

Schimmelpilze in Schwebstofffiltern von Lüftungsanlagen in Fahrzeugen

Teil I: Laboruntersuchungen

R. Rabe, B. Vogt, S. Taleki, U. Schies, R. Scholbeck

1 Einleitung

Schimmelpilze können auf praktisch allen festen Medien wachsen, wenn sie nur ein Minimum an Nährstoffen und eine ausreichende Wasserversorgung zur Verfügung haben. Daher liegt der Gedanke nahe, dass Schimmelpilzsporen, die auf Schwebstofffiltern zur Luftreinigung abgeschieden wurden, bei genügend hoher Luftfeuchte auskeimen können und bei dem auf den Filtern in Folge der Staubablagerungen meist vorhandenen guten Nährstoffangebot zu neuen Pilzgeflechten heranwachsen. Die Pilzfäden sind dünn genug, um das Fasergeflecht eines HEPA-Filters zu durchwachsen. Auf der Reinluftseite könnten sie zu Pilzkolonien heranwachsen, neue Sporenträger bilden und große Mengen von Pilzsporen mit dem Luftstrom in die gefilterte Reinluft abgeben. Hierdurch würde der Zweck der Schwebstofffilter zumindest teilweise konterkariert werden. In der Vergangenheit wurde durch Studien mehrfach nachgewiesen, dass unter besonders günstigen, zumeist künstlich geschaffenen Nährstoffbedingungen sowie lang anhaltender extrem hoher Luftfeuchte Schimmelpilze und andere Mikroorganismen auf Filtern von Lüftungsanlagen in Gebäuden wachsen und sich vermehren können [1 bis 7]. Ob dies unter Praxisbedingungen auch an den Schwebstofffiltern der Lüftungsanlagen für die Fahrerkabinen von Radladern und anderen Fahrzeugen, die in der Abfallwirtschaft eingesetzt werden, möglich ist, sollte in einem Forschungsvorhaben untersucht werden.

Hierbei wurde schrittweise vorgegangen: Zunächst wurde ermittelt, ob Schimmelpilze prinzipiell in der Lage sind, den Staub in Abfallwirtschaftsanlagen, wie er sich auf den Schwebstofffiltern niederschlägt, als Quelle für den organischen Kohlenstoff zu nutzen. Der zweite Schritt war die Klärung der Frage, bei welcher Luftfeuchte Schimmelpilze unter Laborbedingungen Schwebstofffilter durchwachsen können. Im dritten Schritt waren in einem Windkanal Schwebstofffiltermaterialien mit Schwebstaub und Schimmelpilzsporen beaufschlagt worden und wurden anschließend mehrere Wochen lang mit Luft durchströmt. Hierbei wurde beobachtet, ob auf der Rohluftseite Pilzsporen auskeimten und auf die Reinluftseite durchwachsen. Diese Versuchsserien wurden mehrfach bei unterschiedlichen klimatischen Gegebenheiten wiederholt. Die Erfassung der Pilze unmittelbar auf den Filtermedien wurde durch Messungen der Abgabe von Pilzsporen in die Reinluft ergänzt. Die unmittelbar praxisbezogenen Messungen an 18 Fahrzeugen der Abfallwirtschaft, die unter unterschiedlichen klimatischen Bedingungen im Einsatz sind, werden in den Jahren 2001/2002 durchgeführt. Die Ergebnisse werden gesondert veröffentlicht.

Sollte sich bei den verschiedenen Versuchsserien herausstellen, dass auch unter „normalen“ Umweltbedingungen Pilze die Schwebstofffilter zur Kabinenluftfilterung von Erd-

