



# **LEITFADEN für die Innenraumlufthygiene**

betreffend Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung  
und Sanierung von  
Schimmelpilzbelastungen in Wohngebäuden





# **LEITFADEN für die Innenraumlufthygiene**

betreffend Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung  
und Sanierung von  
Schimmelpilzbelastungen in Wohngebäuden



**Heidemaria Onodi**

Landeshauptmann-Stellvertreterin



**Karin Kadenbach**

Landesrätin

St.Pölten, im September 2007

### ***Was wir selbst zu gesunder Luft beitragen können!***

Luftschadstoffe in der Außenluft werden stark thematisiert und per Gesetz überwacht.

Da wir uns allerdings überwiegend in Wohn- und Arbeitsräumen aufhalten, deren Luftqualität wir großteils selbst beeinflussen können, ist dieser Bereich besonders zu thematisieren:

Natürlich steht die Belastung der Innenraumluft durch Tabakrauch an erster Stelle.

Allerdings stellt auch die - oft versteckte - Schimmelpilzbelastung in Innenräumen ein gesundheitliches Problem dar.

Die chronischen Lungenerkrankungen nehmen europaweit zu. Auch in Österreich ist die sogenannte COPD (chronisch obstruktive Lungenerkrankung) in den letzten Jahren gestiegen. Auch entzündliche und allergische Ursachen für Atemwegserkrankungen treten immer mehr in den Vordergrund.

Abgesehen von der aktuellen Beeinträchtigung der PatientenInnen bei akuten Schüben, Allergenbelastung oder Reizung der Atemwege ist eine verminderte Lebenserwartung für PatientenInnen mit eingeschränkter Lungenfunktion in wissenschaftlichen Studien erhoben worden.

Das Land Niederösterreich hat sich daher entschlossen, in einer gezielten Lungen-Vorsorge-Aktion über alle Risikofaktoren für Atemwegserkrankungen möglichst breite Aufklärungsarbeit zu leisten.

Dieser Leitfaden informiert über Wirkung, Entstehung und Bekämpfung von Schimmelpilzen.

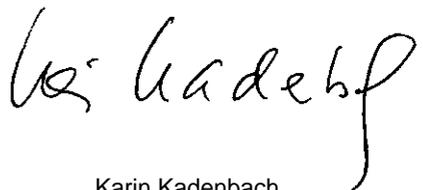
Davon sind nicht nur Substandardwohnungen betroffen, sondern man findet auch bei Neubauten immer wieder Baumängel, die die Schimmelbildung begünstigen.

Andererseits gibt es auch wichtige Verhaltenstipps, wie zum Beispiel richtiges Lüften, vor allem nach Sanierungen (Fenster, Wärmedämmung), die die Innenraumluft wesentlich verbessern können.

Mit besten Grüßen



Heidemaria Onodi  
Landeshauptmann-Stellvertreterin



Karin Kadenbach  
Landesrätin

**Für den Inhalt verantwortlich:**

HR Dr. Alois Kickingereder  
Amt der NÖ Landesregierung  
Abteilung Umwelthygiene;  
3109 St. Pölten, Landhausplatz 1  
email: [post.gs2@noel.gv.at](mailto:post.gs2@noel.gv.at)  
[www.noel.gv.at](http://www.noel.gv.at)

St. Pölten, September 2007

## Inhalt:

|  |    |
|--|----|
| Inhalt.....  | 7  |
| Einleitung.....  | 8  |
| Konzeption der Wohnbauten heute.....   | 9  |
| Ursachen der Feuchtigkeitsentwicklung in Innenräumen.....  | 10 |
| Lüftung der Wohnung.....   | 12 |
| Gesundheitliche Gefährdung durch Schimmelpilze.....  | 13 |
| Infektiöse Wirkung.....  | 13 |
| Allergene Wirkung.....   | 14 |
| Toxische Wirkung.....  | 17 |
| Geruchliche und irritative Wirkung.....  | 19 |
| Zusammenfassung.....   | 22 |
| Probleme bei der Probenahme und Bewertung von luftgetragenen<br>Schimmelpilzen in Innenräumen..... | 24 |
| Diagnostik und Bewertung von Schimmelpilzbefall in Innenräumen... ..                               | 26 |
| Mögliche Ursachen und Vorgehensweise.....  | 26 |
| Mikrobiologische Messungen von Schimmelpilzen.....   | 29 |
| Messungen von MVOC.....  | 31 |
| Bewertung.....   | 32 |
| Abklärungsmethoden bei Vorliegen entsprechender Symptome....                                       | 32 |
| Rechtliche Betrachtungsweise.....  | 34 |
| Bewertung von Materialproben.....  | 34 |
| Bewertung von Luftproben hinsichtlich kultivierbarer Schimmelpilze.                                | 35 |
| Verbesserungsmaßnahmen.....  | 36 |
| Effektive und nachhaltige Schimmelpilzsanierung in Wohnräumen....                                  | 37 |
| Hygienisch relevante Aspekte im Hinblick auf die Wohnqualität heute .                              | 47 |
| Schlussbemerkung.....  | 49 |
| Literatur.....   | 50 |

# Einleitung

Schimmelpilze sind in der Umwelt weit verbreitet, sie kommen eigentlich überall, daher weltweit vor. Pilzsporen der verschiedensten Schimmelpilzarten können daher überall in der Luft nachgewiesen werden.

Es wurden bereits 180.000 Arten von Pilzen beschrieben, vermutlich existieren 1,5 Millionen Pilzarten auf der Erde. Jährlich werden ca. 1000 Arten neu beschrieben.

Ihre ökologische Aufgabe ist es, als Saprophyten organische Substanz abzubauen und den Pflanzen als Nährstoffquelle zugänglich zu machen.

Sie können aber auch als Parasiten fungieren, in dem sie lebende Organismen besiedeln und damit die zum Leben notwendigen Stoffe besorgen.

Der Mensch ist aber an ein Vorkommen von Schimmelpilzen in seiner Umgebung angepasst und weist gegenüber Schimmelpilzen eine hohe natürliche Resistenz auf.

Entscheidend für die Wirkung von inhalativ aufgenommenen Schimmelpilzen auf den Menschen ist neben den individuellen konstitutionellen Faktoren die Pathogenität und die Gesamtzahl der auf den Menschen einwirkenden Pilze sowie die Häufigkeit ihres Auftretens unabhängig davon, aus welcher Quelle sie kommen.

Das Auftreten von Schimmelpilzen in Wohnbauten ist ein altes Problem. Eine allseits befriedigende Lösung dieser Problematik ist bisher noch nicht gelungen.

Schimmelbefall hat immer mit Feuchtigkeit an oder in Bauteilen zu tun. In der Regel wird diese Feuchtigkeit durch die Bewohner produziert, die Abfuhr dieser Feuchtigkeit muss gesichert werden.

Diese Feuchtigkeit bewirkt die Bildung sporulierender Pilzkolonien; diese Pilzsporen sind sehr mobil und werden bereits durch kleine Turbulenzen in die Raumluft verfrachtet.

Gesundheitliche Beeinträchtigungen durch Schimmelpilze sind ein relevantes gesundheitliches Problem der modernen Wohn- und Lebensumwelt geworden.

## Konzeption der Wohnbauten heute

Heute sind Wohnbauten so konzipiert, dass sie den Anforderungen der Nutzer hinsichtlich Komfort und Bequemlichkeit genügen. Dieser Umstand und die Notwendigkeit mit Energie sparsam umzugehen, nicht zuletzt auch bauphysikalische Erfordernisse bedingen eine dichte Gebäudehülle. Damit entfällt der unkontrollierte Luftwechsel, aber auch der sozusagen automatische Abtransport der Feuchtigkeit aus der Wohnung.

Im Hinblick auf diese Situation muss daher dem Wohnungsnutzer klargemacht werden, dass auch Wohnen, wie Autofahren und ähnliche Tätigkeiten, ein adäquates Verhalten erfordert.

