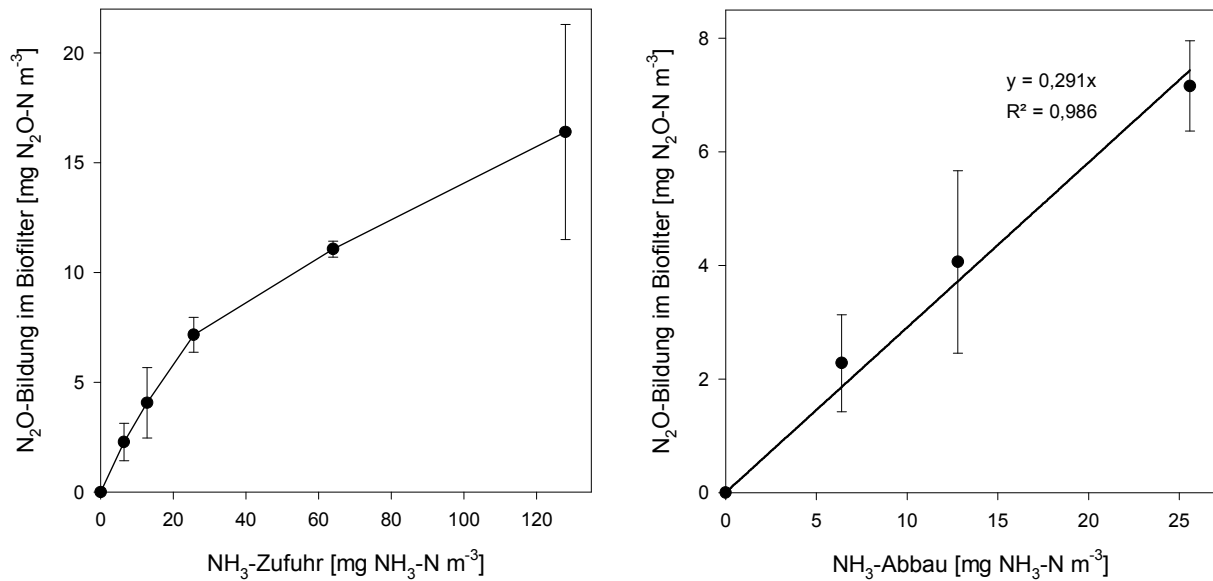


Bild 6: N₂O-Bildung im Biofilter in Abhängigkeit von der NH₃-Zufuhr (links) bzw. vom NH₃-Abbau im Biofilter (rechts)

Die NO-Bildung im Biofilter verhielt sich ähnlich wie die N₂O-Bildung. Die NO-Konzentrationen im Reingas der Biofilter korrelierten daher eng mit den N₂O-Konzentrationen (Bild 7).

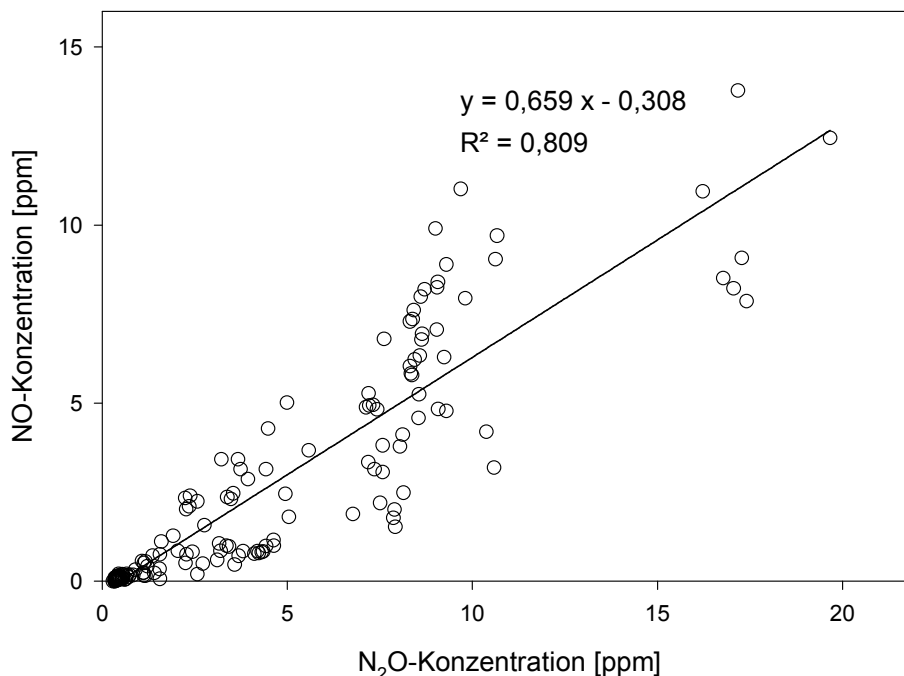


Bild 7: Zusammenhang zwischen den N₂O- und NO-Konzentrationen im Reingas (Daten von Biofilter mit gesteigerter NH₃-Zufuhr)

Die NO-Konzentrationen waren ebenso wie die N₂O-Konzentrationen abhängig vom NH₃-Abbau im Biofilter (Bild 8). Etwa 9 % des NH₃-N wurden zu NO-N abgebaut.

