

Emission von Pilzsporen in Müllverarbeitungsanlagen

Elke Göttlich¹, Erkrath, K. H. Engesser² und D. Bardtke², Stuttgart

Zusammenfassung

Die Häufigkeit und Sporendichte verschiedener Pilzarten in der Luft von Kompostwerken, bei der Sortierung, Müllverbrennung und auf Deponien wurden in einer Studie in 11 Betrieben untersucht. Außer *A. fumigatus*, über dessen klinische und allergologische Bedeutung die meisten Kenntnisse vorliegen, wurden verschiedene Pilzarten, die als potentiell gesundheitlich relevant angesehen werden, in Keimdichten über den derzeitigen Orientierungswerten für Pilzbelastungen der Luft nachgewiesen. Obwohl vergleichbare Daten zumeist fehlen und daher gesicherte Richtgrenzwerte gegenwärtig nicht festgelegt werden können, sind die gesundheitlichen Risiken der Beschäftigten an den Arbeitsplätzen als erheblich anzusehen.

Summary

The frequency and prevalence of spores from fungal species in composting, sorting units, incineration and landfills were analyzed in 11 plants. In addition to *Aspergillus fumigatus*, a species on which a relatively large amount of clinical knowledge is available, several other species, which are considered as potentially hazardous, were found in amounts significantly exceeding the available spore limits. Despite the lack of comparative data, making the establishment of reliable safety levels till now impossible, health effects due to occupational exposure are judged to be considerable.

Einleitung

Die Festlegung von Richtgrenzwerten zur Beurteilung von Pilzbelastungen der Luft ist ein aktuelles Anliegen der Luftreinhaltung an Arbeitsplätzen. Insbesondere durch die EG-Richtlinie 90/679/EWG zum Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch biologische Arbeitsstoffe bei der Arbeit wurden Richtwerte verstärkt in die Diskussion gebracht (12). Keimbelastungen, zu denen Pilzsporen in der Luft zählen, müssen demzufolge nach Art, Dauer und Ausmaß beurteilt werden. Da verschiedene Pilze unterschiedliche Pathomechanismen auslösen können und einige davon, wie *Aspergillus fumigatus*, auch mehrfache klinische und allergologische Bedeutung haben (34), ist eine Bestimmung der vorkommenden Arten notwendig. Die bisher vorgeschlagenen Orientierungswerte für Pilzbelastungen der Luft, zumeist Summenparameter (Tab. 1), sind als Beurteilungsgrundlage oft nicht ausreichend.

Ein Beispiel ist die Pilzbelastung in der Müllverarbeitung. Durch die massenhafte Entwicklung von Pilzen in den Abfallstoffen gelangene Pilzsporen und -mycelien bei der Behandlung des Mülls in die Luft und werden von den Beschäftigten in Mengen, die das übliche Maß weit über-

steigen, eingeatmet (8, 10, 29). Thermotolerante und thermophile Pilzarten, welche üblicherweise nur in geringen Mengen in der Luft nachgewiesen werden, sind vorherrschend (8). Da *Aspergillus fumigatus* bei der Müllverarbeitung in der Luft häufig in großen Mengen vorkommt, werden erhöhte Erkrankungsrisiken bei Müllwerkern schon einige Jahre lang vermutet (29). Seit der getrennten Sammlung von Biomüll wird dieser Pilz als potentieller Risikofaktor besonders heftig diskutiert (52).

Um Grundlagen für die Beurteilung der Pilzbelastungen bei der Müllverarbeitung zu erarbeiten, wurde die Pilzflora der Luft in 11 müllverarbeitenden Betrieben untersucht. Die nachgewiesenen Pilzarten sowie deren Keimdichte in den Arbeitsräumen wurden hinsichtlich der zur Zeit vorliegenden Kenntnisse zur Allergenität, Toxizität und Pathogenität von Pilzen sowie anhand von Literaturangaben zu pilzbedingten Berufserkrankungen in ähnlichen Arbeitsbereichen beurteilt. Die Ergebnisse zum Vorkommen von Pilzarten mit bekannter gesundheitlicher Relevanz werden in der vorliegenden Arbeit vorgestellt. Deren Bewertungsmöglichkeiten sollen unter dem Aspekt der Richtwertfestlegung diskutiert werden.

Keimbelastung der Luft /m ⁻³	Bewertung
1700 KBE	Ein größerer Bakterengehalt erfordert Maßnahmen
1000 KBE	
1000 Keime	Orientierungswert
> 1000 Keime	Maximum bei einem 8-Stunden Arbeitstag
10000 KBE	Größere Belastungen erfordern Maßnahmen
> 500 Keime	Größere Belastungen erfordern Maßnahmen
750 Keime	Eine intramurale Keimquelle kann vorliegen
> 500 Keime	Akzeptabel wenn keine Problemkeime wie <i>Pseudomonas</i> , <i>A. fumigatus</i> , <i>A. niger</i> , <i>A. flavus</i> vorkommen
> 100 Pilzeinheiten	Eine intramurale Keimquelle kann vorliegen Über dem Außenluftgehalt deuten auf eine intramurale Belastung hin

Tab. 1: Orientierungswerte für Keimbelastungen der Luft.

