Beurteilung versteckter Schimmelpilzschäden: Methodenvergleich anhand von zehn Fällen

K. P. Böge, A. Bauer, C. Alsen-Hinrichs

Zusammenfassung

Zehn Gebäude, bei denen zunächst der Verdacht auf mikrobielle Schäden, jedoch kein offensichtlicher Befall vorlag, wurden mittels verschiedener Methoden auf Schimmelbefall untersucht. Weiterhin wurden 25 exponierte Personen zu Symptomhäufigkeiten vor und nach Sanierungsmaßnahmen befragt. Nach Auffinden der Quelle des Befalls wurden in allen zehn Fällen Materialanalysen durchgeführt, die einen durchweg hohen, aber versteckten mikrobiellen Befall verifizierten. In fünf Fällen wurde ein Schimmelspürhund erfolgreich zum Auffinden versteckter Quellen eingesetzt. Luftanalysen auf Sporen beziehungsweise Gesamtkeimzahlen mittels zweier Methoden wiesen jeweils nur in drei Fällen mit gegenüber der Außenluft erhöhten Werten auf den mikrobiellen Befall hin und nur in einem Fall waren deren Messergebnisse übereinstimmend. Luftanalysen auf MVOC wiesen mit erhöhten Innenraumkonzentrationen in sieben von zehn Fällen auf eine versteckte mikrobielle Quelle hin und in allen zehn Fällen war der Innenluft/Außenluft-Quotient der MVOC deutlich erhöht. Erhöhte Symptomscores der Bewohner (n=25) wiesen in sieben von zehn untersuchten Gebäuden auf eine gesundheitlich relevante mikrobielle Exposition hin. In sieben von acht Fällen nahmen die Symptomscores der Bewohner (n=22) nach Sanierungsmaßnahmen deutlich ab (23 bis 83 Prozent).

Demnach bietet der Nachweis einer niedrigen Konzentration an Schimmelpilzen in der Raumluft keinerlei Sicherheit dahingehend, dass nicht doch ein gesundheitsgefährdender Schimmelpilzbefall vorliegt.

Schlüsselwörter:
Sporen, MVOC, Schimmelspürhund, Schimmelpilze, Feuchte, Innenraumluft, Symptome

Summary

Ten buildings with suspicion of hidden dampness and mould growth, but without obvious growth were assessed with different methods, in order to assess the methods ability to indicate hidden mould growth. Furthermore symptom frequency of 25 occupants was assessed before and after remodeling. Hidden sources of dampness and mould growth were found in all ten cases, and high infestation with mould and bacteria was verified through analysis of infested building material. In five cases a tracker dog trained to find hidden mould was used successfully. Analysis of indoor air in respect to viable spores and total counts of mould and bacteria with two different methods in three cases only indicated microbial exposure above outdoor contamination, respectively. In one case only did the results of these two methods agree. Analysis of MVOC in indoor air in seven of ten cases indicated a hidden source of mould growth and in all cases the indoor/outdoor ratio of MVOC was elevated. Symptom scores of occupants (n=25) were elevated in seven of ten cases. In eight cases remodeling was done and in most cases (seven of eight) symptom scores of occupants (n=22) diminished plainly (23 to 83 per cent).

Therefore negative results of microbiological indoor air analysis cannot exclude microbial infestation of building materials with risk of adverse health effects.

Key words:
spores, mvoc, tracker dog, mould, dampness, indoor air, symptoms

Eingegangen: 1.10.02
Angenommen: 18.10.02

Einleitung

In den vergangenen Jahren mussten immer mehr Fachleute eingestehen, dass die verlässliche Messung und Identifizierung von Schimmelpilzen und Bakterien in Innenräumen sowie die Beurteilung des gesundheitlichen Risikos gravierende Probleme bereiten und weder den umweltmedizinischen noch den rechtlichen Ansprüchen genügen. Während lange Zeit die Messung von kultivierbaren Sporen in der Raumluft oder im Staub (KBE =keimbildende Einheiten pro m^3 bzw. pro Gramm) als Grundlage für die Bewertung möglicher Gesundheitsgefahren durch Schimmelpilze angesehen wurde, zeigen neuere Studien, dass die Aussagekraft dieser Parameter begrenzt ist [12, 20]. Insbesondere die nicht sichtbaren „versteckt wachsenden" Schimmelpilze und Bakterien stellen in dieser Hinsicht eine neue Herausforderung bei der Quellensuche und der gesundheitlichen Beurteilung dar [27]. Welche der verschiedenen Beurteilungskriterien mikrobieller Belastungen in Innenräumen besser für die Beurteilung einer möglichen gesundheitlichen Gefährdung der Raumnutzer durch versteckte mikrobielle Schäden geeignet sind, ist jedoch nicht bekannt [4, 20, 27]. Aus diesem Grunde wurden in Kooperation mit dem Umweltausschuss der Kassenärztlichen Vereinigung Schleswig-Holstein zehn mikrobiell belastete Wohnungen beziehungsweise Arbeitsplätze, in denen nach Augenscheinnahme kein großflächiger Befall vorlag, mit unterschiedlichen Methoden untersucht, die Ergebnisse der Methoden verglichen und insgesamt 25 Personen zu Krankheitssymptomen vor und nach Sanierungsmaßnahmen befragt.

Methodik

Es wurden zehn Auftraggeber der „Böge-Wohngift- und Schimmelambulanz" (BWSA), bei denen nach ärztlicher Diagnose der Verdacht auf einen mikrobiellen Befall der Räumlichkeiten, jedoch kein offensichtlicher großflächiger Befall vorlag, in den Methodenvergleich einbezogen. Die BWSA wurde in allen Fällen gerufen, weil mehrere Personen an Krankheitssymptomen litten, die offensichtlich mit der Wohnung (oder Kindertagesstätte/Kita) in Zusammenhang standen oder bei denen von Ärzten ein Zusammenhang mit einer Pilzbelastung vermutet wurde. Aufgrund der aufwändigen Untersuchungen mit insgesamt acht Methoden konnten nur zehn Örtlichkeiten untersucht werden. Die Auftraggeber mussten die Untersuchungen nur zum Teil selbst bezahlen. Die notwendigen Analysen wurden von dem Verein zur Förderung der Umweltmedizin in Schleswig-Holstein in Höhe von 1000 DM pro Fall sowie vom „Labor PEGASUS" in Düsseldorf (Leiter: Dr. Urban Palmgren) und der BWSA gefördert. Die Auswertung der Daten wurde von der Kassenärztlichen Vereinigung Schleswig-Holsteins (KVSH) und der AOK Schleswig-Holstein finanziell unterstützt.

Bei allen zehn Auftraggebern wurde die Vermutung einer mikrobiellen Belastung der benutzten Räume durch Auffinden und Analyse von befallenem Baumaterial verifiziert. Im Folgenden sind die zum Vergleich stehenden Untersuchungsmethoden nur kurz dargestellt. Für weitergehende Informationen wird hier aus Platzgründen an die durchführenden Laboratorien sowie angegebene Literatur verwiesen. Die Entnahme mutmaßlich belasteter Materialien wurde jeweils als letztes durchgeführt, um eine Verfälschung der sonstigen Ergebnisse zu vermeiden.

Verwendete Methoden:

1. Mitarbeiter der BWSA: Befragung der betroffenen Personen, Begehung der Örtlichkeiten und orientierende Feuchtemessungen durch einen erfahrenen Umweltingenieur. Beurteilungsparameter: Beschreibung und Beurteilung 1. der baulichen Gegebenheiten, 2. des Geruchs und 3. des Ausmaßes des Schadens/der Feuchte bei der Besichtigung.

2. Schimmelspürhund: In fünf Fällen, in denen die Quelle versteckten mikrobiellen Wachstums bei der Begehung bzw. mittels Feuchtemesser nicht festgestellt werden konnte, wurde ein in Schweden speziell zu diesem Zweck ausgebildeter Schimmelspürhund eingesetzt. Er markierte in allen Fällen ein oder mehrere Stellen der untersuchten Räumlichkeiten. In allen Fällen konnten mittels der unter 3. beschriebenen Materialuntersuchung die Markierungen bestätigt werden (Beurteilungsparameter: Markierungen des Hundes).