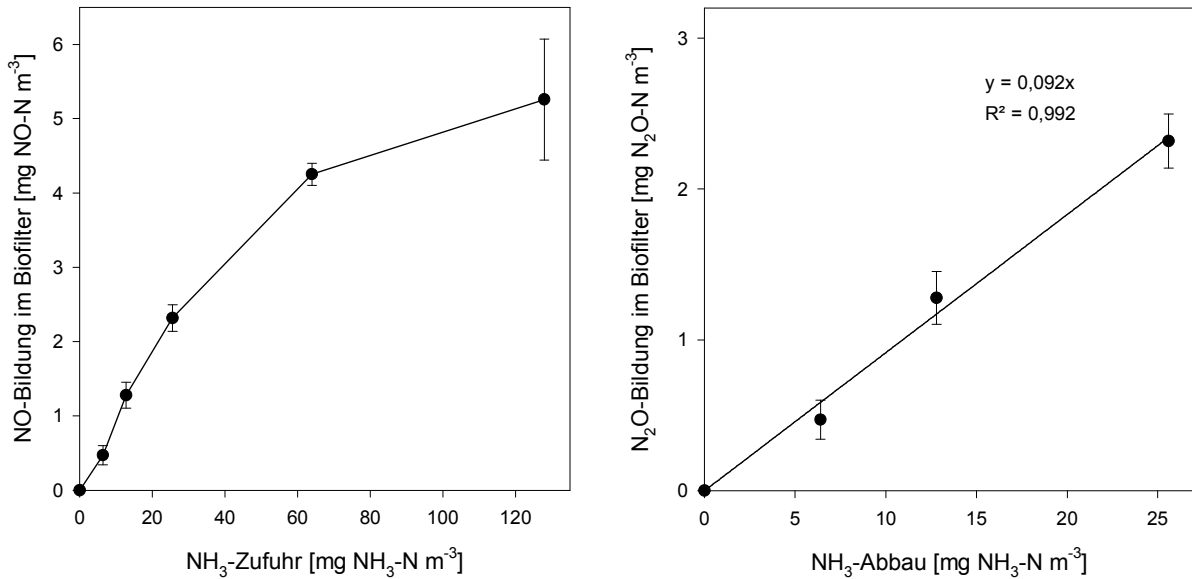


Bild 8: NO-Bildung im Biofilter in Abhängigkeit von der NH₃-Zufuhr (links) bzw. vom NH₃-Abbau im Biofilter (rechts).

Die Ergebnisse zeigen, dass das N₂O in direktem Zusammenhang zum NH₃-Abbau, also zur Nitrifikation des NH₃ steht. Die Denitrifikation, d.h. die Bildung von N₂O aus den Abbauprodukten der Nitrifikation, wie Nitrat und Nitrit (NO₃⁻, NO₂⁻), trägt vermutlich nicht wesentlich zur N₂O-Bildung bei. Denitrifikation findet verstärkt bei Sauerstoffmangel statt, wobei die Mikroorganismen ihren Sauerstoffbedarf über das NO₃⁻ decken. Bei den hohen Lüftungsraten und den geringen CO₂-Konzentrationen im Biofilter (<1000 ppm) war jedoch zu keiner Zeit mit einem O₂-Mangel zu rechnen, es lagen also keine Bedingungen vor, die eine Denitrifikation fördern.

NO wird zwar sowohl bei der Nitrifikation als auch bei der Denitrifikation gebildet, es wird aber nur während der Nitrifikation freigesetzt, bei der Denitrifikation wird es direkt zu N₂O oder N₂ weiterreduziert. (zit. bei TRIMBORN et al., 2003). Die Tatsache, dass es im Biofilter zu einer Bildung von NO kommt, und dass die NO- und N₂O-Konzentrationen sehr eng miteinander korrelieren spricht dafür, dass beide Spurengase im selben Prozess, nämlich der Nitrifikation gebildet werden. Überraschend sind nur die hohen Raten der N₂O und NO-Bildung. Fast 40 % des umgesetzten NH₃ werden zu diesen klimarelevanten Spurengasen abgebaut. Solch hohe Raten wurden bisher weder in der Abwassertechnik (z.B. N-Eliminationsstufen von Kläranlagen) noch in der Bodenkunde beschrieben. Sie scheinen jedoch im Bereich von Biofiltern durchaus möglich zu sein. Weitere wissenschaftliche Arbeiten zur Aufklärung der Bildungs- und Unterdrückungsmechanismen sind hier notwendig.

