

## **Emissionen von Pilzsporen aus Biofiltern von Kompostwerken**

**R. Rabe, M. Becker<sup>1</sup>**

### **Zusammenfassung**

Die Biofilter von zwei geschlossenen Kompostwerken wurden hinsichtlich ihrer Pilzsporenemissionen untersucht. In allen Einzelmessungen wurde die Konzentration von Sporen des hygienisch besonders relevanten Schimmelpilzes *Aspergillus fumigatus* bei Passage der Biofilter reduziert. Auf der anderen Seite wurden Sporen von Pilzen, die die Biofilter besiedelten, in die Abluft freigesetzt, wie *Paecilomyces*-Arten und *Aureobasidium pullulans*. Die Gesamtpilzsporenkonzentration war in der „Reinluft“ teils höher, teils niedriger als in der „Rohluft“.

### **Emissions of fungal spores from biofilters of composting facilities**

#### **Abstract**

The biofilters of two compost plants were examined regarding their influence on the fungal spore concentrations in the bioaerosol of the emitted air of the plants when passing the biofilters. In all cases of a series of measurements there was a reduction in the spore concentration of *Aspergillus fumigatus*, but the spores of other fungi inhabiting the biofilters, particularly *Paecilomyces* species and *Aureobasidium pullulans*, were released into the emitted air. Thus in some cases the total number of spores was higher in the treated than in the untreated air, but in other cases it was reduced.

## **1 EINLEITUNG**

Die Freisetzung von Keimen aus Abfallbehandlungsanlagen in die Umgebung wird aus Sorge um mögliche Gesundheitsgefährdungen in der Öffentlichkeit sehr intensiv diskutiert. Aufgrund ihres teilweise multiplen Gefährdungspotenzials für die menschliche Gesundheit (Allergien, Toxikosen, Infektionen) stehen hierbei die Pilze im Mittelpunkt des Interesses. Wird die Abluft einer Abfallbehandlungsanlage durch ein Biofilter geleitet, so kann das Biofilter mit durchschnittlichen Keimgehalten von  $10^5$  bis  $10^8$  Keimen pro Gramm Filter-Trockensubstanz selbst zu einer Quelle von zusätzlichen Keimemissionen werden. Andererseits vermag ein Biofilter durch Adsorption Partikel zu binden, was die Keimgehalte im Abluftstrom reduziert.

In einer orientierenden Studie sollte der Frage nachgegangen werden, ob durch Biofilter die Keimgehalte in der Abluft von Kompostwerken verringert werden können oder ob sie ansteigen. Hierbei sollten nicht nur die Gesamtzahlen kultivierbarer Pilze erfasst werden, da es möglich ist, dass gleichzeitig eine Adsorption von Pilzsporen und Pilzfragmenten im Biofilter und Emissionen der Sporen von im Filter siedelnden Pilzen erfolgen, ohne dass sich die Gesamtzahl der kultivierbaren Pilzeinheiten wesentlich ändert. Verändern kann sich allerdings das Artenspektrum. Daher wurde in der Studie neben der Gesamtzahl der Pilze in den verschiede

---

<sup>1</sup> Dr. rer. nat. Rudolf Rabe, Dipl.-Humanbiol. Marius Becker, Labor Dr. Rabe HygieneConsult, Essen

nen Medien die Anzahl der einzelnen Arten bestimmt. Nachstehend werden nur die Ergebnisse der dominierenden Arten wiedergegeben.

## **2 METHODIK**

Die Messungen wurden an zwei Kompostwerken in Westdeutschland durchgeführt.

### **Anlage 1**

Bei dem Kompostwerk handelte es sich um eine geschlossene Anlage. Darin wurde ausschließlich Bioabfall kompostiert. Zur Verbesserung des Rotteprozesses wurde der Siebüberlauf des Fertigkompostes dem Bioabfall als Strukturmaterial zugemischt. Die Abluft aus den verschiedenen Rottebereichen konnte jeweils getrennt in das Biofilter geleitet werden. Die nachstehend beschriebenen Untersuchungen wurden an der Abluft einer drei Wochen alten Intensivrotte durchgeführt. Der Rottebereich wurde mit Frischluft belüftet. Die Abluft wurde über einen Sprühbefeuchter in das Biofilter geleitet. Die spezifische Filterflächenbelastung war regulierbar. Sie betrug während der Messungen  $112 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ .

Das Biofilter war ein Flächenbiofilter in offener Container-Bauweise. Die Schütthöhe des Biofiltermaterials (Rindenschrot: pH 5,5, Wassergehalt 71 %, Schüttgewicht  $0,57 \text{ Mg/m}^3$ , Porenvolumen 43 %, Korngrößenfraktion  $> 4 \text{ mm} > 80 \%$ , Wasserkapazität  $2,4 \text{ kg/kg}$  Trockenmasse) betrug 1,2 m auf einer Wurzelholz-Matratze von 0,2 m Dicke. Das Biofilter war zum Zeitpunkt der Messung drei Monate alt.

### **Anlage 2**

Das Abluftsystem in Anlage 2 erfasste die Luft aus den Hallen und die durch die Tafelmieten gesaugte Luft. Die Abluft enthielt also Keime aus allen Stadien der Aufbereitung und der Kompostierung.

Die Abluft wurde nach Passage eines Wäschers vier separaten Luftkammern unter dem einheitlichen Flächenbiofilter (32 m x 12 m) zugeleitet. Die Filterflächenbelastung betrug während der Messung  $84 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ . Das Biofilter hatte eine Schütthöhe von 1,2 m. Über einer Schicht aus gerissenem Wurzelholz (ca. 0,7 m) befand sich eine Schicht aus Wurzelholz und Kompost (0,5 m). Zum Zeitpunkt der hier beschriebenen Messungen war das Biofilter 9 Monate alt.

Die Emissionsproben von Anlage 2 wurden im Rahmen eines Untersuchungsauftrages des Landsumweltamtes Nordrhein-Westfalen (LUA) genommen. Sie wurden vom LUA für die hier beschriebenen Differenzierungen der Pilzarten zur Verfügung gestellt.

### **Probenahme und Analyse**

Die Rohluft wurde isokinetisch aus dem Abluftkanal bzw. einem Bypass (Anlage 2) mit Probenahmeeinrichtungen in Anlehnung an VDI 2066 Teil 7 beprobt. Die Probenahme der Biofilterablufte erfolgte auf den Biofiltern unter Verwendung einer Probenahmehaube nach VDI 3881 ebenfalls isokinetisch und in Anlehnung an VDI 2066 Teil 7. Das große Biofilter der Anlage 2 war zuvor im 2 m x 2 m-Raster bezüglich der Durchströmungsrate ausgemessen worden, und es war ein repräsentatives Probenahmefeld festgelegt worden.

Die Probenahme erfolgte über jeweils 15 Minuten in achtfacher Wiederholung (Anlage 1) bzw. über jeweils 10 Minuten in sechsfacher Wiederholung (Anlage 2). Die Proben wurden in sterilen Filterhaltern auf sterilisierte Polycarbonat-Membranfilter (Porenweite 0,8 µm) gezogen, in je 10 ml sterile Kochsalz (0,9%)-Tween 80 (0,02%)-Lösung überführt, unter Kühlung (4–7 °C) ins Labor gebracht und dort am nächsten Tag aufgearbeitet. Die Proben wurden auf einem Schüttler (30 min, 200 U/min.) (Anlage 2) bzw. mit einem Vortex-Mixer (2 min) (Anlage 1) eluiert. Es wurden mehrstufige Verdünnungsreihen hergestellt und jeweils 0,1 ml Suspension in drei Wiederholungen auf Malzextrakt-Agar ausplattiert. Die Bebrütung erfolgte 7 Tage lang für mesophile Pilze bei 25 °C und für thermophile Pilze bei 45 °C.

Aus dem Biofiltermaterial wurden die Mikroorganismen folgendermaßen eluiert: 100 g Frischmaterial wurden in 900 ml der o.g. Kochsalz/Tween 80-Lösung mit einem Kreisschüttler geschüttelt (30 min, 200 U/min). Der Überstand wurde dekantiert; die weitere Aufarbeitung und Kultivierung der Pilzeinheiten waren dieselben wie für die Filterproben.