3. Materialuntersuchung: Von verdächtigen Baumaterialien wurden Proben entnommen und mikrobiologisch untersucht. Nach einer Sichtprüfung unter dem Mikroskop wurden die Mikroorganismen extrahiert. Durch Anfärbung der Zellkerne mit einem Fluoreszenzfarbstoff unter dem Epifluoreszenzmikroskop wird die Gesamtzahl der Bakterien (BA) und Pilze (SP) bestimmt. Die Bestimmung der anzüchtbaren Mikroorganismen und ihre Spezifizierung erfolgt bei Raumtemperatur (15 °C bis 30 °C, bei Bedarf 37 °C) in den Nährmedien DG18, Malz und TGE. Die Analysen wurden von dem Labor PEGASUS (vgl. auch [24]) durchgeführt.

Beurteilungsparameter:

1. Gesamtzahl an Bakterien und Pilzen (SP/BA_{gesamt})
2. Zahl anzüchtbarer Bakterien und Pilze (SP/BA_{KBE})
3. Spezifizierung

Die Materialbelastungen wurden von uns als Referenzmethode betrachtet, da sie als einzige den tatsächlichen Befall aufdecken können, jedoch als destruktiver Eingriff (Öffnen der Wände oder des Fußbodens) gelten müssen und in der Praxis häufig nur ungern beziehungsweise selten durchgeführt werden.

4. Untersuchung der Innenluft und der Aussenluft (I.): Die anzüchtbaren Pilzsporen- und Bakterienkonzentrationen (keimbildende Einheiten=SP_{KBE} und BA_{KBE}) in der Raumluft und in der Außenluft wurden quantitativ mit einem Luftkeimsammler-Impaktor FH2 unter Verwendung der Nährmedien Sabouraud-Glucose (SA 4 %, 37 °C), DG18 (22 °C) und R2A (25 °C) bestimmt. Der Durchsatz des Gerätes beträgt 150 Liter in drei Minuten. Es wurde die Anzahl der KBE/m³ sowie die vorherrschenden Spezies (=Spezifizierung) bestimmt, eine Einteilung in mesophile (22 °C) und thermotolerante Arten (37 °C) vorgenommen und ein Innenluft/Außenluft-Quotient (=I/A-Quotient) berechnet. Anhand dieser Ergebnisse wurde eine Beurteilung der mikrobiologischen Qualität der Innenraumluft im Vergleich mit der Qualität der Außenluft von dem durchführenden Labor vorgenommen (Mikrobiologisches Labor des Instituts für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene der Universität Lübeck, Ratzeburger Allee 160, 23538 Lübeck) (siehe auch [26]) (Beurteilungsparameter: 1. Zahl anzüchtbarer Pilze und Bakterien (SP/BA_{KBE}), 2. I/A Quotient anzüchtbarer Pilze ($SP_{I/A}$), 3. Spezifizierung).

5. Untersuchung der Innenluft und der Außenluft (II.): Jeweils 110 Liter der Innenraumluft und der Außenluft wurden über einen in einer Spezialkassette liegenden Filter gesaugt. Die Analysen wurden im Labor PEGASUS (Methoden siehe unter 3.) durchgeführt.

6. Untersuchung der Innenluft und der Außenluft auf MVOC: Es handelt sich um eine Auswahl von Verbindungen, die typischerweise von Mikroorganismen gebildet werden und deshalb als „Microbial Volatile Organic Compounds" (MVOC) bezeichnet werden. Von dem Labor PEGASUS wurde eine Bestimmung von acht Einzel-MVOC in Raumluft und Außenluft vorgenommen. Es handelte sich dabei um eine aktive Probennahme bei einem Volumenstrom von 450 ml/min und einer Probennahmedauer von vier Stunden durch Adsorption an spezieller Aktivkohle. Die Probe wird mit Methylenchlorid desorbiert und mittels GC-MS analysiert. Es wurden folgende Einzel-MVOC bestimmt: 3-Methyl-1-butanol, 1-Octen-3-ol, 3-Methylfuran, 2-Pentanol, 2-Heptanon, 2-Hexanon, 3-Octanon, Dimethyldisulfid und ihre Summe als MVOC bezeichnet. In der Außenluft wurden von STRÖM et al. [27] in 76 Fällen maximal 0,21 µg MVOC/m³ Luft gemessen. In mikrobiell unbelasteten und trockenen Wohnungen liegen die MVOC-Konzentrationen ebenso wie in der Außenluft in der Regel <0,3µg/m³ [18]. Entsprechend wird von den Mitarbeitern der

BWSA eine Konzentration der MVOC von 0,3–1,0 µg/m³ in den untersuchten Innenräumen als leicht erhöht, >1,0–3,0 µg/m³ als erhöht und >3 µg/m³ als deutlich erhöht angesehen und als Hinweis auf das erhöhte Wachstum von Schimmelpilzen beziehungsweise Bakterien gewertet (vgl. hierzu auch [10, 17]).

Diese acht MVOC stellen nur einen Teil der flüchtigen Verbindungen mikrobiellen Ursprungs dar und gelten als Indikatorverbindungen für mikrobiellen Befall. Daher ist die Summe der MVOC nicht als Gesamtmenge flüchtiger Verbindungen mikrobiellen Ursprungs anzusehen (zu Einzelheiten der Analytik siehe [27, 30]).

7. Symptomscores der Raumnutzer zum Zeitpunkt der Untersuchung: Insgesamt wurden 25 Personen zu Krankheitssymptomen anhand eines standardisierten Symptomfragebogens befragt. Von den 25 befragten Personen waren 14 weiblich und elf männlich. Neun Personen waren unter zehn Jahre alt, zwölf waren 20 bis 39 Jahre alt und vier Personen waren 40 bis 59 Jahre alt. Bei zwölf Personen war eine Allergie und bei sieben Asthma vom Arzt festgestellt worden. Haustiere waren bei zwölf Personen vorhanden und zehn Personen lebten in einem Raucherhaushalt. Die Fallzahlen waren jedoch zu gering, um diese mutmaßlichen Einflussfaktoren in die Analyse einzubeziehen. Lungenentzündungen waren bei sechs der neun Kinder in den vergangenen drei Monaten aufgetreten.

Die Zusammenstellung des Symptomkatalogs orientierte sich an einem publizierten Schimmelpilz-Symptomfragebogen [5] sowie an den Erfahrungen aus früheren Untersuchungen [4]. Der Fragebogen kann bei den Autoren bezogen werden. Für jede Symptomnennung wurde je nach Häufigkeit des Auftretens des Symptoms in den vergangenen drei Monaten ein Wert vergeben, der die Häufigkeit charakterisieren soll. Dieser wurde mit dem Wert für die Symptomstärke gewichtet. Entsprechend wurden für die Symptomnennungen (Symptome 1-17) folgende Gesamtpunktwerte vergeben:

Symptomatik	nie (0 Punkte)	manchmal (1 Punkt)	häufig (2 Punkte)	fast die ganze Zeit (3 Punkte)
leicht (1 Punkt)	0	1	2	3
mittel (2 Punkte)	0	2	4	6
schwer (3 Punkte)	0	3	6	9

Weiterhin wurden in Anlehnung an eine Repräsentativbefragung der BZGA [7] zu fünf Symptomen aus dem Bereich des Allgemeinbefindens (Symptome 19–23) Fragen zur Häufigkeit des Auftretens gestellt und entsprechende Punkte vergeben: nie (0 Punkte), alle paar Monate (1 Punkt), alle paar Wochen (2 Punkte), alle paar Tage (3 Punkte), fast täglich (4 Punkte). Da keine Kontrollgruppe befragt wurde, wurden Normalwerte anhand der Literaturangaben zu Werten bei unbelasteten Kontrollgruppen [5, 7, 19, 21] konstruiert und folgende Bewertung der Summenscores bei der Erstbefragung vergeben: 1. 0–19 Punkte = normal, 2. 20–39 Punkte = etwas erhöht, 3. 40-59 Punkte = erhöht, 4. >= 60 Punkte = deutlich erhöht. Da es sich jeweils um unterschiedliche Befragungen beziehungsweise Studien handelte, sind die Daten der verwendeten Vergleichsgruppen nur eingeschränkt aussagekräftig, ermöglichen jedoch eine Größeneinordnung der Symptomhäufigkeiten.