Zusammenfassung Im Auftrag der Tiefbau-Berufsgenossenschaft wurde in den Jahren 1999/2000 vom Labor Dr. Rabe HygieneConsult der erste Teil eines Forschungsprojekts durchgeführt, das klären soll, ob und unter welchen Bedingungen Schimmelpilze in der Lage sind, Schwebstofffilter, die in Belüftungsanlagen von Erdbaumaschinen eingesetzt werden, zu durchwachsen. Die Ergebnisse der Laborversuche zeigen, dass Schimmelpilze in der Lage sind, Staub mit einem hohen Anteil organischer Substanz als Kohlenstoffquelle für ihr Wachstum zu nutzen. Bei konstanter Luftfeuchte von 86 % und höher keimten Pilzsporen auf staubbeladenen Hochleistungsschwebstoff(HEPA)-Filtern, und die Pilze wuchsen durch die Filter hindurch. Bei Filtern, die in Simulation realer Einsatzbedingungen von Kabinenluftfiltern im 8/16-Stunden-Rhythmus in einem Klimakanal mit konditionierter Luft durchströmt wurden, wurde bei hoher Luftfeuchte (Median: 97 % relative Feuchte) bereits nach sechs Tagen eine geringfügige Durchwachsung der Filter festgestellt, nach 19 Tagen war sie erheblich. Deutlich reduziert, wenn auch nicht unterdrückt, war das Pilzwachstum auf den Filtern bei einem Median von 85 % relativer Feuchte. Innerhalb von vier Wochen waren auf der Reinluftseite nur in geringem Maße Pilze nachzuweisen; zur Freisetzung von Pilzsporen kam es nicht. Eine weitere Versuchsserie mit variierender, ziemlich hoher relativer Feuchte wurde über einen Zeitraum von sechs Wochen durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen eine Durchwachsung der Filter mit zunehmender Versuchsdauer unter Bildung von Sporenträgern auf der Reinluftseite. Bei Versuchsende war die Sporenfreisetzung bemerkenswert. Aus den Ergebnissen der Laborversuche muss geschlossen werden, dass unter Bedingungen, die die Praxisverhältnisse mehr oder weniger gut abbilden, Schimmelpilze in der Lage sind, HEPA-Filter zu durchwachsen und auf der Reinluftseite neue Sporen zu bilden, die in die Reinluft abgegeben werden.

Mould fungi in high efficiency particulate air (HEPA) filters in vehicle air supply systems – Part I: Laboratory research

Abstract In 1999/2000 the Dr. Rabe HygieneConsult laboratory conducted the first part of a research project on behalf of the Tiefbau-Berufsgenossenschaft (institution for statutory accident insurance and prevention in the civil engineering sector); the project is designed to establish whether and under which conditions mould fungi are able to permeate high efficiency particulate air (HEPA) filters used in the ventilation systems of earth-moving machinery. The laboratory results demonstrate that mould fungi can use dust with a high proportion of organic matter as a source of carbon for growth. Given a constant 86 % relative humidity of air or higher, mould spores germinated on dust-treated HEPA filters and the mould fungi grew through the filters. In filters used in a simulation of in-vivo conditions, where cabin air filters were exposed, in a 8/16 hour rhythm, to circulated conditioned air passed through a climatic wind tunnel, slight growth through the filter was already found after 6 days at a higher air humidity (median: 97 % relative humidity) and after 19 days the penetration was considerable. Mould fungi growth on the filters was substantially reduced at a median of 85 % relative humidity of air. There was only slight mould to be found on the clean air side within four weeks; there was no release of mould fungal spores. A second test series using a varying degree of rather high relative air humidity was carried out over a period of 6 weeks. The results demonstrate that mould penetration of the filter was found as the exposure period elapsed, together with formation of spore carriers on the clean air side. By the end of the six-week period, there was considerable spore release. The results of our laboratory tests clearly illustrate that under conditions closely approximating those commonly present in normal use, mould fungi are able to penetrate HEPA filters and form new spores on the clean air side, which are then released into the clean air flow.

Dr. Rudolf Rabe, Dipl.-Umweltwiss., Benedikt Vogt,
Labor Dr. Rabe HygieneConsult, Essen.
Dr. Ursula Schies, Prof. Rudolf Scholbeck,
Tiefbau-Berufsgenossenschaft, München.