KBE Koloniebildende Einheit, Referenzen (6, 7, 31, 35, 36, 40, 45, 59)

Tab. 2: Häufig nachgewiesene Pilzarten in Betriebs- und/oder Arbeitsbereichen zur Müllverarbeitung und Referenzangaben zur gesundheitlichen Bedeutung.

Arten	Referenzen			Häufigkeit
	opp	all	tox	
<i>Absidia corymbifera</i>	(19)	(11)		II
<i>Aspergillus flavus</i> Gruppe	(9)	(25, 37, 48)	(57)	III
<i>Aspergillus fumigatus</i>	(26, 43, 21)	(5, 20, 23-25, 48, 55)	(30)	III
<i>Aspergillus glaucus</i> Gruppe		(22, 15)		II
<i>Aspergillus nidulans</i>	(48, 21)	(1)		III
<i>Aspergillus niger</i>	(9, 21)	(11, 23)	(50, 51)	III
<i>Aspergillus versicolor</i>		(11)	(50, 39)	II
<i>Botrytis cinerea</i>		(58, 44)		I
<i>Chrysonilia sitophila</i>				II
<i>Cladosporium</i> spp *		(58)		III
<i>Paecilomyces variotii</i>	(54)	(58)		II
<i>Penicillium aurantiogriseum</i>				III
var <i>aurantiogriseum</i>		(14)		III
<i>Penicillium aurantiogriseum</i>				III
var <i>vincicatum</i>				II
<i>Penicillium brevicompactum</i>		(24)		III
<i>Penicillium chrysogenum</i>		(24, 14)		II
<i>Penicillium citrinum</i>				II
<i>Penicillium corylophilum</i>				II
<i>Penicillium crustosum</i>				III
<i>Penicillium digitatum</i>				II
<i>Penicillium expansum</i>				II
<i>Penicillium glabrum</i>		(3, 27)		III
<i>Penicillium griseofulvum</i>				III
<i>Penicillium islandicum</i>				II
<i>Penicillium italicum</i>				II
<i>Penicillium roqueforti</i>		(4)		II
<i>Penicillium rugulosum</i>				I
<i>Penicillium solitum</i>				II
<i>Penicillium vanabile</i>				II
<i>Rhizomucor pusillus</i>	(53)			III
<i>Rhizopus microsporus</i>				II
var <i>rhizopodiformis</i>	(18)	(5)		II
<i>Rhizopus stolonifer</i>		(1, 41)		II

* Verschiedene ubiquitär verbreitete Arten, opp opportunistisch, all allergen, tox toxisch

Schlüssel zur Häufigkeit

I	10	Betriebs-/Arbeitsbereiche
II	11 bis 20 von 31	*
III	21 bis 31 von 31	*

Methoden

Probennahme

Untersucht wurden die Pilzbelastungen in häufig gegebenen Arbeitssituationen in 5 Kompostwerken, 1 Wertstoffsortieranlage, 2 Hausmüllverbrennungen und auf 3 Deponien. Je nach Betrieb und Verfahren handelte es sich um Untersuchungen in Innenräumen oder in der Außenluft. In insgesamt 31 Betriebs- und Arbeitsbereichen, darunter Anlieferungen, Sortierstrecken, Rotte- und Nachbehandlungsbereiche von Abfallstoffen sowie in Einbaubereichen auf Deponien, wurden aerobiologische Untersuchungen durchgeführt. Um einige der Arbeitsbelastungen personenbezogen zu erfassen, wurden zusätzlich zu ortsfesten Probenahmen auch Luftprobenahmen mit getragenen Filterkassetten über längere Arbeitsgänge durchgeführt (17). Andersen-Kaskaden-Impaktor: Ortsfeste Probenahmen von Luftvolumina < 0,1 m³ wurden mit einem sechsstufigen Andersen-Kaskaden-Impaktor (Andersen Samplers Inc.) durchgeführt (2). Vor den Probenahmen wurde die Durchflußrate der zugehörigen Vakuumpumpe mit einem Rotameter (Rota) und mit eingesetzten Isolierungsmedien auf 28,3/m eingestellt. Der im Ultraschallbad gereinigte und steril verpackte Impaktor wurde vor Ort mit M2%-Agar (42) mit Streptomycin 50 ppm (Sigma) als Isolierungsmedium beladen und auf 1,5 m Höhe an den Arbeitsplätzen expo-

niert. Die Probenahmezeiten variierten zwischen 5 und 180 Sekunden. Die anschließende Bebrütung der Isolierungsmedien erfolgte bei 25 °C und 45 °C 5 bis 7 Tage bzw. 2 bis 3 Tage lang. Ausgezählt wurden darauf mit dem bloßen Auge alle im Lochmuster gewachsenen Pilzkolonien. Zur Angabe von Pilzgehalten in koloniebildende Einheiten (KBE) je m³ Luft wurde die „positive hole table“ nach Andersen angewendet (2).