Von allen befragten Personen wurde eine Einverständniserklärung („informed consent") eingeholt. Für Kinder unter zehn Jahren wurden die Fragebögen von den Eltern ausgefüllt und eine entsprechende Einverständniserklärung unterschrieben.

8. Symptomscores der Raumnutzer nach Beendigung der mikrobiellen Exposition: Der Symptomkatalog des Fragebogens wurde von allen 25 Personen für die Zeit vor der mikrobiologischen Untersuchung (1997–1998) (=t_0) und für die Zeit ein bis zwei Jahre später (1999) ausgefüllt (=t_1). In acht der zehn Fälle waren in der Zwischenzeit Sanierungsmaßnahmen vorgenommen worden und somit eine Beendigung der mikrobiellen Exposition erfolgt.

Die Differenz im Summenscore im Vergleich zu der Zeit vor der Sanierung ((Summenscore t_0 -Summenscore t_1)/100) in Prozent wurde wie folgt bewertet: 1. <10% = niedrig, 2. 10–20% = etwas erhöht, 3. 20–30% = erhöht, 4. >30% deutlich erhöht.

Ergebnisse

Die Charakteristiken der zehn Räumlichkeiten, die in dieser explorativen Studie untersucht wurden, sind als Übersicht in Tabelle 1 dargestellt. Es handelte sich um neun Privatwohnungen und einen Kindergarten. Bei der Begehung fanden die Mitarbeiter der BWSA in zwei Fällen eine nach Augenschein trockene Wohnung vor. In vier Fällen war kein Schimmelgeruch vorhanden und kein mikrobieller Befall, jedoch waren zum Teil geringe Feuchteschäden sichtbar. In den verbleibenden vier Fällen wies ein Schimmelgeruch (n=1) oder ein geringer sichtbarer Befall (n=3) auf mikrobielle Schäden hin. Der Schimmelspürhund wurde in fünf Fällen vermuteter versteckter Schimmelpilzquellen eingesetzt und markierte in allen Fällen deutlich meist mehrere Stellen in den untersuchten Räumen.

In allen zehn Fällen wurden Materialproben auf mikrobiellen Befall untersucht und erwiesen sich als hoch oder sehr hoch mit Schimmelpilzen und/oder Bakterien belastet (Parameter: SP_{gesamt} und SP_{KBE}). In allen Fällen war der versteckte Befall nicht nur auf kleine Stellen begrenzt, sondern betraf größere Bereiche und häufig auch mehrere Materialien. In keinem Fall lag eine für mikrobiologisches Material undurchdringbare Abdichtung der befallenen Materialien zu den genutzten Innenräumen vor. Die Materialbelastungen wurden von uns daher als Referenzmethode betrachtet (vgl. Methodik) und alle anderen Methoden hinsichtlich ihrer Trefferquote mit den Ergebnissen der Materialbelastung verglichen (siehe Tabelle 1). Demnach konnte der Schimmelspürhund in fünf von fünf Fällen versteckte mikrobielle Quellen lokalisieren.

Die Untersuchung der Innenraumluft und der Außenluft auf anzüchtbare Schimmelpilze und Bakterien nach Methode 4 (SP/BA_{KBE}; $SP_{I/A}$) wies nur in drei von zehn Fällen mit erhöhten Werten auf eine mikrobielle Quelle im Innenraum hin. In weiteren vier Fällen wurden leicht erhöhte Werte im Innenraum festgestellt, die in der Praxis jedoch meist nicht zu weiteren Untersuchungen Anlass geben.

Die Untersuchung der Innenraumluft und der Außenluft auf die Gesamtmenge sowie die Menge anzüchtbarer Schimmelpilze und

Tabelle 1: Problemstellung bei den einzelnen Fällen sowie entsprechende Ergebnisse der angewandten Methoden 1–8 (außer 3) sowie die Trefferquote der einzelnen Untersuchungsmethoden im Vergleich mit den in allen Fällen positiven Materialanalysen (=Methode 3), (SP=Schimmelpilze, BA=Bakterien, SP/BA_{gesamt}= Gesamtanzahl der Pilze bzw. Bakterien, SP/BA_{KBE}=Anzahl der anzüchtbaren Pilze bzw. Bakterien, I/A=Innenluft/Außenluft-Quotient)

Problemstellung:	1. Umweltingenieur (Besichtigung, Feuchtemessung)	2. Schimmelspürhund	4. Untersuchung der Innenluft (I) und Außenluft (A) mittels Methode I[1] (SP_{KBE}, BA_{KBE})	5. Untersuchung der Innenluft (I) und Außenluft (A) mittels Methode II[1] (SP/BA_{gesamt}, SP/BA_{KBE})	6. MVOC in Innenluft (I) und Aussenluft (A)[2]	7. Mittlere Symptomscores der Raumnutzer[4] vor der Sanierung	8. Mittlere Symptomscores der Raumnutzer nach der Sanierung[5]
1. Kindertagesstätte: Häufige, massive Überschwemmung mit Durchfeuchtung der Estrichisolierung	Schimmelgeruch, Feuchteschaden teilweise sichtbar im unteren Außenwandbereich	nicht eingesetzt	I/A = 1,2 SP_{KBE} leicht erhöht BA_{KBE} nicht erhöht Bewertung: 2	Innenluft: 2 Außenluft: 1 Bewertung: 2	I = 0,91 µg/m³ A = 0,06 µg/m³ I/A = 15,7 Bewertung: 2	n=5: 39,6 Bewertung: 3	19,6 Differenz: 51% Bewertung: 4
2. 100 Jahre altes Haus vor 1/2 Jahr bezogen, innen (oberflächlich) saniert, vor feuchter Außenwand innen verkleidet	kein Geruch, kein sichtbarer Befall, feuchte Außenwand	nicht eingesetzt	I/A = 1,7 SP_{KBE} erhöht Bewertung: 3	Innenluft: 2 Außenluft: 1 Bewertung: 2	I = 3,33 µg/m³ A = 0,12 µg/m³ I/A = 27,1 Bewertung: 4	n=2: 42,5 Bewertung: 3	26,5 Differenz: 38% Bewertung: 4
3. 50 Jahre alter Anbau an EFH vor 8 Jahren bezogen, teilweise innen verkleidet	Schimmelgeruch, Schimmelbelastung an unterer Außenwand teilweise sichtbar	nicht eingesetzt	I/A = 2,9 SP_{KBE} erhöht BA_{KBE} erhöht Bewertung: 3	Innenluft: 2 Außenluft: 1 Bewertung: 2	I = 1,84 µg/m³ A = 0,06 µg/m³ I/A = 31,7 Bewertung: 3	n=2: 62,0 Bewertung: 4	23,0 Differenz: 63% Bewertung: 4
4. 70 Jahre altes Landhaus vor 10 Jahren bezogen, teilweise saniert	kein Geruch, kein sichtbarer Befall, Feuchte im Bereich des Fußbodens	deutliche Markierungen auf Holzfußboden und Fußleiste Richtung Außenwand	I/A = 1,4 mesophile SP_{KBE} leicht erhöht Bewertung: 2	Innenluft: 3 Außenluft: 1 Bewertung: 3	I= 1,08 µg/m³ A= 0,12 µg/m³ I/A = 9,4 Bewertung: 3	n=1: 31,0 Bewertung: 2	24,0 Differenz: 23% Bewertung: 3
5. 90 Jahre alte Großstadtvilla vor 3 Jahren bezogen, Fassadenschäden saniert	kein Geruch, kein sichtbarer Befall, feuchte Außenwand	deutliche Markierungen Bereich Fußleiste, Außenwand	I/A = 1,0 Bewertung: 1	Innenluft: 2 Außenluft: 1 Bewertung: 2	I= 0,88 µg/m³ A= 0,15 µg/m³ I/A = 5,9 Bewertung: 2	n=4: 56,8 Bewertung: 3	10,5 Differenz: 82% Bewertung: 4
6. 5 Jahre altes Einfamilienhaus. im Keller geringer Feuchteschaden einer Außenecke und Waschmaschine ausgelaufen	kein Geruch, kein sichtbarer Befall, geringer Feuchteschaden im Keller	nicht eingesetzt	I/A = 1,1 leichte Kontamination der Innenluft durch die Außenluft durch SP_{KBE} und BA_{KBE} Bewertung: 1	Innenluft: 1 Außenluft: 1 Bewertung: 1	I= 4,35 µg/m³ A= 0,06 µg/m³ I/A = 79,1 Bewertung: 4	n=2: 103,5 Bewertung: 4	18 Differenz: 83% Bewertung: 4 (teilweise saniert)
7. 70 Jahre altes Großstadthaus, vor 4 Jahren bezogen, diverse Wasserrohrbrüche, auch unter altem Parkettfußboden, schadhafte Außenfassade	kein Geruch, kein sichtbarer Befall, kein Feuchteschaden	deutliche Markierungen auf dem Parkettfußboden, zum Teil auch in Richtung Außenwand	I/A = 1,3 leichte Belastung der Innenluft mit thermotoleranten SP_{KBE} Bewertung: 2	Innenluft: 3 Außenluft: 1 Bewertung: 3 (nur Bakterien erhöht)	I = 1,63 µg/m³ A = 0,11 µg/m³ I/A = 15,3 Bewertung: 3	n=2: 43,5 Bewertung: 3	nicht saniert
8. 32 Jahre altes Haus, vor 5 Jahren bezogen, teilweise saniert	kein Geruch, kein sichtbarer Befall, Feuchte in Wänden und Boden	deutliche Markierungen im Erdgeschoss. insb. Bereich Außenwände	I/A = 3,4 erhöhte Belastung der Innenluft mit mesophilen SP_{KBE} Bewertung: 3	Innenluft: 3 Außenluft: 1 Bewertung: 3	I = 1,82µg/m³ A = 0,12 µg/m³ I/A = 15,3 Bewertung: 3	n=1: 46 Bewertung: 3	45 Differenz: 2% Bewertung: 1 (teilweise saniert)
9. 20 Jahre altes Siedlungshaus, außer getrocknetem, altem Feuchteschaden im Keller keine Auffälligkeiten	kein Geruch, kein sichtbarer Befall	deutliche Markierungen in allen Kellerräumen auf den Fußböden	I/A = 2,1 leichte Belastung der Innenluft mit SP_{KBE} und BA_{KBE} Bewertung: 2	Innenluft: 1 Außenluft: 1 Bewertung: 1	I = 0,35 µg/m³ A = 0,04 µg/m³ I/A = 8,3 Bewertung: 2	n=1: 36 Bewertung: 2	nicht saniert
10. 100 Jahre altes Haus vor 10 Jahren innen teilweise saniert	kein Geruch, geringer Befall im Fußleistenbereich hinter Schrank sichtbar, Feuchte in Fußboden und unterer Wand	nicht eingesetzt	I/A = 0,16 SP_{KBE} und BA_{KBE} in der Innenluft und insbesondere der Außenluft überhöht Bewertung: 1	Innenluft: 2 Außenluft: 2 Bewertung: 2	I= 1,60 µg/m³ A= 0,07 µg/m³ I/A = 22,5 Bewertung: 3	n=5: 16,2 Bewertung: 1	10,4 Differenz: 36% Bewertung: 4 (teilweise saniert)
Trefferquote[3]	(5/10)	5/5	3/10	3/10	7/10 (I/A: 10/10)	7/10	7/8