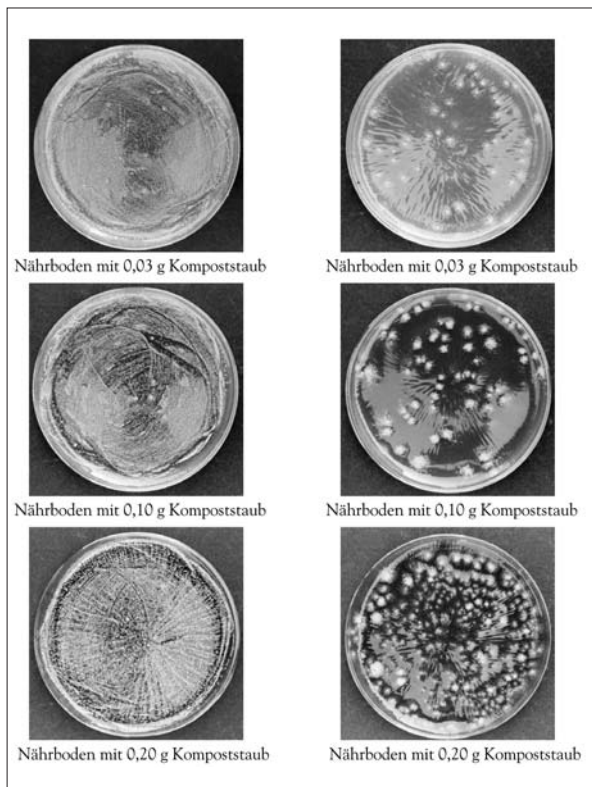


Bild 1 | Wachstum von *Penicillium chrysogenum* (links) und *Eurotium amstelodami* (rechts) auf Nährböden mit unterschiedlichen Kompoststaubkonzentrationen.

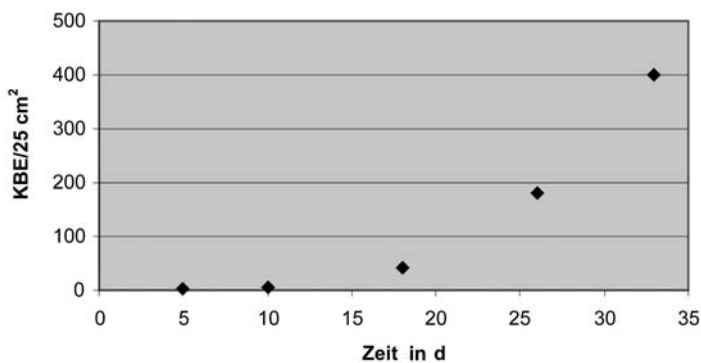


Bild 2 | Pilzdichte auf der Reinluftseite des mit Hausstaub und Pilzsporen beaufschlagten Kunstfaserfilters bei 100 % relativer Luftfeuchte in Abhängigkeit von der Versuchsdauer.

baumaschinen und Flurförderzeugen in der Abfallwirtschaft durchwachsen können und auf der Reinluftseite zu nennenswerten Sporenfreisetzungen führen, müssten Maßnahmen überlegt werden, die das Schimmelpilzwachstum unterdrücken.

2 Pilzwachstum bei Staub als einziger Nährstoffquelle für organischen Kohlenstoff

Für Untersuchungen des Pilzwachstums mit Staub als Nahrungsquelle wurde sterilisierter Agar mit standardisiertem Hausstaub bzw. Kompoststaub in unterschiedlichen Konzentrationen als Nährmedium verwendet, auf dem jeweils 0,1 ml einer Suspension mit Sporen verschiedener Pilzarten aufgebracht worden war. Während auf Hausstaub-Agar das Pilzwachstum stark eingeschränkt war, ermöglichte Kompoststaub-Agar den Pilzen der Gattung *Penicillium* ein gutes Wachstum, und das sogar bei Konzentrationen von lediglich 0,03 g Staub je Nährboden-Platte. *Eurotium*-Arten entwickelten sich auf diesem Staub-Nährboden allerdings wesentlich schlechter als auf DG 18-Agar (Bild 1).