Filterkassetten: Luftvolumina von 0,1 bis 0,5 m³ wurden mit Filterkassetten, bestehend aus dem Gesamtstaubprobenahmekopf des Gefahrenstoffprobenahmesystems nach BIA (GSP) (Ströhlein) und Gelatinefilter (Sartorius), analysiert. Arbeitsgänge mit bis zu 150 Minuten Dauer wurden personenbezogen untersucht. Weiter wurden Luftprobenahmen an fahrbaren Arbeitsmitteln wie Radladern und Kompaktoren durchgeführt. Für das Ausplattieren von Dilutionen des Gelatinefilters auf M2%-Agar mit Streptomycin 50 ppm (Sigma), DG18-Agar (Oxoid) mit Chloramphenicol 100 ppm (Oxoid) und Glukose-Pepton-Hefeextrakt-Agar (GPY) mit Streptomycin 50 ppm (42) wurde der Gelatinefilter in 0,9 % NaCl mit 0,02 % Tween 80 unter Rühren aufgelöst. Die Isolierungsmedien wurden darauf bei 25 °C und 5-7 Tage bzw. 2 bis 5 Tage lang bebrütet. Die gewachsenen Pilzkolonien wurden ausgezählt und auf das Luftprobenvolumen bezogen in KBE/m³ angegeben.

Identifizierung der Pilze

Die Pilzkolonien wurden, wenn möglich, direkt auf den Isolierungsmedien identifiziert, oder es wurden in einem Zwischenschritt Subkulturen auf geeigneten Nährmedien für die spätere Identifizierung angelegt. 180 Luftprobenahmen wurden zur Angabe von Pilzarten ausgewertet. Zusammengefaßt wurden Isolate der Arten der *Aspergillus-flavus*-Gruppe sowie der *Aspergillus-glaucus*-Gruppe. Nahverwandte Arten der Gattung *Cladosporium* wurden nur bei einem Teil der 180 ausgewerteten Probenahmen unterschieden.

Ergebnisse

Die am häufigsten in den 31 untersuchten Betriebs- und Arbeitsbereichen nachgewiesenen Pilzarten sind in Tab. 2 zusammen mit Referenzangaben zur Allergenität, Pathogenität und Toxizität der Arten dargestellt. Pilzarten, welche in weniger als 10 untersuchten Bereichen vorkamen, wurden hier nicht berücksichtigt.

Weit verbreitet waren *Cladosporium* spp. sowie 29 Arten, zumeist Arten der Gattungen *Aspergillus*, *Penicillium* und *Mucoraceen*. Die wichtigsten opportunistischen Arten in der höchsten Häufigkeitsklasse waren *A. fumigatus*, welcher in allen untersuchten Betriebs- und Arbeitsbereichen nachgewiesen wurde, sowie Vertreter der *A.-flavus*-Gruppe, *A. nidulans* und *A. niger*. *Penicillium*-Arten, darunter *P. crustosum*, *P. glabrum* und *P. brevicompactum*, fehlten nur in wenigen Arbeitsräumen. In den Rottebereichen der Kompostwerke, nicht aber in anderen Betriebsabschnitten wurden *Aspergillus terreus* und nicht näher bestimmte *Scopulariopsis*-Arten häufig nachgewiesen, was auf die rottespezifische Zusammensetzung der Pilzflora hinweist. *Trichoderma*-Arten waren weit verbreitet, einzelne Arten wurden aber nicht unterschieden, da das expandierende Wachstum der Kolonien auf den Isolierungsmedien genaue Angaben von Koloniezahlen nur schwer möglich machte. 19 Pilzarten mit beschriebener gesundheitlicher Relevanz und meist in der höchsten Häufigkeitsklasse (III: 21–31; Tab. 2), wurden zur weiteren Auswertung ausgewählt. Der Spitzengehalt dieser Arten in den Kompostwerken, in der Wertstoffsortieranlage, den Hausmüllverbrennungsanlagen und auf den Deponien wird in Tab. 3 verglichen.