[1]: Bewertung des Labors: 1 = normal, 2 = leicht erhöht, 3 = erhöht, 4 = deutlich erhöht

[2]: Bewertung: <0,3 µg/m³ = 1 (normal), 0,3–1,0 µg/m³ = 2 (leicht erhöht), >1,0–3,0 µg/m³= 3 (erhöht), >3,0 µg/m³ = 4 (deutlich erhöht)

[3]: Methoden 4–8: Summe der Bewertungen mit 3 oder 4

[4]: Bewertung der Summenscores: 0–19 = niedrig, 20–39 = etwas erhöht, 40–59 = erhöht, >= 60 = sehr hoch

[5]: Bewertung der Differenzprozente im Summenscore zur Befragung vor der Sanierung: 1. <10% = niedrig, 2. 10–20% = etwas besser, 3. 20–30%=besser, 4. >30% deutlich besser

Bakterien nach Methode 5 (SP/BA_{gesamt} und SP/BA_{KBE} ; $SP_{I/A}$) wies ebenfalls nur in drei von zehn Fällen mit erhöhten Werten deutlich auf eine mikrobielle Quelle im Innenraum hin. Hier wurden in weiteren fünf Fällen leicht erhöhte Werte bestimmt (s. o.). Nur in einem Fall fanden sowohl Methode 4 als auch Methode 5 übereinstimmend erhöhte mikrobielle Belastungen der Innenraumluft gegenüber der Außenluft. Nur in insgesamt drei Fällen war die Bewertung der Innenraumluftqualität durch Methode 4 und 5 gleich.

Erhöhte oder deutlich erhöhte MVOC-Konzentrationen in der Innenluft (I) gegenüber der Außenluft (A) wiesen in sieben von zehn Fällen auf erhöhtes mikrobielles Wachstum im Innenraum hin. In den verbleibenden drei Fällen waren die MVOC-Werte leicht erhöht und in allen Fällen war der MVOC-I/A-Quotient deutlich erhöht (I/A-Quotient= 5 bis 79: 10 von 10).

Die mittleren Symptomscores der Raumnutzer waren in sieben der zehn Fälle erhöht oder deutlich erhöht und wiesen somit auf die mögliche gesundheitliche Relevanz der mikrobiellen Belastung hin. Nach umfangreichen Sanierungsmaßnahmen oder einem Wohnungswechsel nahm die Höhe der Symptomscores in sieben von acht Fällen deutlich ab (um 23–83%). In einem Fall einer Teilsanierung wurde kaum eine Besserung erzielt (2%).

Der Mittelwert der Scores der Einzelsymptome sowie die Prävalenz der Symptome im Vergleich mit Literaturangaben zu unbelasteten Kontrollgruppen ist in Tabelle 2 dargestellt. Die Prävalenz war in der untersuchten Gruppe (n=25) für alle Symptome mit der Ausnahme von „Blasen- und Harnwegsentzündungen" zum Teil deutlich höher als in den Vergleichsgruppen.

Im Rahmen der Untersuchungen nach Methode 3 (Referenzmethode), Methode 4 (SP/BA_{KBE}) und Methode 5 (SP/BA_{gesamt}, SP/BA_{KBE}) wurden auch Spezifizierungen der Schimmelpilze und Bakterien vorgenommen (hier nur dargestellt: Schimmelpilze). Die diesbezüglichen Ergebnisse sind in Abbildung 1 dargestellt. Es wird deutlich, dass mittels Methode 4 insbesondere *Aspergillus* und *Penicillium* sowie *Cladosporium* und *Rhizopus* aufgefunden wurden. Mittels der Spezifizierung nach Methode 5 wurden in der Innenraumluft ebenfalls *Aspergillus* und *Penicillium* sowie in einigen Fällen *Wallemia* und abgestorbenes Mycel gefunden. Im Material wurde dagegen eine weitaus größere Vielfalt an Schimmelpilzen gefunden. In neun von zehn Fällen wurde im befallenen Material *Aspergillus versicolor* nachgewiesen. Diese Spezies deutet auf einen aktiven Feuchteschaden hin und produziert außerdem bei ausreichendem Wassergehalt des Substrats Mykotoxine. *Asp. versicolor* wurde mittels Methode 5 in fünf Fällen in der Innenraumluft ermittelt und mittels Methode 4 in keinem einzigen Fall. Die weitergehende Spezifizierung mittels Methode 4 ergab insbesondere das (meist geringfügige) Vorhandensein von *Asp. fumigatus, Asp. niger* und zum Teil *Asp. flavus*, die jedoch nicht in dem befallenen Material vorhanden waren (nicht getrennt dargestellt), so dass eine Kontamination über die Außenluft, die dieselbe Zusammensetzung aufwies, hier wahrscheinlich ist. Dasselbe gilt für die Genera *Cladosporium* und *Rhizopus*.