3 Pilzwachstum auf beaufschlagten Filtermedien bei unterschiedlichen relativen Luftfeuchten

Materialstücke von Glasfaser- bzw. Kunstfaserfiltern der HEPA-Filterklasse H 13 wurden im Strömungskanal während eines Zeitraums von fünf Tagen mit Pilzsporen und mit geringen Mengen von standardisiertem Hausstaub bzw. Kompoststaub beaufschlagt. Die Staubmengen betragen insgesamt 0,05 g bzw. 0,5 g je Filterprüfstück von ca. 270 cm² Fläche. Die Filterprüfstücke wurden anschließend in einem abgeschlossenen Luftraum bei definierter Luftfeuchte von 100 % bzw. 86 % fünf bis sieben Wochen lang ruhen gelassen. Während dieses Zeitraums konnten die abgeschiedenen Pilzsporen bei 100 % bzw. 86 % relativer Luftfeuchte auskeimen und zu Pilzgeflechten heranwachsen, die auch auf die Reinluftseite durchwachsen. Je höher die aufgegebene Staubmenge und je höher die Luftfeuchte während des Versuchszeitraums waren, desto schneller und intensiver wuchsen die Pilzgeflechte durch die Filtermaterialien hindurch. In unterschiedlichen Zeitabständen wurden auf den Reinluftseiten der Filter sog. Abdruckproben genommen. Hierbei wird ein Nährboden leicht gegen die Oberfläche des Filters gedrückt, wobei die Pilzfäden und Pilzsporen auf der klebrigen Oberfläche des Nährbodens haften bleiben. Aus ihnen wachsen jeweils Pilzkolonien, die mit bloßem Auge zählbar sind. Die Anzahl der gebildeten Pilzkolonien ist ein Maß für die Dichte des Pilzbewuchses auf der Reinluftseite.

Bild 2 zeigt die Entwicklung der Pilzbesiedlung auf der Reinluftseite in Abhängigkeit von der Zeit bei einem Kunstfaserfilter bei 100 % relativer Luftfeuchte. Die bei den Beprobungen gemessenen koloniebildenden Einheiten (KBE) waren nicht nur auf sterile Pilzgeflechte zurückzuführen. Vielmehr zeigten Klebefilmproben, dass sich aus diesen Pilzgeflechten bereits wieder Sporenträger gebildet hatten, die in der Lage waren, beträchtliche Sporenmengen zu bilden. Bei den Klebefilmproben wird ein Stück transparenter Klebefilm auf die Oberfläche des Filters gedrückt und wieder abgezogen, wobei Teile des Pilzgeflechts an dem Klebefilm haften bleiben. Die Klebefilmstücke können dann direkt unter dem Mikroskop ausgewertet und fotografiert werden (Bild 3).

Nach sieben Wochen Standzeit war auf der Reinluftseite des Filtermaterials bei günstigen Bedingungen (100 % relative Luftfeuchte und 0,5 g Staub je 270 cm² Filterfläche) bereits mit bloßem Auge ein dichter Pilzbewuchs feststellbar. Bild 4 zeigt den Pilzbewuchs bei ca. 50facher Vergrößerung unter dem Aufricht-Mikroskop.



Bild 3 | *Penicillium*-Sporenträger auf der Reinluftseite eines bei 100 % relativer Luftfeuchte inkubierten Kunstfasersfilters (Präparat gefärbt mit Fluoreszenzfarbstoff).

Original-Vergrößerung 1000fach

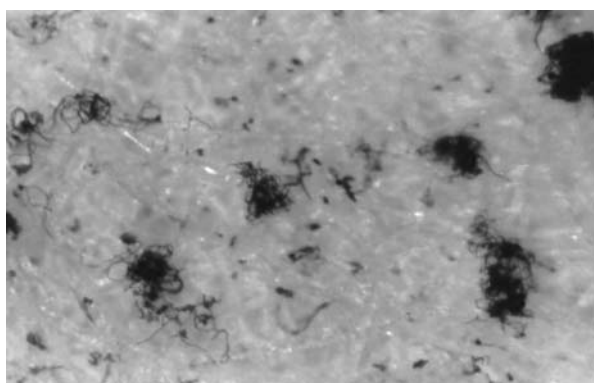


Bild 4 | Reinluftseite des mit Kompoststaub und Pilzsporen beaufschlagten Kunstfasersfilters nach 50 Tagen Versuchsdauer (100 % relative Luftfeuchte) bei ca. 50facher auflichtmikroskopischer Original-Vergrößerung.

Bild 6 | Prüfkammern der zweiten Strömungsstrecke.