3.2 Erhöhung der VOC-Abscheidung

Versuche zur Erhöhung der VOC-Abscheidung wurden an einem halbtechnischen Biofilter mit Abluft aus der biologischen Abfallbehandlung durchgeführt. Der Aufbau der Technikumanlage des sauren Wäschers mit Biofilter ist in Bild 8 dargestellt.

Der saure Wäscher bestand aus zwei hintereinander geschalteten Wäscherkolonnen, deren Tanks ein Fassungsvermögen von je ca. 700 l hatten. Die Kolonnen waren mit Tropfkörpern gefüllt und wurden von oben mit ca. 5.000 l Wäscherlösung / h berieselt. Die Wäscherlösung wurde automatisch durch Zudosierung von Schwefelsäure auf einem pH-Wert von 3 gehalten.

Der Biofilter wurde im *downstream*-Verfahren betrieben und war mit ca. 5 m³ Wurzelholz gefüllt. Mit einer Berieselungsanlage konnte das Material befeuchtet werden. Eine Entnahme von Perkolatwasser (Drainagewasser) war am Behälterboden vorgesehen. Dabei wurde ein Volumenstrom von 250 m³/h eingestellt, was einer Filtervolumenbelastung von 50 m³/m³/h entsprach.

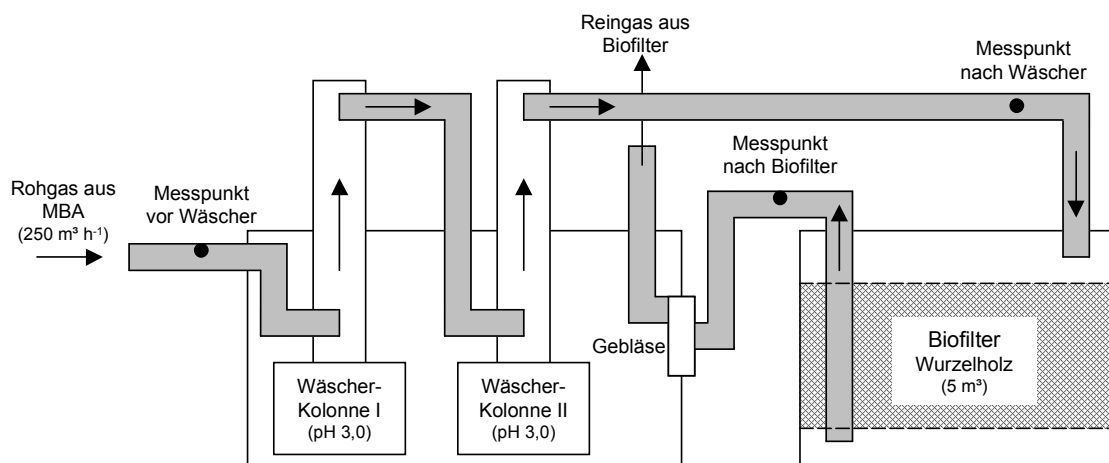


Bild 9: Skizze der Technikumanlage mit Saurer Wäsche und Biofilter

Die Ergebnisse aus Versuchen an einer Kompostierungsanlage und einer MBA mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlage (MBA) lassen wie folgt zusammenfassen:

- vollständige Abscheidung von NH₃ im sauren Wäscher,
- dadurch keine Bildung von N₂O im Biofilter,
- Steigerung des Abbaus von VOC bis auf 80% Gesamtsystem (64% Biofilter),
- starke Schwankungen des VOC-Abbaus,
- keine Veränderung der CH₄-Konzentrationen im Gesamtsystem,
- Temperatureinfluss im Winter (10 °C) und Nährstoffmangel hemmen den VOC-Abbau.

Ausgehend von diesen Erfahrungen wurden im weiteren Versuchsbetrieb im Winter eine Heizung des Rohgases, eine Isolation des Biofilters sowie periodische Düngergaben (N, P, K) zur Verbesserung der Nährstoffversorgung realisiert. Dadurch konnte der VOC-Abbau wieder erheblich verbessert werden (Bild 9).