Am höchsten belastet waren die Kompostwerke, zumeist die Kompostierungsbereiche in diesen Betrieben. Am geringsten war der Pilzgehalt in den Betriebsbereichen der Wertstoffsortieranlage. *A. fumigatus* wies von allen nachgewiesenen Pilzen die größte Keimdichte auf. In den Kompostwerken wurde *A. fumigatus* mit bis zu 9×10^6 KBE/m³, weitere *Aspergillus*-Arten wie *A. versicolor* mit 7×10^6 KBE/m³, *A. nidulans* und *A. niger* mit 3×10^6 KBE/m³ nachgewiesen. Auch *Penicillium*-Arten, *P. brevicompactum*, *P. crustosum* und *P. glabrum*, wurden in den Kompostwerken mit der größten Keimdichte nachgewiesen, und *Mucoraceen*-Arten wie *Rhizopus microsporus* var. *rhizopodiformis*, *Rhizomucor pusillus* und *Absidia corymbifera* bestimmten die Pilzflora in den Kompostwerken weit mehr als in den anderen Betrieben. Dagegen wurden Arten der Gruppen *Aspergillus flavus* und *A. glaucus* bei den drei Müllverarbeitungsverfahren mit ähnlichen Spitzengehalten nachgewiesen.

Diskussion

Zu den bekannten potentiellen Risiken durch Pilzsporen in der Luft zählen Krankheitsbilder der folgenden vier Hauptformen:

[1] Überempfindlichkeitsreaktionen (Allergien) auf pilzliche Allergene. Zu diesen Erkrankungen gehören auch die entschädigungspflichtigen Berufserkrankungen, die exogen allergische Alveolitis (EAA) (46), Berufskrankheit Nr. 4201, und die obstruktiven Atemwegserkrankungen durch allergisierende Stoffe, Berufskrankheit Nr. 4301.

[2] Infektiöse Pilzkrankungen (systemische, lokalisierte Mykosen) durch opportunistische Pilze, am häufigsten durch *Aspergillus*-Arten und *Mucoraceen* (18).

[3] Die Mykotoxikose nach massiven Staubexpositionen, bei denen toxinbildende Pilze nachgewiesen werden (13, 21).

[4] Das Organic Dust Toxic Syndrome (ODTS) bei extremen Expositionen gegenüber pilz- und bakterienbelasteten Stäuben (28, 38, 40).

Bei [1], [2] und [3] zählen bestimmte Pilzarten oder Gruppen von verwandten Pilzarten zu den Krankheitsursachen. Dagegen scheinen bei der ODTS [4] unspezifische Auslöser mitbeteiligt zu sein. Endotoxine gram-negativer Bakterien, Pilzsporenzellwandbestandteile und Mykotoxine werden neben der Reizwirkung inerter Stäube und synergistischen Effekten als Ursache diskutiert (32, 40). Bisher wurde die ODTS vor allem in landwirtschaftlichen Arbeitsbereichen festgestellt, in denen sehr große Mengen an Pilzsporen ($> 10^9$ Sporen/m³ Luft) vorkommen (32). Damit verglichen waren die Gesamtpilzbelastungen in den müllverarbeitenden Betrieben mit maximal 10^7 KBE/m³ Luft gering. Das Risiko einer ODTS ist für Beschäftigte in diesen Arbeitsbereichen möglicherweise geringer als in der Landwirtschaft. Von den bekannten toxinbildenden Pilzen wurden Arten der *A.-flavus*-Gruppe bei der Müllverarbeitung nachgewiesen. Deren Spitzengehalt lag mit 3×10^4 KBE/m³ deutlich unter dem von *A. fumigatus*. Das Risiko durch große Mengen an Aflatoxinen, etwa im Staub, ist nach dieser Schätzung daher weniger groß. Aflatoxine wurden allerdings bei der Müllverarbeitung ebenso wie *A.-fumigatus*-Toxine, welche bei der Holzverarbeitung als potentielle inhalative Risiken diskutiert werden (30), bisher nicht untersucht. Auch kann das Risiko einer inhalativen Aufnahme von Toxinen gegenwärtig noch nicht eingestuft werden (56). Dies gilt ebenso für flüchtige toxische Pilzstoffwechselprodukte, welche von vielen *Penicillium*- und *Aspergillus*-Arten produziert werden und vor allem in den Pilzkonidien lokalisiert sind (16). Dazu zählen Stoffwechselprodukte von *P. crustosum*, *P. chrysogenum* und *A. versicolor*, welche in den müllverarbeitenden Betrieben z. T. in weit größeren Mengen als in der normalen Umgebung nachgewiesen wurden. Über die Aufnahme flüchtiger Toxine oder von Geruchsstoffen über den Respirationstrakt, die bei der Inhalation von Pilzkonidien möglich erscheint, liegen bisher nur Vermutungen vor (50). Definierte Krankheitsbilder wurden bisher nicht beschrieben.

Zu den bei der Müllverarbeitung häufig nachgewiesenen und insbesondere in den Kompostwerken mit großer Keimdichte vorkommenden opportunistischen Pilzarten gehören außer *A. fumigatus* auch *A. flavus*, *A. nidulans* und *A. niger* sowie die *Mucoraceen*-Arten *Rhizomucor pusillus*, *Rhizopus microsporus* var. *rhizopodiformis* und *Absidia corymbifera*. Generell ist davon auszugehen, daß eine Aspergillose oder ein Aspergillom sich vor allem bei Personen mit vorbestehenden Erkrankungen wie TBC, Emphysem und/oder immunologischen Defekten entwickelt. *Mucormykosen* werden insbesondere beim Vorliegen schwerer Diabetes diagnostiziert (18). Einen genauen Grenzwert für Sporenmengen opportunistischer Pilze in der Luft gibt es nicht, doch können schon geringe Sporenmengen, wie in

Tab. 3: Spitzengehalte der häufig nachgewiesenen allergenen, opportunistischen und toxischen Pilzarten bei der Müllverarbeitung.