Diskussion

Die gesundheitliche Relevanz auch versteckter und abgestorbener Quellen mikrobieller Belastungen wurde in den vergangenen Jahren immer mehr anerkannt. Insbesondere seitdem nachgewiesen wurde, dass hinter nur sehr geringem sichtbaren Befall die mikrobiologische Aktivität je nach Durchfeuchtung weit in das entsprechende Material (Beton, Estrich etc.) hineinreichen kann und verschiedene Substanzen mikrobiellen Ursprungs sogar durch Absperrfolien diffundieren können [20, 27]. Zurzeit ist jedoch noch völlig unklar, welche Substanzen mikrobiellen Ursprungs für welche Gesundheitsstörungen relevant sind und welche Mobilität diese Substanzen entwickeln. Neben den bekannten Schimmelpilzallergenen und pathogenen Sporen werden heute auch zum Beispiel immunsuppressive oder neurotoxische Mykotoxine, bakteriell gebildete Endotoxine, proinflammatorische Substanzen sowie spezifische Allergene für Gesundheitsstörungen verantwortlich gemacht [2, 15, 16, 22, 25].

Bei dem vorliegenden Methodenvergleich wurden mikrobiell befallene Innenräume anhand verschiedener mehr oder weniger üblicher Methoden untersucht und bewertet. Die Studie ist als Pilotprojekt zu verstehen, da aufgrund der aufwändigen Untersuchungen und der entsprechend hohen Kosten pro Fall nur zehn Räumlichkeiten und 25 Raumnutzer einbezogen werden konnten. Ziel des Pilotprojektes war es, Hinweise auf die Eignung der verwendeten Methoden für die Problemstellung „vermuteter versteckter mikrobieller Befall von Innenräumen" zu erhalten. Zusätzliche umfassende Untersuchungen auf Mykotoxine und spezifische Allergene konnten in dem uns zur Verfügung stehenden Setting nicht durchgeführt werden.

In allen Fällen wurde der versteckte Befall durch Analyse der befallenen Materialien (hoher oder sehr hoher Befall) und auch durch Spezifizierungen der Schimmelpilze und Bakterien verifiziert. Die Materialbelastungen wurden von uns als Referenzmethode betrachtet und alle anderen Methoden hinsichtlich ihrer Trefferquote mit den Ergebnissen der Materialbelastung verglichen. Dieses Verfahren ist nicht unumstritten. Da jedoch in keinem Fall der Befall nur auf kleine Stellen begrenzt war sowie in keinem Fall eine für mikrobiologisches Material undurchdringbare Abdichtung zu den genutzten Innenräumen vorlag, erschien uns diese Vorgehensweise durchaus plausibel, insbesondere da keine andere Methode als Referenzmethode in Frage kommt. Die gleiche Vorgehensweise wurde auch von Toivola et al. [28] und Miller et al. [20] vorgeschlagen. Die Methode der Materialuntersuchung ist jedoch destruktiv (Aufstemmen der Wand oder Öffnen des Fußbodens) und sollte nur bei deutlichen Hinweisen auf die genaue Stelle des Feuchteschadens beziehungsweise des Befalls vorgenommen werden. Daher ist die Suche nach anderen weniger destruktiven Methoden durchaus wünschenswert.

Die Besichtigung der örtlichen Gegebenheiten sowie Feuchtemessungen durch einen auf diese Thematik spezialisierten Umweltingenieur sind sicherlich unabdingbare Voraussetzung für jede Untersuchung und Beurteilung. Auch Hinweise auf versteckte Quellen kann ein erfahrener Ingenieur mittels Feuchtemesser

Tabelle 2: Mittelwerte der Symptomscores und des Summenscores in der Fallgruppe zum Zeitpunkt der Exposition (t_0) und nach Beendigung der Exposition (t_1) und der 3-Monats-Prävalenz sowie zum Vergleich die Prävalenz der Symptome bei Bevölkerungsstichproben [1,4], 6–12-jährigen Schulkindern[2] sowie bei Bewohnern von Wohnungen ohne mikrobielle Belastungen[3] (jeweils Literaturangaben*)

	Mittelwert t_0 (n=25)	Mittelwert t_1 (n=22)	konstruierter Mittelwert bei Vergleichsgruppen* [1,2,3,4]	3-Monats-Prävalenz (>0 Punkte) (t_0 : n=25)	Prävalenz bei Vergleichsgruppen [1,2,3,4] (Literaturangaben)
1. NNH-Infekte	3.7	1.2	≤ 1	80%	11% [3]
2. Ohrenerkrankungen	1.0	0.3	≤ 1	40%	2–4% [1,3]
3. verstopfte Nase	4.4	1.6	≤ 1	88%	23–80% [2,3]
4. laufende Nase	2.1	0.6	≤ 1	56%	
5. Schleimhautreizungen	3.8	1.8	≤ 1	72%	23% [4]
6. Augenreizung	2.0	0.3	≤ 1	44%	4% [1]
7. Grippe/Erkältung	3.9	1.6	≤ 1	96%	40% [1]
8. Fieber	1.9	0.7	≤ 1	56%	–
9. Blasen-/Harnwegsentzündung	0.0	0.0	≤ 1	0%	4% [1]
10. Darminfektionen	0.8	0.6	≤ 1	40%	10% [1]
11. Bronchitis	3.6	1.5	≤ 1	68%	8–10% [1,2,3]
12. hartnäckiger Husten	3.1	1.0	≤ 1	60%	5–21% [1,2,3]
13. Asthmaanfall	1.2	0.7	< 0,3	20%	3% [1]
14. Atemnot	1.3	0.4	< 0,3	32%	10% [2]
15. Kurzatmigkeit	1.4	0.5	< 0,3	36%	6% [2]
16. Kurzatmigkeit bei Anstrengung	1.5	0.5	< 0,3	36%	7% [2]
17. Enge in der Brust	0.8	0.6	< 0,3	24%	–
18. Kopfschmerzen	1.6	0.9	1.2	60%	36% [1]
19. schnell ermüdet	2.2	1.4	1.1	68%	35% [1]
20. Konzentrationsstörungen	1.3	0.2	0.6	44%	18% [1]
21. Schlafstörungen	1.4	0.6	0.8	52%	25% [1]
22. müde und zerschlagen	1.8	1.0	0.9	60%	26% [1]
Summenscore	**44.9**	**18.0**	**< 20**	–	–

[1]: BZGA (1990): Symptomhäufigkeiten in einer repräsentativen Bevölkerungsstichprobe in den vergangenen drei Monaten (n=2155)
[2]: BRUNEKREEF et al. (1992): Symptomhäufigkeiten bei 6–12-jährigen Schulkindern in den vergangenen zwölf Monaten (n=3344)
[3]: NEVALAINEN et al. (1999): Symptomhäufigkeiten bei Bewohnern nachweislich nicht mit Schimmelpilzen belasteter Wohnungen in den vergangenen 12 Monaten (n=143)
[4]: MARTENS (2002): Symptomhäufigkeiten bei einer Bevölkerungsstichprobe (n=61) in den vergangenen drei Monaten

*Da es sich jeweils um unterschiedliche Befragungen bzw. Studien handelte, sind die Daten der verwendeten Vergleichsgruppen nur eingeschränkt aussagekräftig, ermöglichen jedoch eine Einordnung der Größenordnung der Symptomhäufigkeiten.

und Befragung der Bewohner in vielen Fällen ohne weitere Hilfsmaßnahmen erlangen. Besondere Erfahrungen sind erforderlich, wenn eine oberflächlich trockene beziehungsweise sanierte Wohnung versteckte Quellen mikrobiellen Wachstums aufweist.

Die höchste Eignung bei der Auffindung versteckter Quellen mikrobiellen Wachstums hat nach unseren Ergebnissen der Schimmelpilzspürhund, der, ähnlich den Drogenspürhunden, auf die von Schimmelpilzen abgegebenen Geruchsstoffe abgerichtet ist. In allen fünf Fällen, in denen der Umweltingenieur die Quelle der Mikroorganismen nicht lokalisieren konnte, markierte der Hund eine oder mehrere Stellen. Durch Materialanalysen an diesen Stellen konnte der mikrobielle Befall verifiziert werden.