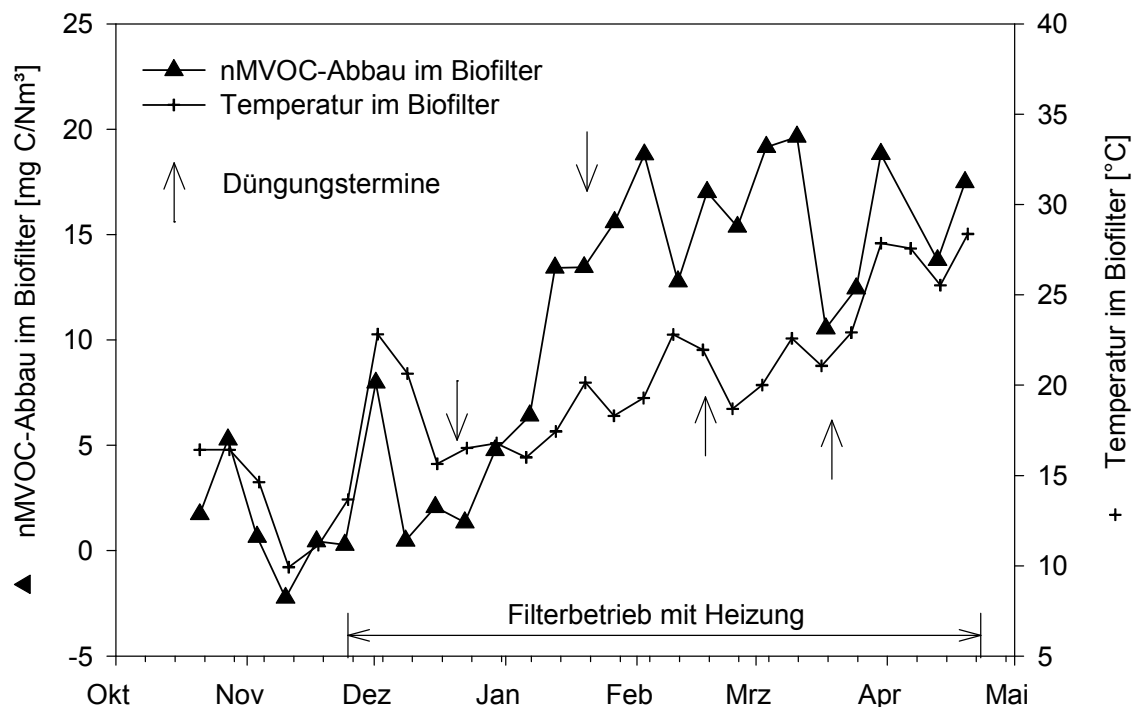


Bild 10: Zusammenhang zwischen VOC-Abbau, Temperatur und Düngergaben

In der VDI 3477 (dort: Tab. 7) wird ein Maßnahmenprofil zur Betriebsüberwachung vorgegeben, welches sich auf die Punkte erstreckt: Begehung mit optischen und sensorischen Kontrollen, Funktionsüberwachung, Messungen und Analysen (Abgas, Filtermaterial, Wasch- und Drainagewasser).

Das ÖWAV-Regelblatt 513 legt ebenfalls Anforderungen an das Rohgas und das Filtermaterial von Biofiltern fest und fordert einen Kontrollplan, eine Sollwerttabelle sowie ein Betriebshandbuch zur Überwachung verfahrenstechnischer Parameter.

3.3 Minderung der Treibhausgasbildung

Da eine NH_3 -Abscheidung im Biofilter stets mit der Nitrifikation verbunden ist, ist also in jedem Fall mit einer Bildung der klimarelevanten Spurengase N_2O und NO zu rechnen. Eine Minderung oder Vermeidung dieser Emissionen ist nur möglich, wenn das NH_3 vor Eintritt in den Biofilter aus dem Rohgas entfernt wird. Die hierfür notwendige Technologie steht in Form von sauren Wäschern zur Verfügung. Dem limitierenden Bedarf an Stickstoff für den biologischen Abbau der Abluftinhaltsstoffe muss dabei jedoch Rechnung getragen werden (C / N –Verhältnis).

4 Zusammenfassung und Fazit

Erhöhte rechtliche Anforderungen an die Emissionsminderung (TOC Emissionsbegrenzung) bedeutet für Biofilter notwendiger Weise eine bessere Ausschöpfung ihrer Leistungsfähigkeit, die derzeit in der Praxis noch wenig realisiert ist. Gründe sind oftmals Auslegungs- und Konstruktionsmängel bzw. fehlende Wartung und Betriebskontrollen, wie z.B.:

- Temperatureinfluss (kalte Hallenabluft z.B. im Winter),
- Belastungswechsel (z.B. keine Hallenentlüftung nachts),
- Biofilterfeuchte (insbesondere: Schutz vor Austrocknung).