Betriebe	Kompostwerke N = 14	Wertstoffsortierung N = 4	Müllverbrennung N = 6	Deponie N = 7
Betriebs-/arbeitsbereiche				
Arten	(x 10 ³ KBE m ⁻³)			
<i>Absidia corymbifera</i>	90	<	<	<
<i>Aspergillus flavus</i> Gruppe	30	1	20	9
<i>Aspergillus fumigatus</i>	9000	5	90	100
<i>Aspergillus glaucus</i> Gruppe	10	<	2	30
<i>Aspergillus nidulans</i>	3000	<	2	30
<i>Aspergillus niger</i>	3000	6	10	10
<i>Aspergillus versicolor</i>	7000	<	20	30
<i>Botrytis cinerea</i>	1	<	<	2
<i>Cladosporium spp.*</i>	700	1	20	30
<i>Paecilomyces variotii</i>	<	<	<	5
<i>Penicillium aurantogriseum</i> var <i>aurantogriseum</i>	40	2	20	4
<i>Penicillium brevicompactum</i>	500	2	40	6
<i>Penicillium chrysogenum</i>	300	2	20	40
<i>Penicillium citrinum</i>	50	<	6	10
<i>Penicillium crustosum</i>	600	6	80	20
<i>Penicillium glabrum</i>	400	2	30	6
<i>Penicillium roqueforti</i>	200	<	20	6
<i>Rhizomucor pusillus</i>	100	<	2	7
<i>Rhizopus microsporus</i> var <i>rhizopodiformis</i>	200	<	1	<
<i>Rhizopus stolonifer</i>	40	<	3	1

< 1000 KBE m⁻³.

* Verschiedene ubiquitär verbreitete Arten

N Anzahl der Betriebs-/arbeitsbereiche

der Außenluft, beim Vorliegen einer schweren Grunderkrankung zur Infektion führen (49). Es ist daher anzunehmen, daß bei weniger schweren Grunderkrankungen häufige Expositionen gegenüber großen Erregerdichten ebenfalls ein Risiko darstellen. Die vor allem in den Kompostwerken festgestellte große Keimdichte an opportunistischen *Aspergillus*- und *Mucoraceen*-Arten ist daher nicht als unbedenklich einzuordnen. Bei der allergischen bronchopulmonalen Aspergillose (ABPA), einem Mischbild aus saprophytischer bronchialer Aspergillose und Allergie bei Atopikern nach langjährigem Asthma bronchiale und einer Typ-I-Allergie (47), werden *A. fumigatus*, *A. flavus*, *A. nidulans* und *A. niger* als Erreger nachgewiesen (21, 34, 48). Für einen großen Personenkreis, darunter auch Beschäftigte in der Müllverarbeitung, sind pilzliche Allergene, wenn diese in Massen und wiederholt inhaled werden, ein Risiko. Allergische Erkrankungen, u. a. die exogen allergische Alveolitis (EAA), auf Pilzsporen werden in verschiedenen Arbeitsbereichen festgestellt (siehe Referenzangaben zur Allergenität in Tab. 2). Ein Schwellenwert für Sporengehalte der Luft, die zu einer Erkrankung führen können, ist allerdings derzeit nicht definiert. Angaben zu den Sporengehalten, welche in der Arbeitsumgebung bei Krankheitsfällen nachgewiesen wurden, schwanken zwischen 10⁶ und mehr als 10⁹ Sporen m⁻³ (5, 28, 32). Bei ähnlichen Belastungen durch *A. fumigatus* wie in der Müllverarbeitung wurden in der Holzverarbeitung allergische Erkrankungen (EAA) festgestellt (5). Andere allergene Pilze wie *P. glabrum* und *Rhizopus microsporus* var. *rhizopodiformis*, die ebenfalls Auslöser der EAA sind (5, 27), wurden in den Betrieben zur Müllverarbeitung häufig festgestellt. Trotz Mangel an weiteren konkreten Vergleichsdaten, ist ein erhöhtes Risiko für die Entwicklung einer EAA bei den Beschäftigten in der Müllverarbeitung anzunehmen. Möglicherweise ist das Risiko nur wenig geringer als bei den Spitzenbelastungen, welche bei einigen Arbeitsgängen in der Landwirtschaft festgestellt werden (32). Im Gegensatz zu den in problemati-

schen Arbeitsbereichen am häufigsten beschriebenen Pilzbelastungen durch einige wenige Pilzarten wurden in der Müllverarbeitung auffallend viele Pilzarten, z. T. mit mehrfacher gesundheitlicher Bedeutung, in großer Keimdichte nachgewiesen. Synergistische Wirkungen von Pilzstoffwechselprodukten und -zellwandbestandteilen können unter solchen Bedingungen möglicherweise eine besondere Rolle spielen (33).