4 Versuche im klimatisierten Windkanal

In der nächsten Stufe von Versuchen wurden Bedingungen geschaffen, die den Einsatzbedingungen von Kabinenluftfiltern von Fahrzeugen der Abfallwirtschaft nahe kommen. Die Luftfeuchte wurde auf einem bestimmten Niveau, aber nicht mehr so streng konstant gehalten. Außerdem waren die Filter während der gesamten Versuchsdauer von etwa drei bis sechs Wochen in einem Tag-Nacht-Rhythmus durchströmt. Hierbei wurde der Einsatzrhythmus der Fahrzeuge bzw. Filter nachempfunden: 8 Stunden Durchströmung wechselten ab mit 16 Stunden Stillstand. Während der Stillstandsphase erfolgte allerdings aus methodischen Gründen eine sehr schwache Durchströmung der Filter. Die Versuche wurden in einem klimatisierbaren Filterprüfstand der Prüfstelle für Lufthygiene der Firma DMT (Division Gas and Fire) in Essen durchgeführt¹⁾. Der klimatisierbare Filterprüfstand besteht aus einem geschlossenen Raum, in den Frischluft eingesaugt wird, die über

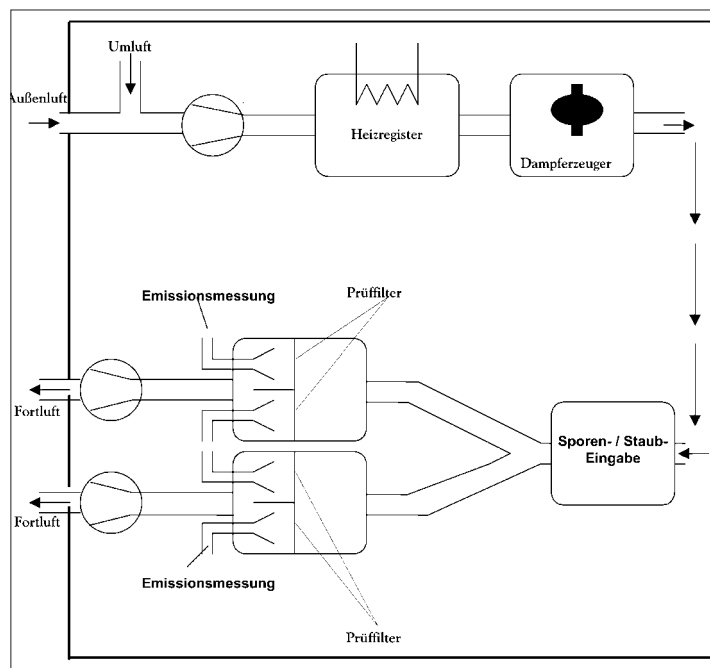


Bild 5 | Schema des verwendeten Klimakanals der Firma DMT mit erster Strömungsstrecke (oben) und zweiter Strömungsstrecke (unten) (Pfeile symbolisieren Strömungsrichtung).



ein Heizregister und einen Dampferzeuger fakultativ konditioniert werden kann.

Die Raumluft wird in eine Kammer eingesaugt, in die der Staub und die Pilzsporen zudosiert werden. Die Luft gelangt von dort in einen Kanal, der sich teilt und in eine obere und eine untere Prüfkammer führt. Die Prüfkammern sind durch Wände quer geteilt. Sie haben runde Aussparungen, in die insgesamt vier Prüffilter eingesetzt werden. Auf der Reinluftseite befinden sich hinter den Prüffiltern die Ansaugöffnungen von Probenahmesystemen, mit denen Proben aus der Reinluft gezogen werden, um festzustellen, ob von den beaufschlagten Filtern Pilzsporen auf der Reinluftseite abgegeben werden. Die Abluft aus den Prüfkammern wird über ein Gebläse an die Außenluft abgegeben (**Bilder 5 und 6**).

¹⁾ Wir danken Herrn Stockmann und Herrn Dr. Lange, DMT Division Gas and Fire, dass sie uns diese Versuchsreihen am Filterprüfstand ermöglicht haben, sowie für die Unterstützung während der Durchführung der Arbeiten.