Täglich mehrmals zu lüften ist nicht nur zur Feuchtigkeitsabfuhr, sondern auch zur Sicherung des hygienisch erforderlichen Luftwechsels erforderlich, eventuell ist auch die Installation von Anlagen zur mechanischen Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung in Erwägung zu ziehen.

Die Einbindung des Wohnungsnutzers in den Prozess der Vermeidung von Schimmelpilzbefall ist in diesem Zusammenhang jedenfalls erforderlich.

# Ursachen der Feuchtigkeitsentwicklung in Innenräumen

Ursache für Feuchtigkeit kann aufsteigendes oder eindringendes Wasser (z.B. Undichtheiten im Bereich des Daches, der Dachentwässerung oder mangelhafte Feuchtigkeitsisolierung des Mauerwerkes) sein. Der häufigste Fall allerdings ist die Kondensation an der inneren Bauteiloberfläche aus der Raumluft. Dies kann durch übermäßige Raumluftfeuchte in der Wohnung oder durch eine zu niedrige Temperatur der Oberfläche der Außenbauteile bedingt sein.

**Wesentlich für die Schimmelpilzproblematik ist somit die Oberflächentemperatur der der Raumluft ausgesetzten Gegenstände oder Bauteile.**

Die bauphysikalischen Regelwerke schreiben zwar Mindestwerte für den Wärmeschutz vor, diese Vorschriften beziehen sich jedoch in der Regel auf den ungestörten Bauteil, die Einflüsse von Ecken und Kanten und sonstigen Wärmebrücken werden nicht berücksichtigt.

Zu den durch die Geometrie gegebenen Einflüssen auf die Oberflächentemperatur kommen noch die Einflüsse durch die Anströmung der Raumluft.

Positiv im Sinne von Kondensatvermeidung wirken Heizkörper unter Fenstern, negativ hingegen Vorhänge, Abdeckungen und insbesondere die Möblierung.

Falls Schimmelbefall vorliegt, sollten die vorgenannten Umstände, insbesondere die Möblierung kritisch überprüft werden.

Grundsätzlich kann angenommen werden, dass, wenn der Wärmeschutz der Gebäudehülle den gesetzlichen Anforderungen der Bauordnung entspricht, bei widmungsgemäßer Nutzung der Wohnung (vgl. Vornorm ÖNORM B 8110- 2, „Wärmeschutz im Hochbau, Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz“) mit keiner Schimmelpilzbildung zu rechnen ist

Zur widmungsgemäßen Nutzung gehört, dass die relative Luftfeuchte unter 65 % liegt (Details siehe ÖNORM), Außenbauteile nicht durch Möbel, Vorhänge u. ä. abgedeckt sind und alle Räume beheizt werden (bzw. dass die Türen zu nicht oder vermindert beheizten Räumen geschlossen gehalten werden).

Nur in Sonderfällen kann es trotz widmungsgemäßer Nutzung zu Schimmelbefall kommen.

### **Die Ursachen hierfür können folgende sein:**

- Durchfeuchtung des Bauteiles durch eingedrungenes Wasser (z.B. schadhafes Dach)
- Wärmetechnische Schwachstellen (Wärmebrücken) durch ungeeignete Baustoffe, Baufehler, Schädigung der Bausubstanz u. ä.
- Feuchtigkeitsanreicherung in den oberflächennahen Bauteilschichten, Möbeln und Einrichtungsgegenständen (eventuell verursacht durch Vormieter)

## Lüftung der Wohnung

Um die Abfuhr der durch Menschen und ihre Aktivitäten (z.B. Kochen, Waschen, Wäschetrocknen, etc.) eingebrachten Feuchtigkeit zu gewährleisten, muss gelüftet werden.

Allgemein werden mindestens drei Lüftungen je Tag als Stoßlüftung (3 bis 10 Minuten, vorzugsweise in Form einer Querlüftung durch Öffnen aller Fenster) als erforderlich angesehen.

Üblicherweise ist durch ausreichendes Lüften im Winter eine Bereinerung der Situation möglich.

In Sonderfällen, falls zu viel Feuchtigkeit in den Bauteilen gespeichert ist (kann durch Baufeuchte im Falle des Neubezugs oder unsachgemäße Nutzung durch den Vormieter bedingt sein), kann die Lüftungstätigkeit (auf diese kann keinesfalls verzichtet werden), durch Trocknungsmaschinen unterstützt werden. In diesen Fällen wird in kurzer Zeit sehr viel Feuchtigkeit abgeführt.

Führen diese Maßnahmen nicht zum Ziel, muss die Quelle dieser Feuchtigkeit gefunden werden.

Meist handelt es sich dann um versteckte Wasserrohrbrüche oder andere Mängel im Bereich des Wasser-, Abwasser- oder Entwässerungssystems.

Registrierungen des Raumklimas liefern Hinweise über das Lüftungsverhalten der Bewohner sowie über das Vorliegen einer hohen Feuchtigkeitsanreicherung in den Bauteilen, den Möbeln und den Einrichtungsgegenständen.

Bedingt durch die genannten Umstände kann ein Schimmelbefall auch in Wohnungen vorliegen, die ausreichend belüftet werden und in denen die Luftfeuchtigkeit im zulässigen Bereich liegt.

Der Weiterbestand eines schon bestehenden Schimmelbefalls ist daher auch bei widmungsgemäßer Nutzung der Wohnung nicht immer zu vermeiden.

# Gesundheitliche Gefährdung durch Schimmelpilze

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass die pilzbedingten gesundheitlichen Beeinträchtigungen so vielschichtig sind wie das Reich der Pilze.

Je nach den biologischen Mechanismen unterscheidet man vier Gruppen von pilzbedingten Erkrankungen:

- Pilzinfektionen (Mykosen)
- Allergien bzw. hypersensitive Reaktionen
- Irritationen
- Toxische Reaktionen

Gesundheitliche Reaktionen auf Pilze in Innenräumen beziehen sich meist auf die ersten drei Gruppen. Wenig Klarheit besteht über die toxischen Reaktionen.

## ***Infektiöse Wirkung:***

Bei Schimmelpilzen handelt es sich um opportunistische Mikroorganismen, daher eine Infektion durch solche Keime setzt einen immungeschwächten Organismus voraus oder Vorschäden wie chronische Atemwegserkrankungen.

Infektionsbedingte gesundheitliche Beeinträchtigungen durch Innenraumbelastungen mit Schimmelpilzen spielen daher bei immunkompetenten Personen nur eine untergeordnete Rolle.

Klinisch relevante Infektionen auf inhalativem Wege sind denkbar, wenn sich die Schimmelpilzexposition quantitativ oder qualitativ stark von der Hintergrundexposition unterscheidet und schwere, lebensbedrohliche, invasive Infektionen können sich bei geschwächtem Immunsystem unter immunsuppressiver Therapie, Immunschwächeerkrankungen, im Rahmen der Chemotherapie auf Grund der Granulozytopenie, nach Organtransplantationen, bei Patienten mit hämatoonkologischen Erkrankungen, bei HIV- bzw. AIDS-Patienten, etc. entwickeln.

Das infektionsbedingte Erkrankungsspektrum reicht somit von banalen Bronchitiden bis hin zur lebensgefährlichen Sepsis.

## **Allergene Wirkung:**

Grundsätzlich sind alle Schimmelpilze geeignet, Allergien hervorzurufen. Hierbei handelt es sich um Typ I Allergien sowie um Typ III und IV Allergien.

Die Typ I Allergie wird durch IgE Antikörper vermittelt. Beim Kontakt des Körpers mit Schimmelpilz-Allergen kann es zur Bildung von spezifischen IgE Antikörpern kommen (Sensibilisierung).

Die spezifischen Antikörper werden an die Oberfläche von Mastzellen gebunden und bei erneutem Einwirken des Antigens kommt es zur Histaminfreisetzung aus den Mastzellen (allergische Reaktion).