Leitlinien für ein Biofilter-Management werden durch die VDI 3477 bzw. das ÖWAV-Regelblatt 513 begründet. An MBA-Anlagen wird häufig unterschätzt, welche Mengen an TOC und darin enthaltenes Methan in den unterschiedlichen Behandlungsstufen anfallen. Um das energieintensive thermische Abluftbehandlungsaggregat (RTO) möglichst klein zu halten, kommen in Kombinationslösungen für die niedrig belasteten Abluftströme Biofilter zum Einsatz.

Bei der Auslegung der Biofiltereinheit ist zu berücksichtigen, dass in der Behandlungsstufe Anlieferung und mechanische Aufbereitung einer MBA die Hallenabluft bereits mit 5 bis 80 mg/m³ TOC belastet ist. Die Frachten liegen zwischen 20 und 55 g TOC/Mg Anlageninput. Für die Abluft aus der Nachrotte müssen noch höhere TOC Frachten angesetzt werden. Außerdem ist dort ein nicht unerheblicher Anteil an Methan zu berücksichtigen.

Der Wirkungsgrad der Abluftbehandlung für organische Stoffe im Biofilter wird durch den sehr schlechten Wirkungsgrad für das Methan (0% bis 20%) überdeckt, so dass hier eine Unterscheidung des TOC in VOC + Methan sinnvoll ist. (Die 30. BImSchV differenziert hier übrigens nicht!) Die Abluftreinigung mit Biofiltern mindert den VOC bei guter biologischer Abbaubarkeit um bis zu 80% bis 90%. Dabei sollte die Volumenbelastung des Biofilters 100 m³/m³h nicht überschreiten. Beeinträchtigungen der Biofilterleistung können durch hohe NH₃-Beladungen (geringes C/N-Verhältnis) des Rohgases herrühren.

Unabhängig von der Höhe der NH₃-Zufuhr mit dem Rohgas werden ca. 29% des abgebauten NH₃ zu N₂O und ca. 9% zu NO umgewandelt. Eine dem Biofilter vorgeschaltete saure Wäsche mit z.B. Schwefelsäure eignet sich zur Abscheidung des NH₃ und somit zur Minderung von sekundärem N₂O sowie NO.

5 Literaturverzeichnis

- BARTELS, P. (2002) Kompostierung – Messung und toxikologische Bewertung flüchtiger organischer Substanzen (VOC) in der Abluft von Kompostieranlagen.
KRUSE, H. Heft 52 der Schriftenreihe des Instituts für experimentelle Toxikologie, Universitätsklinikum Kiel
- CUHLS, C. (2001) Schadstoffbilanzierung und Emissionsminderung bei der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung.
Heft 109 der Schriftenreihe des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik (ISAH) der Universität Hannover
- ÖWAV (2002) ÖWAV-Regelblatt 513: Betrieb von Biofiltern.
Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Wien (A)
- STRECKER, A. (2001) Biofilter – Praxiserfahrungen aus der Anlagenüberwachung.
Fortbildungsveranstaltung „Bioabfallkompostierung“, veröffentlicht in der Schriftenreihe Umwelt und Geologie des HLUG, Wiesbaden
- TRIMBORN, M. (2003) Reduktion von klimawirksamen Spurengasen in der Abluft von Biofiltern auf Bioabfallbehandlungsanlagen.
GOLDBACH, H. Endbericht zum DBU-Forschungsvorhaben AZ. 15052, GEWITRA
CLEMENS, J. Ingenieurgesellschaft mbH, Bonn
CUHLS, C.
BREEGER, A.
- VDI (2002) Biologische Abgasreinigung – Biofilter, VDI-Richtlinie 3477.
Entwurf vom August 2002, Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf

Anschrift der Verfasser

Dr.-Ing. Carsten Cuhls
gewitra Ingenieurgesellschaft für Wissenstransfer mbH
Zur Bettfedernfabrik 1
D-30451 Hannover
Telefon +49 511 999 08 74
Email: cuhls@gewitra.de

PD Dr. Joachim Clemens
gewitra Ingenieurgesellschaft für Wissenstransfer mbH
Karlrobert-Kreiten-Straße 13
D-53115 Bonn
Telefon +49 228 266 78 82
Email: clemens@gewitra.de

Website: www.gewitra.de