Die mittleren Symptomscores der Raumnutzer (n=25) wiesen in der vorliegenden Pilotstudie in sieben von zehn Gebäuden/Wohnungen erhöhte Werte auf. Nach Sanierungsmaßnahmen in acht Gebäuden ging die Symptomhäufigkeit der Bewohner in sieben Gebäuden deutlich zurück (n=22). Symptomnennungen sind insbesondere für die gesundheitliche Relevanz des mikrobiellen Befalls von Bedeutung. Sie müssen jedoch ärztlich abgeklärt und sonstige Ursachen der Symptomatik müssen ausgeschlossen werden. Aus vorsorglichen Gründen (allergisches Potenzial, chronische Effekte von Toxinen) sollte jedoch mikrobieller Befall auch bei geringer Symptomatik der Bewohner entfernt werden. Chronische Effekte von mikrobiellen Metaboliten aus Innenräumen können kanzerogene, neuro-, nephro- oder hepatotoxische, immunsuppressive sowie proinflammatorische Wirkungen sein [1, 6, 14, 25]. So waren bei sechs der hier einbezogenen neun Kinder unter zehn Jahren Lungenentzündungen – zum Teil mehrfach – aufgetreten.

Von den Luftanalysen wiesen nur die MVOC-Messungen in der Mehrzahl der Fälle (sieben von zehn) deutlich auf den versteckten

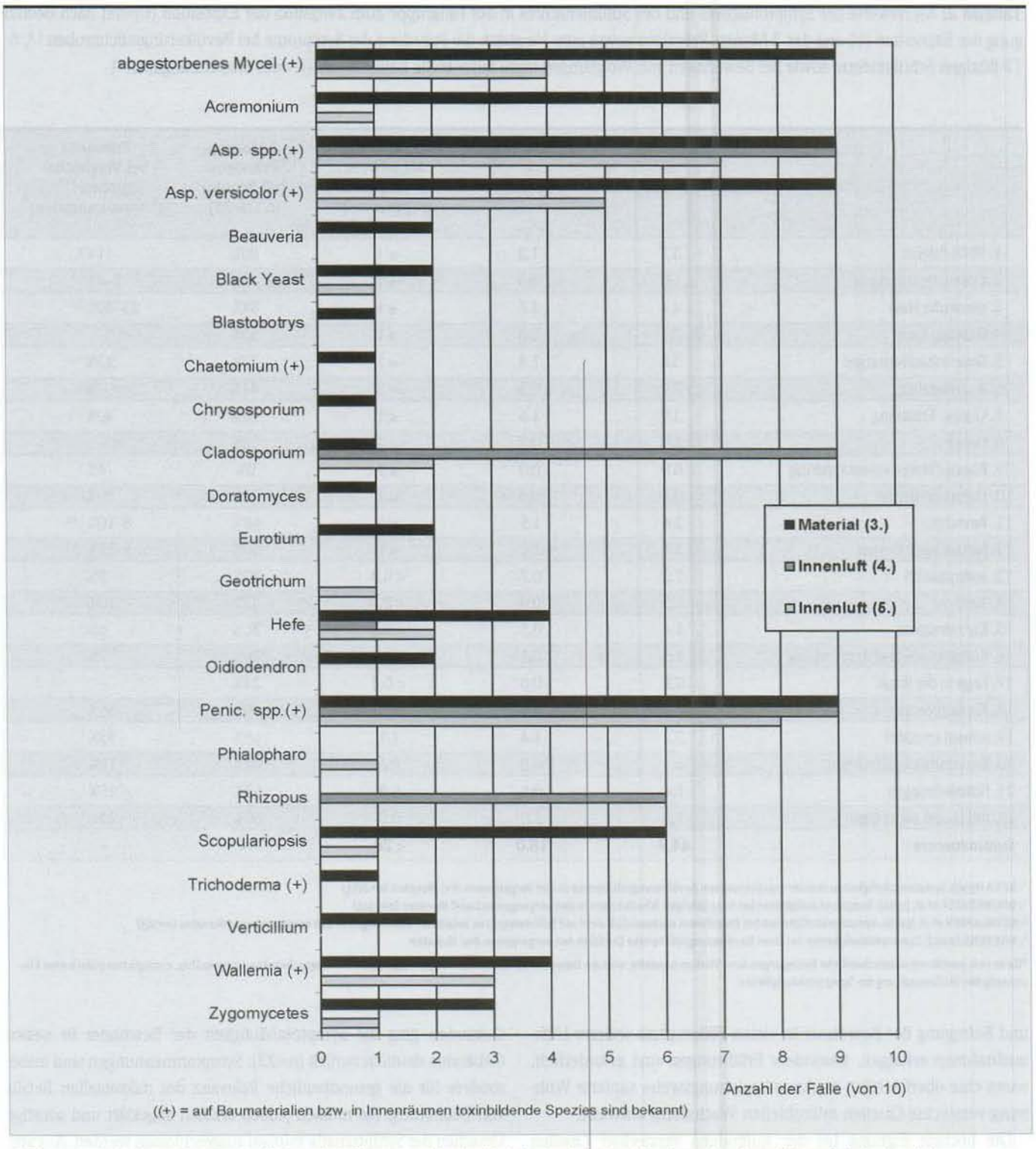

Abbildung 1: Ergebnisse der mykologischen Spezifizierung der befallenen Materialproben (Methode 3.) sowie der Innenluftproben nach zwei verschiedenen Methoden (4. und 5.).

mikrobiellen Befall hin (MVOC > 1,0 µg/m³). In allen weiteren Fällen war die MVOC-Konzentration leicht erhöht (>0,3 µg/m³) und der I/A-Quotient war >fünf (zehn von zehn). In der Außenluft sowie der Innenraumluft unbelasteter trockener Wohnungen soll die MVOC-Konzentration jeweils <0,3 µg/m³ betragen [10, 17, 18, 27]. Zu diesem Niedrigkonzentrationsbereich fehlen jedoch unseres Erachtens noch größer angelegte Vergleichsstudien, insbesondere zu sonstigen Einflussfaktoren der MVOC-Konzentration und zur Möglichkeit falsch positiver Befunde (Prozentsatz der Wohnungen mit MVOC >0,3 µg/m³, ohne dass ein mikrobieller Befall von Baumaterialien vorliegt). Auch unterscheiden sich die heute verwendeten MVOC-Profile der einzelnen Laboratorien. Hier sollten vergleichbare Profile festgelegt werden. Eine gesundheitliche Risikoabschätzung kann nicht allein anhand der MVOC erfolgen.

Die Luftuntersuchungen auf die Gesamtzahl an Schimmelpilzen und Bakterien (SP/BA_{gesamt}) und/oder die Anzahl der anzüchtba-

ren Schimmelpilze und Bakterien (SP/BA$_{KBE}$) im Vergleich mit der Kontamination der Außenluft kann nach unseren Ergebnissen nicht als verlässlicher Indikator mikrobieller Belastungen gewertet werden. Die Rate von falsch negativen Ergebnissen (sieben von zehn) war trotz des Einsatzes zweier hochqualifizierter Labors mit unterschiedlichen Methoden hoch und nur in einem einzigen Fall wurde gleichermaßen auf die Gefährdung durch Schimmelpilze beziehungsweise Bakterien hingewiesen. Beide Methoden lieferten weiterhin in sieben von zehn Fällen unterschiedliche Ergebnisse und können daher nicht als vergleichbar angesehen werden. Bei Vorhandensein von toxinbildenden Spezies in befallenen Materialien kann die alleinige Beurteilung des potenziellen gesundheitlichen Risikos anhand der mikrobiellen Luftuntersuchungen zu einem gefährlichen Fehlurteil für die Raumnutzer führen, wie zum Beispiel Cooley et al. [9] für mehrere befallene Schulen eindrucksvoll feststellten. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch andere Autoren [3, 8, 12, 20, 28]. Nützlich sind die mikrobiellen Luftuntersuchungen daher nur bei positivem Befund und aufgrund der Spezifizierungen, da nicht alle Spezies gleichermaßen pathogen, toxinbildend oder allergen wirksam sind [2, 23]. Die Untersuchungen des befallenen Materials auf lebende und abgestorbene Pilze und Bakterien offenbarten jedoch in der vorliegenden Studie eine weitaus höhere Variabilität von Schimmelpilz-Spezies als die Luftuntersuchungen.