Obwohl bisher keine Fälle von inhalativen Erkrankungen durch Pilze aus der Müllverarbeitung bekannt sind, muß aufgrund der diskutierten Daten das Risiko als erheblich angesehen werden. Wegen des Mangels an Vergleichsdaten in der Literatur und epidemiologischen Untersuchungen bei Müllwerkern sind gesicherte Richtgrenzwerte gegenwärtig nicht festlegbar. Die Pilzbelastungen in fast allen untersuchten Betrieben, insbesondere in den Kompostwerken, lagen weit über den bisher vorgeschlagenen Orientierungswerten (siehe Tab. 1). Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit der Beschäftigten müssen gefordert werden.

Literatur:

- (1) Al-Doory, Y. & Domson, J. F. (1984): Mould Allergy. Lea & Febiger, Philadelphia
- (2) Andersen, A. A. (1958): A new sampler for the collection and enumeration of viable airborne particles. J. Bacteriol. 76, 471-484
- (3) Avila, R., Villar, T. G. (1968): Suberosis, respiratory disease in cork workers. Lancet, 1, 620-621
- (4) Baur, X., & Vogelmeier, C. (1988): Die exogen-allergische Alveolitis als schwer erkennbare Krankheit. Med. Klinik. 83 (21), 710-715
- (5) Belin, L. (1987): Sawmill alveolitis in Sweden. Int. Archs Allergy appl. Immun. 82, 440-443
- (6) Binnie, P. W. H. (1991): Biological pollutants in the indoor environment. In: Kay, G. J., Keller, G. E., Miller, J. F. (Hrsg.): Indoor Air Pollution. Lewis Publishers, Michigan, 13-24
- (7) Bourdillon, P. B., Lidwell, O. M., Lovelock, J. E., Raymond, W. F. (1948): Airborne bacteria found in factories and other places. Suggested