Wenn die Antigen-Antikörper-Reaktion ein erhebliches quantitatives Ausmaß erreicht, führt sie zu klinischen Beschwerden.

Zu dieser Allergieform gehören der allergische Schnupfen (allergische Rhinitis), das Asthma bronchiale, die allergische Konjunktivitis, Urtikaria und Neurodermitis.

Symptome sind Schnupfen (rinnende Nase), Bindehautrötung, Juckreiz, Quaddeln (Nesselsucht) und Atemnot.

Es hat sich gezeigt, dass der Innenraum eine große Rolle für die Inzidenz und Prävalenz von allergischen Erkrankungen und vor allem für die Exacerbation von Asthma spielt.

Eine Reihe von multidisziplinären Studien weist auf Zusammenhänge zwischen Innenraumbelastungen und Asthma hin.

Alle Studien stimmen darin überein, dass die Innenraumluftqualität neben Veränderungen unserer gesamten Umwelt für allergische Erkrankungen und/oder Asthma verantwortlich sind.

Der Dosis- Wirkungszusammenhang ist in diesem Zusammenhang sehr komplex.

Er hängt unter anderem von der individuellen Prädisposition sowie vom allergenen Potenzial der Schimmelpilzsporen ab.

Bei bereits Sensibilisierten richtet sich die Schwere allergischer Reaktionen nach dem Grad der Sensibilisierung, der Membranfunktion von Haut und Schleimhäuten und der Allergendosis pro Befallsfläche.

Schimmelpilze, die zahlreiche Sporen an die Raumluft abgeben oder in hohen Konzentrationen in der Umwelt auftreten ( z.B. phytopathogene Sporen im Sommer ) verursachen häufiger Allergien.

Die meisten Pilzsporen gelangen wegen ihrer geringen Größe (2- 10 Mikrometer) in den Bronchialbaum. Nur Teilchen über 10 Mikrometer werden in der Schleimhaut von Nasen und Rachen zurückgehalten.

Der Anteil der Bevölkerung mit einer klinisch relevanten Schimmelpilzallergie lässt sich derzeit nicht sicher feststellen.

Schätzungen gehen von 1- 5 % aus.

Besonders gefährdet sind Personen mit erheblicher Neigung zu Typ I Allergien (Atopiker)

Auch ist nicht bekannt, ob der beobachtete Anstieg der allergischen Erkrankungen in jenen Faktoren zu finden ist, die als Trigger für Asthma bekannt sind, wie Allergene von Haustieren, Hausstaubmilben, Schimmelpilze oder Pollen, oder ob die beobachtete Zunahme in Faktoren zu suchen ist, die Infektionen im frühen Kindesalter (RS-Virus-Infektionen), Impfungen sowie hygienischen oder Ernährungsgewohnheiten der Bevölkerung zuzuschreiben sind.

Bei der Entwicklung von Asthma können Innenraumfaktoren u. a. folgende mögliche Rollen spielen:

- Verschiedene Faktoren der Umwelt aktivieren das Immunsystem, es reagiert und wird sensibilisiert;
- Ein bereits bestehendes Asthma kann durch Induktion ausgelöst oder verschlechtert werden;
- Ein entzündlicher Prozess wird den Schleimhäuten der Atemwege aufrechterhalten, dadurch wird die Sensibilität gegenüber anderen irritierenden oder provozierenden Faktoren wie kalte Luft, ätzende Luftschadstoffe, Oxydantien, physikalische Anstrengung u.a. erhöht.

Asthmaanfälle können bei bereits sensibilisierten Personen schon durch geringe Schimmelpilzkonzentrationen, wie sie in niedrig belasteten Innenräumen vorkommen, ausgelöst werden (eine bereits handtellergröße

Schimmelpilz-Befallsfläche kann in diesem Fall für die Auslösung eines Asthmaanfalles ausreichen) und solche Anfälle können innerhalb weniger Minuten nach dem Kontakt mit Schimmelpilzen auftreten.

Asthma wird ausgelöst durch Entzündung und Hyperreaktivität, dadurch kommt es zu einer variablen und reversiblen Bronchialverengung mit anfallsartigem Auftreten von Atemnot.

Kennzeichnend ist die Trias: **Bronchialspasmus, Schleimhautschwellung und Dyskrinie**, wobei verschiedene Mechanismen als Auslöser fungieren.

Da Asthmatiker und Atopiker eine erhöhte unspezifische Hyperreagibilität des Bronchialsystems gegenüber irritativen Stoffen aufweisen, kommt es bei diesen Personen schon bei geringer Exposition gegenüber Schimmelpilzen zu Reizungen der Atemwege.

Insgesamt kann das **allergenbezogene Erkrankungsspektrum** wie folgt zusammengefasst werden:

- Rhinokonjunktivitis allergica
- Rhinosinusitis mit Polyposis nasi
- Asthma bronchiale
- allergische bronchopulmonale Aspergillose
- exogen allergische Alveolitis
- kutane Erkrankungen- akute Urtikaria und Kontaktallergie
- gastrointestinale Symptome (Koliken, Erbrechen, Diarrhö)
- Anaphylaxie

## ***Toxische Wirkung:***

Pilzgifte (Mykotoxine) sind komplexe sekundäre Stoffwechselprodukte. Bei den meisten Mykotoxinen handelt es sich um heterozyklische organische Verbindungen. Sie können in ausreichender Konzentration eine Reaktion auslösen- im Gegensatz zu den Allergenen.

Es sind bereits hunderte Mykotoxine mit den unterschiedlichsten biologischen Eigenschaften beschrieben worden.

Die meisten Mykotoxikosen betreffen Vergiftungen nach dem Verzehr von verschimmelten Lebensmitteln.

Inwieweit Schimmelpilzbelastungen in Innenräumen zu Vergiftungen führen, ist wissenschaftlich noch nicht ausreichend erforscht.

Es konnte aber nachgewiesen werden, dass die Stoffwechselprodukte von Schimmelpilzen ebenso wie Zerfallsprodukte aus deren Zellwand (Glukane) Interleukine und sonstige Entzündungsmediatoren in Haut und Schleimhäuten freisetzen und damit eine lokale toxische Wirkung entfalten können.

Bewohner von mit Schimmelpilzen belasteten Räumen können so unter Augenbrennen und Erkältungssymptomen, bedingt durch die toxisch irritative Wirkung, leiden.

Obwohl daher toxinbildende Mikroorganismen in Gebäuden auftreten, ist bisher nicht bekannt, unter welchen Bedingungen und in welcher Menge Toxine von den Mikroorganismen produziert werden.

Es wird vermutet, dass die emittierten Mengen an Toxinen für akute Vergiftungen bei weitem nicht ausreichen.

Auch sind Vergiftungsfälle unter Kurzzeitexpositionsbedingungen bisher nicht bekannt geworden und es ist weiters auch nicht geklärt, ob es bei längerem Aufenthalt in Wohngebäuden zu chronischen Vergiftungen kommt. Angeblich gibt es diesbezügliche Einzelfälle (synergistische Wirkung ist vorstellbar).

Es sind bisher zwei mykotoxinabhängige Erkrankungen bekannt geworden:

1. das **Organic Dust Toxic Syndrom (ODTS)** und
2. die **diffuse pulmonale Hämorrhagie** bei Kindern.

1. Zum ODTS ist bemerken, dass dieses häufig berufsbedingt bei Arbeitern zu sehen ist, die mit stark kontaminierten Materialien hantieren (Landwirtschaft, Müllverarbeitung, Abbrucharbeiten).

Einige Stunden nach massiver Exposition staubiger Materialien treten hierbei plötzliche Beschwerden wie grippeähnliche Symptome mit Atembeschwerden auf (nach Inhalation von bakteriellen Endotoxinen und Mykotoxinen).

Die betreffende Symptomatik hat eine Ähnlichkeit mit jener der Hypersensitivitätspneumonie, wird aber nicht durch Immunantworten verursacht.