### 3 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Die wichtigsten Ergebnisse sind in den Abbildungen 1 bis 4 dargestellt. Hierbei wurden zur besseren Anschaulichkeit die Befunde der einzelnen Proben zu geometrischen Mittelwerten vereinigt. Außerdem sind hier nur diejenigen Pilzarten dargestellt, die einerseits in größerer Artmächtigkeit auftraten und andererseits ein durch alle Wiederholungen hindurch gleichmäßiges Verhalten der Anreicherung oder Abreicherung im Biofilter zeigten.

In Anlage 1 war die Sporenkonzentration mesophiler Pilze in der Rohluft von dem drei Wochen alten Kompostmaterial relativ niedrig (Abb. 1). Nach Passage durch das Biofilter war die Sporenkonzentration im geometrischen Mittel um 17 % gesunken. Diese Abnahme war im wesentlichen auf *Aspergillus fumigatus* zurückzuführen, dessen Sporen in allen Einzelmessungen offensichtlich stark vom Biofiltermaterial adsorbiert wurden.

Andere Pilzarten zeigten ein indifferentes Verhalten – in den acht Proben war ihre Sporenkonzentration in der Rohluft teils höher, teils niedriger als in der Biofilterabluft -, während z.B. *Aureobasidium pullulans* überhaupt erst in der Biofilterabluft auftrat. Dieses gegenläufige Verhalten wurde noch deutlicher bei den mit 45 °C bebrüteten Proben (Abb. 2). Die Emission von *Aspergillus fumigatus*-Sporen nahm ab, während *Paecilomyces variotii* erst in der Biofilterabluft auftrat. Weitere thermophile Pilzarten wurden ebenfalls verstärkt aus dem Biofilter emittiert, so daß insgesamt die Sporenkonzentration thermophiler Arten in der Biofilterabluft höher war als in der Rohluft.

Abb. 3 zeigt die hohen Gehalte von *Paecilomyces* und *Aureobasidium* im Biofiltermaterial, die einen Hinweis auf die Quelle hoher Sporenkonzentrationen in der Biofilterabluft geben. Auch *Aspergillus fumigatus* ließ sich in großer Zahl aus dem Biofiltermaterial kultivieren. Hier dürfte es sich allerdings um kultivierbare Sporen gehandelt haben, die aus der Zuluft, wo sie in erhöhter Konzentration vorkamen, im Biofilter abgeschieden worden waren.

Auch in Anlage 2 wurde die Pilzsporenemission durch das Biofilter erhöht (Abb. 4): Allein durch die Freisetzung von *Paecilomyces spec.* aus dem Biofiltermaterial wurde die Sorption von *Aspergillus fumigatus* (und einigen anderen Pilzarten) überkompensiert, so daß in der Bio-

filterabluft die Gesamtkonzentration von kultivierbaren Sporen zweieinhalbfach höher war als in der Rohluft.

Die erhebliche Reduzierung der *Aspergillus fumigatus*-Gehalte in der Abluft von Kompostanlagen durch Biofilter ist aus hygienischer Sicht positiv einzuschätzen, da dieser Pilz in besonderem Maße humanpathogen ist. Die Freisetzung von *Paecilomyces variotii* aus dem Biofilter konterkarierte diesen positiven Effekt jedoch, da diese Art allergische Alveolitis auslösen kann und eine Ursache des Befeuchterfiebers ist.