Wichtig für die abschließende Beurteilung des gesundheitlichen Risikos eines mikrobiellen Befalls wäre weiterhin auch eine umfassende Allergen- und Mykotoxin-Analyse in den belasteten Räumen. Dies wirft jedoch weitere gravierende Probleme auf. So weisen Autoren darauf hin, dass Allergietests mit handelsüblichen Schimmelpilz-Allergen-Kits ebenfalls häufig zu falsch negativen Ergebnissen führen können [2, 15]. Die Bildung der Art und Menge von Mykotoxinen ist wiederum abhängig von den ganz individuellen Gegebenheiten des befallenen Materials (Spezies/Subspezies, Substrat, Wassergehalt des Substrates, Temperatur, Begleitwachstum u. a. m.) und kann ebenfalls nicht ohne weiteres im Labor nachvollzogen werden (vgl. auch [11, 13, 22, 23, 29]). Zusammenfassend ist zu sagen, dass die Mykotoxin-Analytik noch keine kostengünstigen standardisierten Reihenuntersuchungen bietet und erhebliche Forschungsanstrengungen auf diesem Gebiet notwendig sein werden.

Fazit

Zurzeit gibt es für die gesundheitliche Gefährdungsabschätzung durch mikrobielle Belastung in Innenräumen keine optimale Methode, verschiedene Methoden müssen je nach den örtlichen Anforderungen eingesetzt werden. In der Regel kann selten eine Methode allein zur Bewertung herangezogen werden.

Der Nachweis einer niedrigen Konzentration an Schimmelpilzen in der Raumluft bietet keinerlei Sicherheit dahingehend, dass nicht doch ein gesundheitsgefährdender Schimmelpilzbefall vorliegt.

Offene und versteckte Feuchteschäden bergen immer die Gefahr eines mikrobiellen Wachstums und der Bildung mikrobieller Metabolite (Toxine u. a.) und müssen daher behoben werden.

Auch nicht sichtbarer oder abgestorbener (trockener) Befall muss kontrolliert und saniert werden, da Bestandteile toter Mikroorganismen Allergien und andere Erkrankungen auslösen oder Schimmelpilztoxine freisetzen können.

Da eine Gesundheitsgefährdung der Raumnutzer besteht, muss deutlich belastetes Material konsequent und vollständig beseitigt werden. Trocknungsmaßnahmen und/oder der Einsatz chemischer Mittel bringen keine Abhilfe.

Literatur

1. Auger PL, Pepin P, Miller JD et al. Chronic toxic encephalopathies apparently related to exposure to toxigenic fungi. In: Bioaerosols, Fungi and Mycotoxins: Health effects, assessment, prevention and control (Johanning E, ed):131–138, Eastern New York Occupational and Environmental Health Center, New York (1999)
2. Bartram F. Schimmelpilzbelastung in Innenräumen als (Mit-)Ursache umweltmedizinischer Gesundheitsstörungen. Umwelt Medizin Gesellschaft 14(4): 305–310 (2001)
3. Blomquist G, Andersson B. Measurements of microorganisms in non-industrial indoor environment in northern Sweden. In: Health Implications of Fungi in Indoor Environments (Samson RA et al., eds) Air Quality Monographs Vol. 2: 39–47, Elsevier Amsterdam (1994)
4. Böge K-P, Bauer A, Alsen-Hinrichs C. Mikrobielle Belastung von Innenräumen: Spurensuche. Zeitschrift für Umweltmedizin 6:329–336 (1998)
5. Brunekreef B, Groot B, Rijcken B, Hoek G, Steenbekkers A, de Boer A. Reproducibility of childhood respiratory symptom questions. Eur Respir J 5:930–935 (1992)
6. Bünger J, Müller M, Möller A, Hallier E. Toxikologische Aspekte arbeits- und umweltmedizinisch relevanter Schimmelpilze. In: Gesundheitliche Aspekte toxikogener Schimmelpilze in Gebäuden (Keller R, Senkpiel K, ed) Schriftenreihe des Instituts für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene der Medizinischen Universität zu Lübeck, Heft 4:87-122 (2001)
7. BZgA (Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung) Aktionsgrundlagen 1990. Ergebnisse einer Repräsentativbefragung der Bevölkerung ab 14 Jahren (1994)
8. Carlson N, Quraishi A. Anatomy of a fungal problem. In: Bioaerosols, Fungi and Mycotoxins: Health effects, assessment, prevention and control (Johanning E, ed): 245–253, Eastern New York Occupational and Environmental Health Center, New York (1999)
9. Cooley JD, Wong WC, Jumper CA, Straus DC. Correlation between the prevalence of certain fungi and sick building syndrome. Occup Environ Med 55:579–584 (1998)
10. Dewey S, Sagunski H, Palmgren U, Wildeboer B. Mikrobielle flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft: Ein neuer diagnostischer Ansatz bei feuchten und verschimmelten Wohnräumen? Zentralblatt Hygiene Umweltmedizin 197:504–515 (1995)
11. Dietrich R, Märtlbauer E. Mykotoxinanalytik: Möglichkeiten und Grenzen immunchemischer Verfahren. In: Gesundheitliche Aspekte toxinogener Schimmelpilze in Gebäuden. Schriftenreihe des Instituts für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene der Medizinischen Universität zu Lübeck. Heft 4: 81–86 (2001)
12. Flannigan B, Miller JD. Health implications of fungi in indoor environments – an overview. In: Health Implications of Fungi in Indoor Environments (Samson RA, Flannigan B, Flannigan ME, Verhoeff AP, Adan OCG, Hoekstra ES, ed) Air Quality Monographs Vol 2:3–28, Elsevier Amsterdam (1994)
13. Gareis M, Johanning E, Dietrich R, Märtlbauer E. Screening von Materialien mit Zytotoxizitätstesten. In: Gesundheitliche Aspekte toxinogener Schimmelpilze in Gebäuden (Keller R, Senkpiel K, eds) Schriftenreihe des Instituts für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene der Medizinischen Universität zu Lübeck. Heft 4: 23–26 (2001)
14. Gordon WA, Johanning E, Haddad L. Cognitive impairment associated with exposure to toxigenic fungi. In: Bioaerosols, Fungi and Mycotoxins: Health effects, assessment, prevention and control (Johanning E, ed): 94–98, Eastern New York Occupational and Environmental Health Center, New York (1999)
15. Horner WE, Lehrer SB. Why are there still problems with fungal allergen extracts? In: Bioaerosols, Fungi and Mycotoxins: Health effects, assessment, prevention and control (Johanning E, ed): 313–319, Eastern New York Occupational and Environmental Health Center, New York (1999)
16. Johanning E. Toxigenic fungi and health observations in an occupational and environmental health clinic. In: Gesundheitliche Aspekte toxikogener Schimmelpilze in Gebäuden (Keller R, Senkpiel K, ed). Schriftenreihe des Instituts für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene der Medizinischen Universität zu Lübeck, Heft 4:1–22 (2001)
17. Keller R, Groh J. Nachweis und quantitative Bestimmung von MVOCs in pilzbelasteten und -unbelasteten Innenräumen. In: Biogene Luftschadstoffe in Wohn- und Aufenthaltsräumen (Keller R, ed). Schriftenreihe des Institutes für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene der Medizinischen Universität zu Lübeck, Heft 1:193–216 (1997)
18. Keller R, Senkpiel K, Ohgke H. Geruch als Indikator für Schimmelpilzbelastungen in natürlich belüfteten Innenräumen – Nachweis mit analytischer MVOC-Messung. In: Gesundheitliche

Gefahren durch biogene Luftschadstoffe (Keller R, ed) Schriftenreihe des Institutes für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene der Medizinischen Universität zu Lübeck, Heft 2:161–170 (1998)