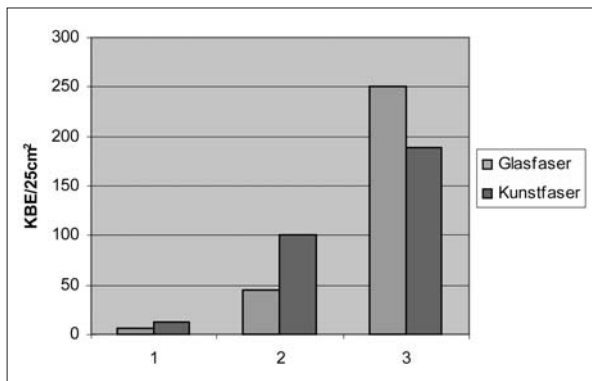


Bild 7 Mittlere Pilzdichte auf der Reinfluftseite der Glas- bzw. Kunstfaserfilter nach unterschiedlicher Versuchsdauer bei wasserdampfgesättigter Luft. (1 = nach 6 Tagen; 2 = nach 12 Tagen; 3 = nach 19 Tagen)

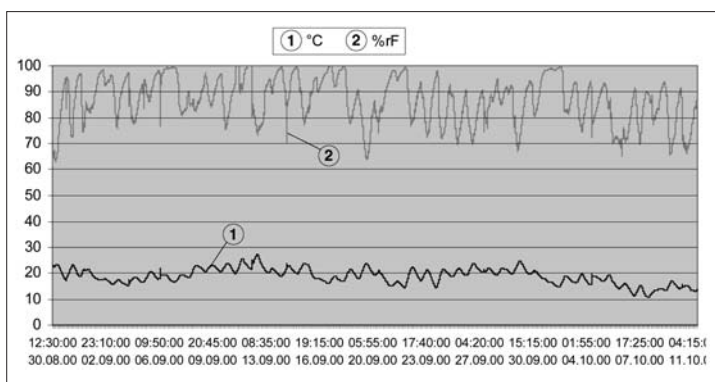


Bild 8 Relative Feuchte und Temperatur während einer Versuchsreihe der Klimakanalversuche mit befeuchteter Außenluft.

In dem Filterprüfstand wurden drei Versuchsserien bei unterschiedlicher Luftfeuchte durchgeführt. Bei der ersten Versuchsserie betrug der Luftfeuchte-Zielwert 100 %, bei der zweiten Serie 85 %, und bei der dritten Serie herrschten Außenluftbedingungen, wobei die Luft mit einer konstanten Wasserdampfmenge geringfügig angereichert wurde.

Aus den drei Versuchsserien soll jeweils ein Versuch exemplarisch beschrieben werden.

Während der Durchführung des ersten Versuchs aus der ersten Serie wurde nur selten eine Wasserdampfsättigung erreicht, und durch Ausfälle der Feuchteregelung gab es fünf stärkere Einbrüche der Luftfeuchte. Diese schädeten aber offensichtlich der Durchwachsung der Prüffilter mit Pilzfäden nicht. Auf der Reinfluftseite waren bereits nach acht Tagen die ersten Pilze nachweisbar, und nach 19 Tagen Versuchsdauer wurde eine große Dichte koloniebildender Einheiten auf der Reinfluftseite festgestellt (**Bild 7**).

Die Sporenfreisetzung in die Reinfluft war jedoch außerordentlich gering: Die Pilzsporenkonzentration der Reinfluft lag nur unwesentlich oberhalb der Nachweisgrenze von 16 KBE/m³. Mit Klebefilmproben konnten auch keine Sporenträger der Pilzgeflechte auf den Reinfluftseiten nachgewiesen werden.

Bei nominal 85 % Luftfeuchte, die im Prinzip ein Pilzwachstum nicht ausschließt, war die Durchwachsung der Filter mit Pilzfäden offensichtlich sehr viel geringer als bei den Versuchen mit 100 % Luftfeuchte. Auch wurden bei dieser Versuchsserie praktisch keine Pilzsporen in die Reinfluft abgegeben.

Anders lagen die Verhältnisse bei einem der Versuche mit konditionierter Außenluft (**Bild 8**). Die Temperatur war im Mittel höher als bei den vorhergehenden Versuchen, während die Luftfeuchte wie in dem zuvor beschriebenen Versuch etwa 85 % betrug. Allerdings war die Schwankungsbreite wesent-

Tabelle 1 Pilzdichte auf der Reinfluftseite der Glas- bzw. Kunstfaserfilter einer Versuchsreihe mit befeuchteter Außenluft.