Der Unterschied zur exogen allergischen Alveolitis (EAA) besteht darin, dass diese (EAA) mit einer Lungenfibrose und einem Emphysem einhergehen kann, das ODTS hingegen nicht.

Diese Abgrenzung ist unter anderem auch deshalb wichtig, weil eine EAA mit Lungenfibrose als Berufskrankheit anerkannt wird, das ODTS hingegen nicht.

Als differenzialdiagnostisches Kriterium kann die lymphozytäre Alveolitis herangezogen werden, welches für das Vorliegen einer EAA spricht.

2. Die diffuse pulmonale Hämorrhagie wurde bei Kindern in der USA bei Besiedlung der Innenräume mit „Stachybotrys chartarum“ beobachtet.

### **Die wichtigsten Mykotoxine sind folgende:**

- Aflatoxine, produziert von *Aspergillus flavus*
- Fumonisine
- Ochratoxine
- Gliotoxin
- Trichothecene, u.a. T-2 (extrem starkes Zellgift) können von Trichoderma- und Fusarienarten produziert werden
- Satratoxin, produziert von *Stachybotrys chartarum*, bekannt als bisher stärkstes Zellgift
- Sterigmatomycin, produziert von *Aspergillus versicolor*, in etwa der Hälfte der Proben nachweisbar
- Als weitere potenzielle Toxinproduzenten kommen auch die Gattungen der *Penicillium* und *Chaetomium* in Frage
- Auch aus feuchten Baumaterialien isolierte Actinomyceten wirken zytotoxisch; die betreffenden Wirkstoffe konnten bisher jedoch nicht ermittelt werden.

## **Geruchliche und irritative Wirkung:**

Schimmelpilze produzieren charakteristische flüchtige Stoffwechselprodukte, die sie an die Umgebungsluft abgeben. Analog zu den flüchtigen organischen Verbindungen, die allgemein als VOC (Volatile Organic Compounds) bezeichnet werden, wurde für die von den Mikroorganismen produzierten VOC der Begriff MVOC (Mikrobial Volatile Organic Compounds) geprägt.

Die MVOC können einem breiten Spektrum unterschiedlicher chemischer Stoffklassen zugeordnet werden ( z.B. Alkanen, Alkanolen, Alkenolen, Aldehyden, Ketonen, Terpenen, Karbonsäuren ). Bisher wurden etwa 30 solcher Verbindungen identifiziert, die von Schimmelpilzen gebildet werden können.

Die unterschiedliche Zusammensetzung der MVOC ist von der Pilzart und dem Feuchtigkeits- bzw. Nahrungsangebot abhängig.

Häufig ist ein muffiger, modriger Geruch auf die Bildung von MVOC durch Schimmelpilze oder Bakterien zurückzuführen, wobei die Geruchsbildung schon bei geringen Konzentrationen erfolgen kann.

Seit einigen Jahren wird die Frage diskutiert, ob die MVOC aus gesundheitlicher Sicht (abgesehen von der Geruchswirkung, welche zu Unwohlsein und ev. zu Folgesymptomen führen kann) relevant sind.

Nunmehr wurden die MVOC neben dem geruchsbedingten Wirkeffekt auch mit unspezifischen Befindlichkeitsstörungen wie Müdigkeit, Kopfschmerzen, Konzentrationsprobleme, Schlafstörungen und sogar rheumatischen Beschwerden in Verbindung gebracht.

Auch werden die MVOC für weitere gesundheitliche Beeinträchtigungen, verursacht durch Irritationen der Schleimhäute der Atemwege (Schnupfen, Augenbrennen, Husten, Atembeschwerden, etc.) und Irritationen der Haut (Austrocknung, Juckreiz und Exanthem) verantwortlich gemacht.

Andererseits konnte aber auch festgestellt werden, dass die bei Luftmessungen nachgewiesenen MVOC-Verbindungen (1-Octen-3-ol, Methylfuran, Dimethylsulfid, 3-Methyl-1-butanol, Pentanol, Octanon und andere) nur ein geringes toxisches Potenzial aufweisen.

Es hat sich daher gezeigt, dass bei Konzentrationen, wie sie in Innenräumen vorkommen, die MVOC keine toxische Wirkung auf die Exponierten verursachen.

Die Korrelation zwischen mikrobiellen Schäden und geschilderten Beschwerden ist derzeit jedenfalls schwach und bedarf weiterer wissenschaftlicher Untersuchungen.

Es handelt sich jedenfalls um komplexe Vorgänge, bei denen verschiedene Stoffe beteiligt sind, die sich gegenseitig in ihrer Wirkung potenzieren. So könnte ein kumulativ toxischer Prozess, ausgelöst durch das Zusammenwirken von PAMPs (Pathogen Associated Molecular Patterns - betreffende Definition siehe weiter unten) und Toxinen die meisten der berichteten Symptome sehr gut erklären.

Weiters ist bekannt geworden, dass auch kleine, nicht flüchtige Zellbestandteile (insbesondere 1,3 beta-D-Glucan, ein Glucose-Polymer und Bestandteil der Pilzzellwand) stark immunologische Eigenschaften aufweisen, mit dem Ziel, dass die Produktion von Antikörpern reduziert und die Infiltration von Eosinophilen in das Gewebe verstärkt wird.

Schließlich werden noch zwei weitere mit MVOC in Zusammenhang stehende Wirkeffekte vermutet:

1. Eine Mischung verschiedener MVOC kann als Lockstoff eine Chemotaxis bei den Immunozyten auslösen und in Verbindung mit den in den Körper eingedrungenen Mikroorganismen, welche von einer erhöhten Hintergrundbelastung mit MVOC ausgehen, könnte es zu einer Überlagerung der Signalstoffe kommen und könnte dies eine Orientierungslosigkeit von Immunozyten und eine daraus resultierende Infektanfälligkeit bewirken (in Schimmelpilzwohnungen durchaus häufig zu beobachten), wobei zwingend auffällige Symptome sich daraus nicht ergeben müssen;

2. Eingeatmete mit MVOC kontaminierte Partikel könnten eine gewisse Zeit in den Alveolen verbleiben und könnten diese in der Folge von Granulozyten aufgesucht werden (Chemotaxis). Bei chronischer Belastung mit den genannten Partikeln würde so eine größere Ansammlung von Granulozyten in den unteren Atemwegen erfolgen. Die Konsequenz daraus wäre eine lokale Entzündung und/ oder eine verstärkte Schleimbildung und Symptome wie Hustenanfälle, Bronchitis oder Asthmaanfälle. Eine diesbezügliche Untersuchung ist bereits im Gange.

In Bezug auf MVOC-Messungen ist schließlich einschränkend anzumerken, dass nicht alle Stoffe messbar sind und von den gemessenen Stoffen nicht alle zweifelsfrei mikrobiellen Quellen zugeordnet werden können. In der Praxis werden mit dieser Meßmethode aber dennoch sehr gute Erfolge erzielt.

**„PAMPs“ (Pathogen Associated Molecular Patterns):**

PAMPs sind mikrobiologische Stoffe (molekulare Einheiten), die das Immunsystem zu einer Reaktion anregen.

Die Immunantwort auf PAMPs läuft ständig, aber unbemerkt, daher ohne Symptome ab.

Bei ständig wiederholten Kontakt mit feinsten mikrobiellen Partikeln (Zellwandbestandteile) ist jedoch eine sich steigernde Immunantwort möglich (Entzündungsreaktion mit Symptomen, ev. auch Ausbildung einer Allergie).