Von anderen Autoren ist bisher noch keine konsequent nach einzelnen Arten aufgeschlüsselte Untersuchung zum Emissionsverhalten von Biofiltern an Kompostwerken durchgeführt worden. Die Betrachtung von größeren Mikroorganismengruppen zeigte meist eine Reduzierung der Emissionsrate durch Biofilter. Allerdings sind die Ergebnisse nur bedingt miteinander vergleichbar, da in den Untersuchungen jeweils unterschiedliche Messverfahren angewendet worden waren. Jager et al. [1] stellten bei zwei eingehausten Kompostwerken fest, daß nach Passage des Biofilters die Maximal- und die Medianwerte für Schimmelpilze und gram-negative Bakterien im Bereich der Hintergrundwerte lagen. Die Gesamtbakterienzahlen waren jedoch im Vergleich zur Rohluft kaum reduziert. Eckrich et al. [2] fanden bei Gesamtbakterien und Schimmelpilzen eine Reduktion von ca.  $10^4$  bis auf ca.  $10^3$  KBE/m<sup>3</sup> durch die untersuchten Biofilter. Bei den Untersuchungen von Schilling et al. [3] an den Biofiltern dreier Kompostanlagen war die Gesamtschimmelpilzkonzentration (20 °C) nur bei einzelnen Messungen durch die Biofilter reduziert. Die Konzentrationen thermotoleranter Pilze wurden an Anlage A um den Faktor 2 bis 25, an Anlage B um den Faktor 130 bis 650 und an Anlage C um den Faktor 1,3 bis 20 verringert. Bei thermophilen Actinomyceten betrug die Spannweite der Reduzierungsfaktoren 1,3 bis 190. Eine Erklärung für das unterschiedliche Verhalten konnte nicht gegeben werden. Hierzu wären weitere Untersuchungen des Biofiltermaterials, der Durchströmung, der hydraulischen Eigenschaften usw. erforderlich gewesen. Die Befunde stimmen mit den eigenen Ergebnissen überein: Die Sporen thermotoleranter Schimmelpilze werden teilweise im Biofilter zurückgehalten, ohne dass entsprechende Sporenfrachten aus dem Biofilter freigesetzt werden. Bei mesophilen Pilzen erfolgen sowohl Deposition als auch Freisetzung, wobei beide Vorgänge nicht im Gleichgewicht stehen, zumal Deposition und Freisetzung unterschiedliche Pilzarten betreffen können.

Kliche et al. [4] ermittelten an dem Biofilter eines Kompostwerkes an 10 von 14 Messtagen in der Reinluft höhere Konzentrationen an mesophilen Schimmelpilzen als in der Rohluft. Diese vermehrte Pilzsporenfreisetzung wurde mit einer mangelnden Materialfeuchte in Verbindung gebracht; bei einem anderen gut durchfeuchteten Biofilter waren die Gehalte in der Reinluft stets geringer als in der Rohluft.

Aufgrund der wenigen bisherigen Untersuchungsergebnisse läßt sich vorläufig feststellen, dass Biofilter grundsätzlich in der Lage sind, einen Teil der im Abluftstrom enthaltenen Mikroorganismen zurückzuhalten. Zugleich werden aber z.B. von Schimmelpilzen, die das Biofilter besiedeln, Sporen in die Reinluft abgegeben. Hierdurch wird das Artenspektrum in der Reinluft gegenüber der Rohluft verändert. Dies hat auch Konsequenzen für die hygienische Bedeutung der mikrobiellen Immissionen in der Umgebung, die stark von der Artenzusammensetzung abhängig ist.

## LITERATUR

- [1] Jäger, E., Rüdén, H., Zeschmar-Lahl, B.: Kompostierungsanlagen. 2. Mitteilung: Aerogene Keimbelastung an verschiedenen Arbeitsbereichen von Kompostierungsanlagen. Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 196 (1994), 367-379
- [2] Eckrich, C., Jäger, E., Jäger, J.: Keimemissionen im Umfeld von Kompostierungsanlagen. In: Schriftenreihe des Arbeitskreises für die Nutzbarmachung von Siedlungsabfällen (ANS) e.V. Heft 32: Hygieneaspekte bei der biologischen Abfallbehandlung. 53. Informationsgespräch in Delmenhorst/Ganderkesee im März 1996 (1996) 253-273
- [3] Schilling, B., D. Heller, Y. Graulich, E. Göttlich: Bestimmung der Emissionen von Mikroorganismen aus Biofiltern und der Immissionskonzentrationen im Einwirkungsbereich von Kompostierungsanlagen. In: Th. Eikmann und R. Hofmann (Hrsg.): Stand von Wissenschaft, Forschung und Technik zu siedlungshygienischen Aspekten der Abfallentsorgung und -verwertung. Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene Bd. 104 (1999), 685-701
- [4] Kliche, R., Vissienon, T., Giese, J., Zschaubitz, K., Schumann, M., Bergmann, K., Kummer, B., Willig, R.: Zusammenhang zwischen mikrobieller Besiedlung und Geruchsemission. Abschlußbericht zu Teilvorhaben 9 des Verbundvorhabens „Neue Technologien zur Kompostierung“ im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie. Leipzig (1996)