(1 = obere Prüfkammer; 2 = untere Prüfkammer)

Filter	Reinfluftseite nach 7 Tagen in KBE/25 cm ²	Reinfluftseite nach 14 Tagen in KBE/25 cm ²	Reinfluftseite nach 21 Tagen in KBE/25 cm ²	Reinfluftseite nach 28 Tagen in KBE/25 cm ²	Reinfluftseite nach 35 Tagen in KBE/25 cm ²	Reinfluftseite nach 42 Tagen in KBE/25 cm ²
Glasfaser (1)	0*)	41*)	> 250*)	> 250*)	> 250*)	> 250*)
Glasfaser (2)	0	8	86	14	32	> 250
Kunstfaser (1)	0	4	220	186	52	> 250
Kunstfaser (2)	2	14	105	93	38	> 250

*) Glasfaserfilter gerissen

Tabelle 2 Sporen- und Myzeldichte auf der Reinfluftseite der Glas- bzw. Kunstfaserfilter einer Versuchsreihe mit befeuchteter Außenluft nach mikroskopischer Betrachtung (1000fach) von Klebefilmproben. (1 = obere Prüfkammer; 2 = untere Prüfkammer)

Filter	Reinfluftseite nach 7 Tagen		Reinfluftseite nach 14 Tagen		Reinfluftseite nach 21 Tagen		Reinfluftseite nach 28 Tagen		Reinfluftseite nach 35 Tagen		Reinfluftseite nach 42 Tagen	
	Sporen	Myzel	Sporen	Myzel	Sporen	Myzel	Sporen	Myzel	Sporen	Myzel	Sporen	Myzel
Glasfaser (1)*	-	-	-	-	-	-	-	-	++	+	+	+
Glasfaser (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	++	++
Kunstfaser (1)	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-
Kunstfaser (2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+++	+++

* Glasfaserfilter gerissen;

- = nicht vorhanden; + = vereinzelt, wenige; ++ = mehrere; +++ = viele

Tabelle 3 Freigesetzte Pilzsporen nach zweitägiger Ruhephase nach Abschluss eines Klimakanalversuchs mit befeuchteter Außenluft.

(1 = obere Prüfkammer; 2 = untere Prüfkammer)

Filter	Pilzsporenkonzentration Reinluft in KBE/m ³
Glasfaser (1)	351*
Glasfaser (2)	835
Kunstfaser (1)	33
Kunstfaser (2)	585

* Filter gerissen

lich größer (von 63 % bis 100 % relative Feuchte), und die Schwankungen erfolgten im Tagesrhythmus. Im Vergleich zu den vorangegangenen Versuchen war der Volumenstrom reduziert worden. Ein wesentlicher Unterschied bestand auch in der Versuchsdauer: sechs statt vier Wochen.

Mit Hilfe von Abdruckproben war bereits nach zwei Wochen ein leichter Pilzbewuchs auf der Reinluftseite der Filterstücke festzustellen, der im weiteren Verlauf immer stärker wurde, bis nach sechs Wochen auf der Reinluftseite aller Filter ein dichter Rasen gebildet war (siehe **Tabelle 1**) (der Glasfaserfilter Nr. 1 hatte wegen eines Filterrisses, der wieder verschlossen wurde, abweichende Werte).

Mit Klebefilmproben war die Durchwachsung erst später festzustellen (**Tabelle 2**): Nach vier Wochen waren nur vereinzelt Sporen und noch keine Teile von Pilzgeflechten zu erkennen, nach sechs Wochen jedoch zeigten sich fast überall auf den Filtern neben den Pilzsporen Teile von Pilzgeflechten. Die Pilzgeflechte sind ein Beweis für die Durchwachsung der Filter durch die Pilze. Der Nachweis von Pilzsporen allein ist noch kein Beweis für die Durchwachsung, da stets ein geringer Anteil der Pilzsporen die Filter passiert und auf den Fasern an der Reinluftseite abgeschieden wird.

Von den auch mikroskopisch beobachteten, auf der Reinluftseite neu gebildeten Sporenträgern wurden nennenswerte Mengen von Sporen in die Reinluft abgegeben: **Tabelle 3** zeigt, dass die Pilzsporenkonzentration in der Reinluft hinter dem Filter zwischen 33 und 835 KBE/m³ Luft betrug. Die Filter waren dabei im Labor mit keimarmer Luft mit dem in der Praxis üblichen Volumenstrom von 50 m³/h durchströmt worden.