## **Zusammenfassung:**

Es kann daher bezüglich der gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch Schimmelpilze folgendes festgehalten werden:

- Für Gesunde ist die Inhalation von Sporen normalerweise ungefährlich;
- Das gesundheitsgefährdende Potenzial gründet im Wesentlichen auf allergisierenden und toxischen Eigenschaften. Epidemiologische Studien ergaben in diesem Zusammenhang jedenfalls Hinweise auf einen Zusammenhang zwischen Schimmelpilz-Exposition und Atemwegsbeschwerden; wissenschaftlich abgesicherte Aussagen über die Dosis-Wirkungs-Beziehung zwischen der Schimmelpilz-Exposition in Innenräumen und gesundheitlichen Beschwerden der Bewohner sind jedoch nicht möglich und dies bedeutet, dass aus gemessenen Schimmelpilz-Konzentrationen nicht unmittelbar auf gesundheitliche Wirkungen geschlossen werden kann;
- Besondere Vorsicht ist bei Kindern, Allergikern, Menschen mit massiver lokaler oder allgemeiner Abwehrschwäche und chronischen Erkrankungen des Atemtraktes ( Menschen mit bestehendem Asthma oder Heuschnupfen geboten. Personen mit besonderer Überempfindlichkeit gegenüber Gerüchen können durch MVOC erheblich belästigt werden, ohne dass eine konkrete Gefährdung für sie ersichtlich ist;
- Jedes Schimmelpilzwachstum ist im Wohnbereich prinzipiell unerwünscht;
- Ursachen des Schimmelpilzbefalls sind nachhaltig zu sanieren. Bei einem sichtbaren Schimmelbefall im Innenraum soll daher jedenfalls eine Sanierung erfolgen;
- Weiters ist zu beachten, dass auch von den nach Beseitigung der Ursache und Trocknung der Bauteile übrig gebliebenen, ev. sogar abgestorbenen Mikroorganismen eine gesundheitliche Gefährdung ausgehen kann;
- Bei Verdacht auf versteckten Schimmelbefall kann eine quantitative Sporenmessung sinnvoll sein, aber es sollte auch immer eine Arten-differenzierung zur Abschätzung der gesundheitlichen Gefährdung durchgeführt werden;
- Die Anzahl der in der Raumluft nachgewiesenen Keime gibt nur relativ schwach das Schadensbild wieder: So wurden in einem Drittel der Fälle mit ausgedehnten mikrobiellen Schäden keine Auffälligkeiten bei

den Luftkeimmessungen festgestellt, obwohl die Bewohner unter typischen Beschwerden litten;

- Bisherige Erfahrungen haben gezeigt, dass die meisten geschilderten Symptome mit immunologischen Reaktionen erklärbar sind, es lässt sich aber nur bei einem geringen Teil der Patienten eine Allergie im Test nachweisen und dies spricht nicht für das Vorliegen einer Typ 1 Allergie, sondern eher für eine Typ 3 oder Typ 4 Allergie oder auch für eine mit Symptomen begleitete Immunantwort, die nicht als Allergie zu werten ist;
- Außer Pilzen wurden in zahlreichen Fällen auch Bakterien der Ordnung Aktinomycetales (sog. Aktinomyceten) nachgewiesen, u. a. auch Vertreter von Gattungen, die fakultativ infektiöse Spezies umfassen, wie *Nocardia*, *Nocardiosis*, Mykobakterien oder *Pseudonocardia*;
- Messungen luftgetragener Keime in den Wohnungen ergaben bisher nur geringe bis sehr geringe Mengen von maximal einigen hundert bis wenigen tausend KBE (koloniebildende Einheiten) pro Kubikmeter Luft, dabei treten die Keime von *Aspergillus fumigatus* in der Innenraumluft selten auf, und wenn, dann in geringen Mengen, dafür etwas häufiger und in geringfügig höheren Mengen in der Außenluft, *Aspergillus flavus* tritt noch seltener auf und auch Aktinomyceten sind in der Innenraumluft selten;
- Mit der Größe der Befallsfläche korreliert jedoch auch die Zunahme der *Penicillium*- und *Aspergillus*-Arten. Bei sichtbarem Schimmelpilzbefall oder bei Verdacht auf das Vorliegen eines Befalls sollte daher bei der Erfassung des Pilzsporengehaltes in der Raumluft auch die Gesamtsporenkonzentration der Gattung *Penicillium* und *Aspergillus* mitbewertet werden. Außergewöhnliche Pilzbelastungen sind in vielen Fällen auf kontaminierte Materialien zurückzuführen;
- Infektionen durch Mikroorganismen, die in feuchten Baumaterialien wachsen, dürften daher nur selten bis sehr selten vorkommen. Als relevante Quellen kommen somit in erster Linie nicht Feuchtigkeitsschäden in Innenräumen, sondern eher Biotonnen, Komposthaufen und ev. Außenbelastungen durch nahe Kompostwerke etc. in Frage. Bei Betrachtung der Luftbelastung in einer Kompostanlage erhält man völlig andere Größenordnungen einer Belastung;

# Probleme bei der Probenahme und Bewertung von luftgetragenen Schimmelpilzen in Innenräumen

Als Folge der gesundheitlichen Relevanz von Schimmelpilzbelastungen in Innenräumen stieg auch die Nachfrage nach Luftkeimmessungen zur Abschätzung des Risikopotenzials.

Bei der Probenahme und Bewertung der Messergebnisse treten jedoch eine Reihe von Problemen auf:

- Die Ergebnisse einer Luftkeimmessung stellen meist nur eine Momentaufnahme dar;
- Eine starke Streuung der Messergebnisse ist u. a. auf die Inhomogenität der Luftproben sowie auf die Abhängigkeit ihrer Zusammensetzung, vom Ort der Probenahme, der Tages- und Jahreszeit, der Witterung und der mechanischen Aktivitäten bei der Probenahme zurückzuführen;
- Nur ein geringer Teil der in der Luft vorhandenen Sporen ist kultivierbar;
- Bei der Verwendung unterschiedlicher Messgeräte können die Ergebnisse durch die unterschiedliche Sammeleffizienz um Zehnerpotenzen voneinander abweichen
- Da bis heute keine standardisierten Nachweismethoden definiert sind, sind die Ergebnisse unterschiedlicher Laboratorien nicht vergleichbar;
- Die verschiedenen Schimmelpilzgattungen wachsen unter unterschiedlichen Kultivierungsbedingungen, vor allem schnell wachsende Schimmelpilze behindern andere in ihrem Wachstum;
- Obwohl epidemiologische Studien gezeigt haben, dass es einen Zusammenhang zwischen dem Wachstum von Schimmelpilzen in Wohnungen und gesundheitlichen Problemen der Bewohner gibt, konnte keine lineare Dosis- Wirkungs- Beziehung festgestellt werden.

Dennoch ist aus Vorsorgegründen die Schimmelpilzexposition im Innenraum im Bereich von natürlichen Hintergrundwerten zu halten.

Besteht ein sichtbarer Schimmelpilzbefall im Innenraum kann auf Luftkeimmessungen verzichtet werden und es sollten in jedem Fall Sanierungsmaßnahmen durchgeführt werden.

Luftkeimmessungen sind in erster Linie zur Abklärung des Verdachtes eines versteckten Schimmelpilzbefalls indiziert. Darüber hinaus können sie zur Sanierungskontrolle verwendet werden.

Für die Durchführung der Messungen sind in Zukunft standardisierte Verfahren erforderlich.

In jedem Fall sind ein Vergleich mit saisonabhängigen Hintergrundwerten aus unbelasteten Wohnungen sowie ein Vergleich mit der Außenluft erforderlich.

# Diagnostik und Bewertung von Schimmelpilzbefall in Innenräumen

## ***Mögliche Ursachen und Vorgehensweise:***

Die häufigsten Ursachen, die zu erhöhter Materialfeuchte und in der Folge zu Schimmelpilzwachstum in Wohnräumen führen, sind:

- mangelhafte Bauausführungen
- Gebrechen wasserführender Leitungen (z.B. ungenügende Wärmedämmung und andere bauphysikalische Schwachstellen, Kapillarrisse in Leitungen, mangelhafte Abdichtung, Kontergefälle)
- Fehlerhaftes Nutzerverhalten (insbesondere falsches oder unzureichendes Lüften in den Wintermonaten verbunden mit erhöhter Feuchtfreisetzung).