- limits of bacterial contamination. *Studies in Air Hygiene Med. Res. Coun. Spec. Rep. Report 263*. HMSO, London, 257-263
- (8) Boutin, P., Torre, M., Moline, J. (1987): Bacterial and fungal atmospheric contamination at refuse composting plants: A preliminary study. In: Bertoldi, M., Ferranti, M., L'Hermite, P., Zucconi, F. (Hrsg.): *Compost: Production, Quality and Use*. Elsevier, London, 266-275
- (9) Chandler, F. W., & Watts, J. C. (1987): Aspergillosis. In: *Pathological diagnosis of fungal infections*. ASCP Press Chicago, 55-74
- (10) Crook, B., Bardos, R. P., Lacey, J. (1988): Domestic waste composting plants as sources of airborne micro-organisms. In: W. D. Griffiths (Hrsg.): *Aerosols. Their Generation, Behaviour and Application*. Aerosol Society Second Conference. Aerosol Society, London, 63-68
- (11) Dutkiewicz, J., Jablonski, L., Olenchok, S. A. (1988): Occupational biohazards: A review. *Am. J. Ind. Med.* 14, 605-623
- (12) EG-Richtlinie 90/679/EWG: Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch biologische Arbeitsstoffe bei der Arbeit
- (13) Emanuel, D. A., Wenzel, F. J., & Lawson, B. R. (1975): Pulmonary mycotoxicosis. *Chest* 67, 293-297
- (14) Fergusson, R. J., Milne, L. J. R., Crompton, G. K. (1984): Penicillium allergic alveolitis: faulty installation of central heating. *Thorax* 39, 294
- (15) Ferkmann, B. (1982): Xerophile Schimmelpilze im Hausstaub und ihre Bedeutung für die Ätiologie der Hausstauballergie. Thesis, Universität Aachen
- (16) Frnsvad, J. C. (1994): Mycotoxins and volatiles from common Penicillia and Aspergilli. 7th International Congress of Bacteriology and Applied Microbiology Division, 7th International Congress of Mycology Division
- (17) Hering, S. V. (1989): Air sampling instruments for evaluation of atmospheric contaminants. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc., 7. Aufl., Cincinnati, Ohio
- (18) Hoog, G. S. de, & Guarro, J. (1994 in press): Atlas of clinical fungi. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Baarn
- (19) Hopwood, V., Hicks, D. A., Thomas, S., Evans, E. G. V. (1992): Primary cutaneous zygomycosis due to *Absidia corymbifera* in a patient with AIDS. *J. Med. Vet. Mycol.* 30, 399-402
- (20) Huuskonen, M. S., Husman, K., Järvisalo, J., Korhonen, O., Kotimaa, M., Kuusela, T., Nordman, H., Zitting, A., Mäntylä, R. (1984): Extrinsic allergic alveolitis in the tobacco industry. *Br. J. Ind. Med.* 41, 77-83
- (21) Joseph, J. M. (1983): Aspergillosis in composting. In: Disalvo, A. F. (Hrsg.): *Occupational Mycoses*. Lea & Febiger, Philadelphia, 123-141
- (22) Kazuko, Y., Masayuki, A., Kiyotaka, I., et al. (1990): Hypersensitivity pneumonitis of a mushroom worker due to *Aspergillus glaucus*. *Archives of Environmental Health* 45 (4), 245-247
- (23) Kirsten, D., Kanzow, G., Nowak, D., Magnuson, H. (1994): Aspergillus-induzierte exogen-allergische Alveolitis bei einem Landschaftsgärtner. *Internist* 35, 182-184
- (24) Kroidt, R. F., Amthor, M., Dürkes, G., Freitag, V., Hain, E. (1986): Saisonale begrenzte allergische Alveolitis durch Schimmelpilze in Obstkühlhäusern (Obstbauemlung). *Allergologie* 9 (8), 362-367
- (25) Kurup, V. P., Barboriak, J. J., Fink, J. N. (1984): Hypersensitivity pneumonitis. In: Al-Doory, Y., & Domson, J. F. (Hrsg.): *Mould Allergy*. Chapter 13. Lea & Febiger, Philadelphia, 216-229
- (26) Kwon-Chung, K. J., & Bennett, J. E. (1992): *Medical Mycology*. Lea & Febiger, Philadelphia, 866
- (27) Lacey, J. (1973): The air spora of a portuguese cork factory. *Ann. Occup. Hyg.* 16, 223-230
- (28) Lacey, J. (1991): Aerobiology and health: The role of airborne fungal spores in respiratory disease. In: Hawksworth, D. L. (Hrsg.): *Frontiers in Mycology*. CAB International, 157-185
- (29) Lacey, J., Williamson, P. A. M., King, P., Bardos, R. P. (1990): Airborne microorganisms associated with domestic waste composting. Report No: LR 808. ISBN 0-85624-666-2
- (30) Land, C. J., Hult, K., Fuchs, R., Hagelberg, S., Lundström, H. (1987): Tremorgenic mycotoxins from *Aspergillus fumigatus* as a possible occupational health problem in sawmills. *Appl. Environ. Microbiol.* 53, 787-790
- (31) Light, E. N., Bennett, A. C., Dyjack, D. T., Cooper, A., Long, K. L., Lamb, S. R., Yang, C. S. (1991): Project designs for the abatement of microbial contamination. In: Kay, J. K., Keller, G. E., Miller, J. F. (Hrsg.): *Indoor Air Pollution. Radon, Bioaerosols, & VOC's*. Lewis Publishers
- (32) Malmberg, P., Rask-Andersen, A., & Rosenhall, L. (1993): Exposure to microorganisms associated with allergic alveolitis and febrile reactions to mold dust in farmers. *Chest* 103 (4), 1202-1209
- (33) Miller, J. D. (1994): Interactions between fungi and other contaminants of indoor air. 7th International Congress of Bacteriology and Applied Microbiology Division, 7th International Congress of Mycology Division
- (34) Mishra, S. K., Ajello, L., Ahearn, D. G., Burge, H. A., Kurup, V. P., Pierson, D. L., Price, D. L., Samson, R. A., Sandhu, R. S., Shelton, B., Simmons, R. B., Switzer, K. F. (1992): Environmental mycology and its importance to public health. *J. Med. Vet. Mycol.* 30, Suppl. 1, 287-305