5 Zusammenfassende Bewertung und Ausblick

Aus den Ergebnissen der Laborversuche muss geschlossen werden, dass unter Bedingungen, die die Praxisverhältnisse mehr oder weniger gut abbilden, Schimmelpilze in der Lage sind, HEPA-Filter zu durchwachsen und auf der Reinluftseite neue Sporen zu bilden, die in die Reinluft abgegeben werden.

In weiteren, hier nicht dargestellten Untersuchungen an Filtern von Belüftungsanlagen in vier Radladern in Abfallwirtschaftsbetrieben war die Keimfreisetzung recht gering; sie nahm tendenziell mit zunehmender Betriebsdauer der Filter (4 bis 12 Wochen) zu. Die beobachteten Unterschiede zwischen den einzelnen Filtern bzw. Fahrzeugen in unterschiedlichen Einsatzgebieten lässt vermuten, dass in der Praxis sehr unterschiedliche Keimfreisetzungsraten auftreten können. Diese Frage soll im zweiten Teil des Projekts während eines einjährigen Prüfzeitraums an 18 Fahrzeugen geklärt werden, die unter unterschiedlichen klimatischen Bedingungen im Einsatz sind.

Literatur

- [1] Elixmann, J. H.: Filter einer lufttechnischen Anlage als Ökosystem und als Verbreiter von Pilzallergenen. München-Dreisenhofen: Dustri 1989.
- [2] Elixmann, J. H.; Jorde, W.: Rückhaltefähigkeit von Filtern für Allergenträger (Pilzsporen) und Allergene. FLT-Vorhaben 3/1/70/90. Frankfurt/M. 1990.
- [3] Kemp, S. J.; Kuehn, T. H.; Pui, D. Y. H.; Vesley, D.; Streifel, A. J.: Growth of microorganisms on HVAC filters under controlled temperature and humidity conditions. ASHRAE transact. part 1 (1995), S. 1–12.
- [4] Kemp, S. J.; Kuehn, T. H.; Pui, D. Y. H.; Vesley, D.; Streifel, A. J.: Filter collection efficiency and growth of microorganisms on filters loaded with outdoor air. ASHRAE transact. part 1 (1995), S. 228–238.
- [5] Martikainen, P. J.; Asikainen, A.; Nevalainen, A.; Jantunen, M.; Pasanen, P.; Kalliokoski, P.: Microbial growth on ventilation filter materials. In: Proceedings 5th Internat. Conf. Indoor Air Quality and Climate. Hrsg.: D. W. Walkinshaw. Vol. 3, S. 203–206. Toronto 1990.
- [6] Möritz, M.: Verhalten von Mikroorganismen auf Luftfiltern in Raumlufttechnischen Anlagen in Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchte. Berlin: Verl. für Wiss. und Bildung 1996.
- [7] Schmidt-Lorenz, W.; Schmidt, U.; Uehlinger, M.; Blaser, P.: Untersuchungen über das Durchwachsen von Schimmelpilzen durch Hochleistungs-Schwebstofffilter. Swiss. Med. 3 (1981), S. 93–108.

Aus der Regelungsarbeit der EU

Neue Richtlinien der Europäischen Union zu Gefahrstoffen

In den Amtsblättern der Europäischen Gemeinschaft sind folgende Regelungen zu Gefahrstoffen veröffentlicht worden:

Richtlinie 2001/80/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2001 zur Begrenzung von Schadstoffemissionen von Großfeuerungsanlagen in die Luft (Richtlinie auf der Grundlage von Artikel 175 Abs. 1 EG-Vertrag)

Die Richtlinie 88/609/EWG des Rates vom 24. November 1988 zur Begrenzung von Schadstoffemissionen von Großfeuerungsanlagen in die Luft hat zur Verminderung und Kontrolle der Emissionen von Großfeuerungsanlagen in die Atmosphäre beigetragen. Die jetzt vorgelegte Neufassung dieser Richtlinie ist Bestandteil einer Gemeinschaftsstrategie gegen die Versauerung, wobei das langfristige Ziel darin besteht, die Schwefeldioxid- und Stickoxidemissionen so weit zu vermindern, dass bei Depositionen und Konzentrationen die kritischen Eintragsraten und Konzentrationen unterschritten werden. Da die bestehenden Großfeuerungsanlagen erheblich zu