Eine ausführliche Ortsbegehung vor einer Schimmelpilzuntersuchung sollte dann durchgeführt werden, wenn ein Schaden, sein Ausmaß und dessen Ursache nicht offensichtlich ist.

## **Bei einer Ortsbegehung sind folgende Erhebungen durchzuführen:**

- Es sind physikalische Daten und allgemeine Angaben über den betroffenen Bereich des Objektes zu erheben;
- Befragung der Bewohner;

Aus diesen Informationen ergibt sich der weitere Ablauf der Untersuchungen.

Die Grundlage zur Abklärung des Schadensausmaßes und der Schadensursache können folgende Untersuchungen liefern:

- mikrobiologische Untersuchungen wie Bestimmung der Schimmelpilze in der Innen- und Außenluft
- Oberflächenkontakt- und Materialproben
- Bestimmung von Schimmelpilzen im Staub
- Messung der MVOC in der Innen- und Außenluft
- Aufzeichnung des Raumklimas (Luft- und Oberflächentemperaturen sowie Luftfeuchte)

Es sind daher auch in bauhygienischer Hinsicht entsprechende Messungen durchzuführen:

Raumlufttemperatur und Außentemperatur, relative Luftfeuchtigkeit während mehrerer Tage werden mittels elektronischen Thermohydrographen analysiert- Baumaterialdurchfeuchtung wird mit einem Feuchtigkeitsmessgerät, welches über einen Such- und Messmodus verfügt, bestimmt). Der Suchmodus eignet sich besonders zum Aufspüren von Feuchtigkeit hinter Wandverkleidungen, Fußbodenbelägen und Keramikfliesen.

In besonders schwierigen Fällen kommt der Schimmelspürhund zum Einsatz.

Im Rahmen einer Ortsbegehung können Verdachtsbereiche für Quellen von Schimmelpilzen im Innenraum und Hinweise auf die möglichen Ursachen eingegrenzt werden.

In zahlreichen Fällen sind die Befallsflächen makroskopisch sichtbar.

Schimmelpilze finden mitunter auch gute Wachstumsbedingungen an verdeckten Plätzen wie hinter Möbelstücken an Außenwänden, da hier die Luftzirkulation erschwert ist. In Verbindung mit kalten Wänden kann es zu erhöhten Oberflächenfeuchten in diesem Bereich kommen.

Daher sollten bei einer Wohnungsbegehung auch die Wandbereiche hinter Regalen, Schränken und Polstermöbeln auf Schimmelpilzwachstum untersucht werden, vor allem, wenn die Möbel dicht an Außenwänden stehen.

Bei Vorhandensein ausreichender Feuchtigkeit (üblicherweise in Baderäumlichkeiten) ist weiters bemerkenswert, dass bereits geringe Mengen organischer Substanzen wie z.B. Seifenreste und Hautschuppen ausreichen können, damit ein Badezimmer verschimmelt.

Im Rahmen der zu untersuchenden Innenräume sollte auf folgende Quellen einer Schimmelpilzbelastung Bedacht genommen werden:

- Feuchte Materialien wie z.B. Mauerwerk, Holz, Fensterrahmen, Dämmmaterialien, Tapeten, Möbel, Matratzen, Papier, nach rückliegendem Feuchteschaden;
- Wintergarten, erdberührte Wände, ungeheizte (Lager)räume, Flachdach, Gewächshaus in Verbindung mit der Wohnung;
- Dämmmaterialien auf Zellulosebasis;
- Fugen, z.B. Silikonfugen in Feuchtbereichen;
- Klimaanlage, Luftbefeuchter, Zimmerspringbrunnen;
- Topferde von Zimmerpflanzen, Hydrokulturen;
- Verdorbene Lebensmittel, Tierfutter;
- Unsachgemäße Lagerung von Abfällen im Wohnbereich;
- Fäkalien von Tieren (z.B. von Vögeln oder Streu im Tierkäfig).

Je nach Art des Schadensbildes und der gesundheitlichen Beschwerden oder Befürchtungen ist eine angepasste Vorgangsweise zu wählen.

Sind gesundheitliche Beschwerden und keine augenscheinliche Befallsstellen von Schimmelpilzen vorhanden, dann sollte zuerst eine Bestimmung der Schimmelpilze in der Innen- und Außenluft und gegebenenfalls eine Untersuchung von Verdachtsflächen durch Kontaktproben erfolgen.

Ist ein großflächiger Schimmelpilzbefall und/oder Feuchtigkeitsschaden erkennbar, wird eine Luftkeimuntersuchung nur in medizinisch begründeten Einzelfällen (z.B. bei erhöhter Sensibilität oder Allergie) auf bestimmte Schimmelpilze durchzuführen sein.

Aufschlüsse zur Schadens- und Ursachenermittlung sind von der Befragung der Raumnutzer und von bauphysikalischen Messungen zu erwarten.

## ***Mikrobiologische Messungen von Schimmelpilzen:***

Die am weitesten verbreitete Methode zur Erfassung einer möglichen Raumluftbelastung durch Schimmelpilze ist die quantitative Bestimmung der kultivierbaren luftgetragenen Pilzsporen in der Innenraumluft.

Die Methode liefert die zum Zeitpunkt der Messung vorherrschende Konzentration an vitalen Sporen in der Raumluft.

Die lebensfähigen Schimmelpilzsporen werden nach geeigneter Sammlung auf Nährböden angezüchtet und werden dadurch makroskopisch auszählbar.

Sie werden als Gesamtzahl der koloniebildenden Einheiten pro Luftvolumen (KBE pro Kubikmeter Luft) angegeben.

Der Vorteil dieser Methode ist, dass damit nicht nur eine Bestimmung der Gesamtkeimzahl, sondern auch eine Differenzierung der einzelnen vorhandenen Schimmelpilzarten möglich wird.

In der Praxis eingesetzte Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Innenraumluft sind die Impaktion und die Filtration.

Bei beiden Verfahren wird eine definierte Luftmenge angesaugt, und die in der Luft enthaltenen Schimmelpilzsporen werden direkt auf dem Nährmedium (Impaktion) oder auf einem Filter abgeschieden.

Bei der Filtermethode wird der Filter nach der Probenahme auf das Nährmedium aufgelegt.

Das Nährmedium wird je nach Fragestellung bei vorgegebenen Temperaturen (z.B. 23 und 37 Grad Celsius) 48 Stunden bis zu ca. 7 Tage bebrütet.

Der Keimgehalt wird durch Auszählung der bei der Bebrütung gebildeten makroskopisch sichtbaren Kolonien bestimmt.

Um unterscheiden zu können, ob eine Schimmelpilzbelastung auf eine innerhalb oder außerhalb der Wohnung liegende Quelle zurückzuführen ist, ist zeitgleich zur Messung der Innenraumluft immer auch die Außenluft zu untersuchen.

Außer der Messung der Konzentration der Schimmelpilze in der Innen- und Außenluft ist die Bestimmung der dominierenden Gattungen und Arten der Schimmelpilze als Hinweis für die mögliche Ursache erhöhter

Schimmelpilzkonzentrationen sowie zur Abschätzung der gesundheitlichen Gefährdung von großer Bedeutung.

Eine Schimmelpilzquelle ist dann im Innenraum zu vermuten, wenn die Konzentration der Schimmelpilze im Innenraum deutlich über der Anzahl in der Außenluft liegt und/oder die Zusammensetzung der Arten im Innenraum deutlich von der in der Außenluft abweicht.

Im Gegensatz zu Luftproben, welche die momentane Situation erfassen, liefert die Analyse von Staubproben Langzeitinformationen, da sich im Staub Schimmelpilze über einen längeren Zeitraum anreichern können.

Staubuntersuchungen geben daher Auskunft über eine mögliche andauernde Schimmelpilzbelastung im Innenraum.