- (35) Morey, P. R., Hodgson, M. J., Sorenson, W. G., Kullmann, G. J., Rhodes, W. W., Visvesvara, G. S. (1984): Environmental studies in moldy office buildings: biological agents, sources and preventive measures. *Ann. Am. Conf. Gov. Ind. Hyg.* 10, 21-35
- (36) Morey, P. R., Otten, J., Burge, H. A., Chatigny, M., Feeley, J., LaForce, F. M., Peterson, K. (1986): American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Committee on Bioaerosols. Airborne viable microorganisms in office environments: Sampling protocol and analytical procedures (Draft report). *Appl. Ind. Hyg.* 1, R19-R23
- (37) Patterson, R., Sommers, H., Fink, J. N. (1974): Farmer's lung following inhalation of *Aspergillus flavus* growing in mouldy corn. *Clin. Allergy* 4, 79-86
- (38) Pratt, D. S., & May, J. J. (1984): Feed-associated respiratory illness in farmers. *Arch. Environ. Health* 39, 43-48
- (39) Rhudy, J., Burrell, R. J., & Morgan, W. K. C. (1971): Yet another cause of allergic alveolitis. *Scand. J. Resp. Dis.* 52, 177-180
- (40) Rylander, R. P., Lundholm, M., Clark, C. S. (1983): Exposure to aerosols of microorganisms and toxins during handling of sewage sludge. In: Wallis, P. M., & Lohmann, D. L. (Hrsg.): *Biological health risk of sludge disposal to land in cold climates*. Calgary, University of Calgary Press, 69-78
- (41) Salvaggio, J. E. (1987): Current concepts in the pathogenesis of occupationally induced allergic pneumonitis. *Int. Archs Allergy Appl. Immunol.* 82, 424-434
- (42) Samson, R. A., & Reenen-Hoekstra, E. S. van (1988): Introduction to food-borne fungi. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Baarn
- (43) Sandhu, R. S., Khan, Z. U., Randhawa, H. S. (1976): Natural occurrence of *Aspergillus fumigatus* in cane sugar mills. *Sabouraudia* 15, 263-272
- (44) Schnetz, E., Kumer, F., Portscheck, Ch., Ebner, H., Kraft, D. (1986): Exogen allergische Alveolitis bei einem Weinbauern. *Allergologie* 9 (1), 39-40
- (45) Senkpiel, K., & Ohgke, H. (1992): Beurteilung der „Schimmelpilz“-Sporenkonzentration der Innenraumluft und ihre gesundheitlichen Auswirkungen. *Ges.-Ing.* 113, 42-45
- (46) Sennekamp, H.-J. (1986): Die inhalative Allergie vom Typ III. *Der Internist* 27, 353-361
- (47) Sennekamp, H.-J., & Bergmann, K.-C. (1987): Allergische bronchopulmonale Mykosen. In: Fuchs, E., & Schulz, K.-H. (Hrsg.): *Manuale allergologicum*. V 10. Dustn-Verlag Dr. Karl Feistle, Deisenhofen
- (48) Sennekamp, J., & Schneider, S. (1988): In-vitro-Diagnostik von Schimmelpilzallergien vom IgG-Typ. In: Jorde, W., & Schata, M. (Hrsg.): *Schimmelpilze. Mönchengladbacher Allergie-Seminare. Band 2*. Dustri-Verlag, Deisenhofen, 90-98
- (49) Solomon, W. R., Burge, H., Boise, J. R. (1978): Airborne *Aspergillus fumigatus* levels outside and within a large clinical center. *J. Allergy Clin. Immunol.* 62 (1), 56-60
- (50) Sorenson, W. G. (1989): Health impact of mycotoxins in the home and work place: An overview. *Biodeterioration Research* 2, 201-215
- (51) Sorenson, W. G. (1990): Mycotoxins as potential occupational hazards. *J. Ind. Microbiol.* 5, 205-211
- (52) Staib, F. (1992): Bioabfall aus medizinisch-mykologischer Sicht. *Bundesgesundhbl.* 5, 21-26
- (53) St.-Germain, G., Robert, G., Ishak, M., Tremblay, C., Claveau, S. (1993): Infection due to *Rhizomucor pusillus*: report of four cases in patients with leukemia and review. *Clin. Infect. Dis.* 16, 640-645
- (54) Thompson, R. F., Bode, R. B., Rhodes, J. C., Gluckman, J. L. (1988): *Paecilomyces variotii*: an unusual cause of isolated sphenoid sinusitis. *Arch. Otolaryngol. Head Neck Surg.* 114, 567-569
- (55) Vincken, W., & Roels, P. (1984): Hypersensitivity pneumonitis due to *Aspergillus fumigatus* in compost. *Thorax* 39, 74
- (56) Weber, S., Petsonk, E., Kullman, G., Jones, W. (1990): Hypersensitivity pneumonitis or organic dust toxic syndrome: the clinical dilemma in organic dust exposures. *Am. Rev. Respir. Dis.* 141: A 588
- (57) Wicklow, D. T., & Shotwell, O. L. (1983): Intrafungal distribution of aflatoxin among conidia and sclerotia of *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus*. *Can. J. Microbiol.* 29, 1-5
- (58) Wilken-Jensen, K., & Gravesen, S. (Hrsg.) (1984): Atlas of moulds in Europe causing respiratory allergy. ASK Publishing, 110
- (59) Wright, T., Green, V. W., & Paulus, H. J. (1969): Viable microorganisms in an urban atmosphere. *J. Air Poll. Cont. Assu.* 19, 337-341

Anschriften der Verfasser:

¹ MicroProof Umwelt diagnostik GmbH, Max-Planck-Straße 15 A, 40699 Erkrath-Unterfeldhaus.

² Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart, Bandtälle 2, 70569 Stuttgart (Büsnau).

Danksagung

Die Untersuchungen wurden vom Bundesministerium für Forschung und Technologie im Rahmen des AUT-Programms finanziell gefördert. Für wichtige Hinweise bei der Diskussion der Untersuchungsergebnisse sei Herrn Prof. Dr. G. S. de Hoog, Centraalbureau voor Schimmelcultures (NL), gedankt.