19. Martens U. Überprüfung eines Symptomfragebogens zur Differentialdiagnostik neurotoxischer Erkrankungen. Diplomarbeit vorgelegt an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (März 2002)
20. Miller JD, Dales R, White J. Exposure measures for studies of mold and dampness and respiratory health. In: Health effects, assessment, prevention and control (Johanning E, ed): 298–312, Eastern New York Occupational and Environmental Health Center, New York (1999)
21. Nevalainen A, Vahteristo M, Koivisto J, et al. Moisture mold and health in apartment homes. In: Bioaerosols, Fungi and Mycotoxins: Health effects, assessment, prevention and control (Johanning E, ed): 355–358, Eastern New York Occupational and Environmental Health Center, New York (1999)
22. Nielsen KF, Gravesen S. Production of mycotoxins on water damaged building materials. In: Bioaerosols, Fungi and Mycotoxins: Health effects, assessment, prevention and control (Johanning E, ed): 423–431, Eastern New York Occupational and Environmental Health Center, New York (1999)
23. Nielsen KF. Mycotoxins produced in damp and water damaged buildings – ecology, analytical techniques and exposure. In: Gesundheitliche Aspekte toxikogener Schimmelpilze in Gebäuden (Keller R, Senkpiel K, eds) Schriftenreihe des Instituts für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene der Medizinischen Universität zu Lübeck, Heft 4:271–282 (2001)
24. Palmgren U, Ström G, Blomquist G, Malmberg P. Collection of airborne microorganisms on Nucleopore filters, estimation and analysis – Camnea method. J Appl Bacteriol 61:401–406 (1986)
25. Rylander R. Effects after mold exposure – which are the causative agents? In: Bioaerosols, Fungi and Mycotoxins: Health effects, assessment, prevention and control (Johanning E, ed): 28–32, Eastern New York Occupational and Environmental Health Center, New York (1999)
26. Senkpiel K. Biogene Belastung im Innenraum unter besonderer Berücksichtigung der Bestimmungsmethoden und der mikrobiellen Wachstumsfaktoren. In: Biogene Luftschadstoffe in Wohn- und Aufenthaltsräumen (Keller R, ed) Schriftenreihe des Instituts für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene der Medizinischen Universität zu Lübeck, Heft 1:85–114 (1997)
27. Ström G, West J, Wessén B, Palmgren U. Quantitative analysis of microbial volatiles in damp Swedish houses. In: Health Implications of Fungi in Indoor Environments (Samson RA, Flannigan B, Flannigan ME, Verhoeff AP, Adan OCG, Hoekstra ES, ed) Air Quality Monographs Vol 2:291-305, Elsevier Amsterdam (1994)
28. Toivola M, Reimann M, Hyvärinen A, Meklin T, Nevalainen A. Different methods to characterize moldy buildings. In: Bioaerosols, Fungi and Mycotoxins: Health effects, assessment, prevention and control (Johanning E, ed): 453–456, Eastern New York Occupational and Environmental Health Center, New York (1999)
29. Tuomi T, Saarinen L, Lappalainen S, Lindroos O, Nikulin M. Trichothecene mycotoxins in some water-damaged buildings. In: Bioaerosols, Fungi and Mycotoxins: Health effects, assessment, prevention and control (Johanning E, ed):467–473, Eastern New York Occupational and Environmental Health Center, New York (1999)
30. Wessén B, Schoeps KO. Microbial volatile organic compounds. What substances can be found in sick buildings? The Analyst 121:1203–1205 (1996)

Korrespondenzadresse: Dr. rer. nat. Anke Bauer, Grüne Twiete 56, 25469 Halstenbek, Tel.: 04101 406801, Fax: 04101 406802, E-Mail: ankebauer@aol.com

Hinweise für Autoren

Die Zeitschrift für Umweltmedizin ist eine interdisziplinäre Zeitschrift. Sie veröffentlicht Übersichtsarbeiten, Originalarbeiten und Kurzbeiträge, die weder anderweitig veröffentlicht wurden noch einer anderen Redaktion angeboten wurden. Beiträge können aus allen Bereichen der Umweltmedizin und ihrer Randgebiete stammen. Eingesandte Arbeiten werden geeigneten Fachleuten zur gutachterlichen Prüfung vorgelegt.

Die Einsendung der Arbeit garantiert noch nicht ihre Veröffentlichung. Die in ihr geäußerten Ansichten sind lediglich die der Autoren, nicht jedoch die von Herausgeber oder Verlag. Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Gewähr übernommen. Grundsätzlich ist es ratsam, immer eine Kopie der Arbeit beim Autor zu belassen.

Die Einsendung eines Manuskriptes impliziert, dass der Autor mit der vollen oder teilweisen Veröffentlichung einverstanden ist. Der Höchstumfang für Originalarbeiten beträgt 4–6 Druckseiten, entsprechend zirka 16 Schreibmaschinenseiten, 1 1/2-zeilig, 30 Zeilen pro Seite. Sie dürfen weder vorher noch gleichzeitig anderweitig zur Veröffentlichung angeboten werden. Der Verlag übernimmt gern auch Manuskripte auf Datenträgern (ASCII-Endlostext ohne Formatierungen wie Fettschrift etc., diese sind im Ausdruck zu markieren).

Um die Anforderungen für eine Publikation in der Zeitschrift für Umweltmedizin zu erfüllen, müssen die Arbeiten außer dem vollständigen Originaltext folgende Eigenschaften aufweisen, die die Autoren bitte vor Einreichen der Arbeit überprüfen wollen:

- Eine Zusammenfassung in deutscher Sprache. Diese sollte nicht mehr als 17 Zeilen à 60 Anschläge umfassen.
- Eine Zusammenfassung in englischer Sprache. Diese sollte ebenfalls nicht mehr als 17 Zeilen à 60 Anschläge umfassen.
- Schlüsselwörter und Titel sowohl auf Deutsch als auch auf Englisch.
- Referenzen sollten folgendes Format haben: „Schröder et al. [3] beschrieben" oder „In Arbeiten von Müller und Meier [13] findet sich" oder „Weitere Hinweise [4, 12, 18] zeigen".
- Die wichtigsten Feststellungen sollten durch geeignete Grafiken untermauert werden.
- Die wichtigsten Daten sollten in Tabellen zusammengefasst werden.
- Grafiken und Tabellen müssen entsprechende Legenden erhalten, eine Erläuterung im Fließtext reicht allein nicht aus.
- Abbildungs- und Tabellenverweise im Text müssen die Abbildungen und die Grafiken in das Gesamtbild einbinden.
- Abkürzungen im Text sind zu vermeiden.
- Die Gliederung sollte internationalen Gepflogenheiten entsprechen: Einleitung, Material und Methoden, Ergebnisse, Diskussion.
- Schreibweise für alle Manuskriptteile: 1 1/2-zeilig, nicht mehr als 30 Zeilen à 60 Anschläge pro Seite.
- Unklarheiten bei der Rechtschreibung richten sich nach dem Pschyrembel. Es gilt die z-k-Regel: Kalzium statt Calcium.
- Das Literaturverzeichnis soll nur Arbeiten enthalten, die auch im Text zitiert sind. Es soll alphabetisch und durchnummeriert nach der Vancouver-Konvention aufgebaut sein. Zitate im Text sind durch die entsprechenden Nummern zu kennzeichnen. Ausnahmen sind nur dort zulässig, wo es stilistisch sinnvoll ist.
- Die Adresse des Autors ist vollständig anzugeben. Für interne Zwecke sollte auch stets eine Durchwahlnummer angegeben sein, unter der der Autor für Rückfragen des Verlags und des wissenschaftlichen Beirats möglichst schnell zu erreichen ist.

Der Autor versichert, dass er an allen Bestandteilen des Artikels das uneingeschränkte Urheberrecht besitzt. Er räumt dem Verlag auch außerhalb der den Artikel enthaltenden Zeitschrift räumlich und zeitlich unbegrenzt das ausschließliche Recht der Vervielfältigung und Verbreitung ein.

Dies gilt auch für Sonderdrucke, Fotokopien, Mikrokopieausgaben, Mikrofiche oder Mikroformausgaben sowie für die Nutzung in elektronischen Medien und die elektronische Speicherung auf einem Datenträger und in einer eigenen oder fremden Online-Datenbank mit allen damit verbundenen Eigenheiten der Benutzung.

Der Autor räumt dem Verlag das Recht ein, alle oder einen Teil der Nutzungsrechte im In- und Ausland durch die Verwertungsgesellschaft WORT wahrnehmen zu lassen.