Die Probenahme von Hausstaub erfolgt in der Regel durch Absaugen des Bodens.

Nützlich ist in vielen Fällen die Untersuchung von Materialproben (wie z.B. Putz, Tapete, Holzteile, Estrich, aber auch Blumenerde und Dämmmaterialien), die Hinweise auf den Ort der Quelle liefern kann.

Um eine Orientierung über die Schimmelpilzarten auf befallenen Materialien zu erhalten, werden Oberflächenkontaktproben untersucht.

Dies ist auf zweierlei Weise möglich, mit Hilfe einer Abklatschprobe oder eines Klebefilmpräparates.

Wichtig ist die Oberflächenuntersuchung auch dann, wenn die Ursache beispielsweise von Verfärbungen an Wandoberflächen nicht klar ersichtlich ist und ein Pilzbefall nicht ausgeschlossen werden kann.

Häufig werden Flecken an der Wand, die völlig andere Ursachen haben, mit Schimmelpilzen verwechselt.

Mit der Bestimmung der Gesamtsporenzahl werden sowohl die kultivierbaren als auch die nicht kultivierbaren Schimmelpilze erfasst.

Eine Differenzierung der Pilzgattungen und –arten ist aber nur eingeschränkt möglich.

Nach einer Sanierung kann die Bestimmung der Gesamtzell- oder Gesamtsporenzahl ebenfalls sinnvoll sein, um zu belegen, dass die Schimmelpilze nicht nur abgetötet, sondern wirklich entfernt wurden.

## **Messungen von MVOC:**

Schimmelpilze können durch ihren Stoffwechsel eine ganze Reihe von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) bilden.

Diese von den Mikroorganismen produzierten VOC werden als MVOC (Mikrobial Volatile Organic Compounds) bezeichnet.

Die MVOC umfassen ein breites Spektrum unterschiedlicher chemischer Stoffklassen, z.B. Aldehyde, Ketone, Alkohole, Carbonsäuren, Ester, Ether, Terpene, Terpenalkohole, Sesquiterpene und schwefelhaltige Verbindungen.

Die Bestimmung „charakteristischer“ MVOC kann zum Erkennen verdeckter Schimmelpilzschäden beitragen.

Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass manche der Substanzen auch aus nicht mikrobiellen Quellen stammen können.

Als relativ sichere Indikatoren für einen mikrobiellen Befall gelten:

- 3-Methylfuran
- Dimethyldisulfid
- Octen-3-ol
- Octanon
- Methyl-1-butanol

Weniger spezifische Indikatoren sind Hexanon, Heptanon, 1- Butanol und Iso- Butanol, da diese auch aus Bauprodukten oder Farben ausgasen können.

Eine Abschätzung der gesundheitlichen Gefährdung kann durch MVOC-Messungen nicht vorgenommen werden!

Schließlich besteht auch die Möglichkeit, mit einem Schimmelpilzspürhund verdeckte Schimmelpilzquellen zu lokalisieren, das speziell ausgebildete Hunde in der Lage sind, MVOC in geringen Konzentrationen zu riechen.

Eine Entscheidung für oder gegen eine Sanierung der betroffenen Räume sollte aus den Ergebnissen solcher Untersuchungen aber nicht abgeleitet werden.

## ***Bewertung:***

### **Ausgangsbasis:**

Schimmelpilzwachstum im Innenraum ist als hygienisches Problem anzusehen, da mit Feuchtigkeitsschäden und Schimmelpilzwachstum gesundheitliche Beeinträchtigungen einhergehen können.

Dies bedeutet, dass im Einzelfall von einer potenziellen Gesundheitsgefährdung der Raumnutzer ausgegangen werden sollte, auch wenn mit dem Auffinden einer Schimmelpilzquelle in einem Innenraum nicht automatisch auf eine akute Gesundheitsgefährdung geschlossen werden kann.

Das Ausmaß der möglichen Gesundheitsgefährdung ist abhängig von

- der Art der Schimmelpilzquelle
- der Aufenthaltsdauer
- der individuellen Empfindlichkeit bzw. gesundheitlichen Disposition der Raumnutzer

Diese Gesundheitsgefährdung kann im Einzelfall nur im engen Zusammenspiel mit Umweltmedizinern quantifiziert werden.

Doch ist auch in diesem Bereich das Vorsorgeprinzip anzuwenden, nach dem Belastungen zu minimieren sind (Minimierungsgebot), bevor es zu Erkrankungen kommt.

### ***Abklärungsmethoden bei Vorliegen entsprechender Symptome:***

- Anamnese
- Körperliche Untersuchung
- Blutbild
- Entzündungsparameter (BSG, CRP, Eiweißelektrophorese)
- Allergologie (Pricktest, Intrakutantest, RAST, ECP, Tryptase)
- Lungenfunktionsanalyse

**ECP** = eosinophile kationische Proteine (Bestimmung mittels Immunoassay) kann bei Asthmatikern als sensitiver Marker zur Beurteilung der Krankheitsaktivität, wie auch zur Therapiekontrolle eingesetzt werden und es kann auch der Schweregrad der Hauterkrankung bei Atopikern bestimmt werden.

Erhöhte ECP-Konzentrationen spiegeln den Aktivierungsgrad der eosinophilen Leukozyten wider, gestatten aber keine Zuordnung zu oder Abklärung von bestimmten allergischen Erkrankungen.

**Tryptase** = mastzellspezifischer Mediator (Untersuchung der Körperflüssigkeit mittels Assay) gibt Hinweis für eine aktuelle oder gerade abgelaufene Aktivierung dieser Entzündungszellen. So können Ereignisse mit Mastzellbeteiligung aufgedeckt werden.

Ein hoher Tryptasespiegel (mehr als 12,5 Mikrogramm pro Liter) bei niedrigem Basalwert spricht für ein Ereignis mit Mastzellbeteiligung, aber Werte im Normbereich sind nicht unbedingt aussagekräftig und schließen daher eine Reaktion mit Mastzellbeteiligung nicht aus.

### **Im Rahmen der Durchführung von Allergietestungen sind noch folgende Aspekte zu beachten:**

- Es ist auch auf Tiere in der Wohnung und auf eingenommene Medikamente zu achten;
- Es ist auch danach zu fragen, ob in der Familie bereits Allergien aufgetreten sind;
- Hauttestergebnisse können durch Antihistaminika und Kortison verfälscht werden;
- Die Gesamt- IgE- Werte werden durch Alkohol und Nikotin beeinträchtigt;
- Das Ergebnis der spezifischen IgE kann nur im Zusammenhang mit der Anamnese, Klinik und den ev. zusätzlichen Ergebnissen organspezifischer Provokationstests richtig interpretiert werden;
- Positive Reaktionen sollten nicht nur nach 15 bis 20 Minuten nach Anlegen des Tests kontrolliert werden, sondern auch nach 6, 12 und 24 Stunden, da nicht selten Spätreaktionen auftreten- Hinweis auf Typ 3 oder 4- Reaktion;
- Durch den Nachweis erhöhter Titer von allergenspezifischen IgE-Antikörpern lässt sich eine IgE vermittelte spezifische Sensibilisierung dokumentieren, deren klinische Aktualität / Relevanz in Verbindung mit Anamnese und gegebenenfalls Provokationstests gewertet werden muss;
- Wenn der Pricktest negativ ist, sollte der sensitivere Intrakutantest durchgeführt werden;

- Der RAST wird bei unklaren Untersuchungsbefunden oder Diskrepanzen zwischen Anamnesen und Testergebnissen eingesetzt;
- Die serologische Pilzdiagnostik weist nur eine geringe Sensitivität und Spezifität auf (um 50 %)
- Die PCR ist auch kein standardisiertes Verfahren;
- Es sollten nur gezielt jene Antigene untersucht werden, welche für die allergischen Symptome in Frage kommen.

### ***Rechtliche Betrachtungsweise:***

In diesem Zusammenhang darf ein Urteil des Obersten Gerichtshofes (OGH 2001) in Erinnerung gerufen werden, demzufolge der Vermieter einer Wohnung im Rahmen seiner Erhaltungsarbeiten bei einem Schimmelpilzbefall, der einen „privilegierten Schaden“ darstellt, den Schaden zu beseitigen hat (unabhängig von dessen Ursache).

Privilegierte Schäden sind dabei solche, deren Behebung für die Sicherheit und Gesundheit der Personen erforderlich ist.

Rechtlich verbindliche Bewertungsmaßstäbe für die Belastung von Innenräumen durch Schimmelpilze existieren weder in Österreich noch international.

Bedingt durch die Komplexität der Zusammenhänge wird es auch in Zukunft nicht möglich sein, einen einzelnen wirkungsbezogenen Richt- oder Grenzwert für die Pilzbelastung in Innenräumen anzugeben.

Doch gibt es eine Reihe von Publikationen, die sich mit dem diesbezüglichen Themenkreis auseinandersetzen.

So hat das deutsche Umweltbundesamt in einem Schimmelpilz-Leitfaden Bewertungsschemata aufgestellt, die eine Hilfestellung zur Beurteilung der Schwere der Schimmelpilzbelastung aus hygienischer Sicht darstellen (UBA 2002).

### ***Bewertung von Materialproben:***

Das Schema des deutschen Bundesamtes unterscheidet drei Kategorien zur Einstufung einer Belastung von Materialien mit Schimmelpilzen.

#### **Kategorie 1:**

Normalzustand bzw. geringfügiger Schaden (unter 20 Quadratzentimeter). In der Regel sind keine Maßnahmen erforderlich.

## **Kategorie 2:**

Geringer bis mittlerer baulicher oder nutzungsbedingter Schaden (unter 0,5 Quadratmeter). Die Freisetzung von Pilzbestandteilen sollte unmittelbar unterbunden werden und die Ursache sollte mittelfristig ermittelt und saniert werden.

## **Kategorie 3:**

Großer baulicher oder nutzungsbedingter Schaden (mehr als 0,5 Quadratmeter, auch tiefere Schichten können betroffen sein).

Die Freisetzung von Pilzbestandteilen sollte unmittelbar unterbunden werden und die Ursache des Schadens ist kurzfristig zu ermitteln und zu beseitigen.

Die Betroffenen sind auf geeignete Art und Weise über den Sachverhalt zu informieren und es sollte eine umweltmedizinische Betreuung erfolgen.

Nach abgeschlossener Sanierung sollte der Sanierungserfolg durch geeignete mikrobiologische Nachweisverfahren überprüft werden, um feststellen zu können, dass keine erhöhten Schimmelpilzkonzentrationen mehr vorliegen.

Für die Einstufung in die nächst höhere Bewertungsstufe reicht die Überschreitung einer Forderung. So ist z.B. ein Befall mit geringer Oberfläche nach Kategorie 2 oder 3 einzuordnen, wenn zusätzlich auch tiefere Materialschichten betroffen sind.

## ***Bewertung von Luftproben hinsichtlich kultivierbarer Schimmelpilze:***

Als Bewertungs- und Orientierungshilfe für Schimmelpilzbestimmungen in der Innenraumluft können nach gegenwärtigem Erkenntnisstand folgende drei Bereiche dienen:

1. der Bereich der **Hintergrundbelastung** für wichtige Pilzgattungen oder Pilzarten
2. ein **Übergangsbereich**, innerhalb dessen erhöhte Konzentrationen der einzelnen Pilzgattungen oder Pilzarten liegen, die bereits auf Innenraumquellen hinweisen
3. ein Bereich mit Konzentrationen, die diesen Übergangsbereich überschreiten und mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine **Innenraumquelle** hinweisen.

# Verbesserungsmaßnahmen

Grundsätzlich können zur Lösung der Schimmelpilzproblematik folgende Maßnahmen empfohlen werden:

- Begehung der Wohnungen durch ausgebildete Fachkräfte, Beratung der Bewohner bezüglich Möblierung, Vorhänge und Raumnutzung. Aufklärung ohne Schuldzuweisung, Schwerpunkt liegt auf der Motivation der Bewohner;
- Sanierung durch ausgebildete Fachleute, in der Regel ist ein Teil der betroffenen Wohnungen danach auf Dauer saniert;
- Manche Problemwohnungen sind nur durch Trocknungsmaßnahmen sanierbar, unter Umständen sollte die Absiedlung der Mieter in Erwägung gezogen werden;
- In besonderen Fällen können die Problemzonen (auch feuchtreguliert) beheizt werden;
- In besonderen Fällen kann eine Sicherung eines ausreichenden Luftwechsels durch technische Maßnahmen (Zentrallüftung, gesteuerte schallgedämmte Zuluft einrichtung) erfolgen;
- Wärmedämmung der Problemzonen durch Dämmung an der Innenseite;
- Mietverträge mit Verpflichtung zum Tapetenwechsel bzw. zur Anstricherneuerung (z.B. Küchenbereich alle 3 Jahre, Wohnbereiche alle 5 Jahre);
- Erhöhung des Wärmeschutzes der Gebäudehülle.

# Effektive und nachhaltige Schimmelpilzsanierung in Wohnräumen

Schimmelpilzbelastungen in Wohnräumen stellen ein zunehmendes hygienisches Problem dar, welche aus Vorsorgegründen nicht toleriert werden können.

Gesundheitliche Beeinträchtigungen wie Atemwegserkrankungen, Allergien durch Schimmelpilze bei speziellen Risikogruppen und auch Mykotoxikosen sind heute keine Seltenheit mehr und werden immer mehr Gegenstand der wissenschaftlichen und öffentlichen Diskussion.

Als Ursache für Schimmelpilzbefall in Innenräumen kommen insbesondere in Betracht:

- Modernisierungsmaßnahmen
- Leitungshavarien
- falsche Bauausführungen
- nicht angepasstes Nutzungsverhalten

Untersuchungen auf Schimmelpilze gewinnen somit zunehmend an Bedeutung und daraus ergibt sich auch, dass eine Standardisierung von Verfahrensvorschriften, ein Erarbeiten von Kriterien für die Befundbewertung und eine ausreichende Qualitätssicherung erforderlich sind.

In diesem Zusammenhang wurde auch ein **Leitfaden für die Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzen in Innenräumen** vom UBA im Dezember 2001 herausgegeben.

In diesem sind einheitliche Empfehlungen für die Erfassung und Bewertung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen enthalten.

Im Sommer 2005 wurde der **Schimmelpilz- Sanierungsleitfaden** veröffentlicht, in diesem wurden nunmehr auch die Vorgehensweisen hinsichtlich des notwendigen Sanierungsumfanges konkretisiert.

In den erwähnten Leitfäden sind die erforderlichen Begutachtungs- und Sanierungsschritte beschrieben, die bei wirtschaftlich vertretbaren Kosten einen hygienisch einwandfreien Zustand nach der Sanierung gewährleisten und einen erneuten Befall verhindern.

### ***Die grundlegenden Schritte der Sanierung sind:***

- Ermittlung des Feuchtezustandes, dann Luftkeimmessungen und Anzucht von Pilzen aus Materialproben auf entsprechenden Nährböden zur Erfassung der Belastungssituation in Wohnräumen;
- Abschottung des belasteten Bereiches gegen die Umgebung;
- Entfernung des belasteten Bereiches unter Staubschutz;
- Desinfektion, um ev. verbliebene Mycel abzutöten;
- Wiederaufbau mit mineralischen Putz, Wasserglas- oder Kalkfarbe, um durch den hohen pH-Wert eine lebensfeindliche Umgebung zu schaffen;
- Überprüfung des Sanierungserfolges durch Luftkeimmessungen.

Dadurch wird wieder ein hygienisch einwandfreier Zustand hergestellt mit dem Ziel, dass eine dauerhafte Ansiedlung von Organismen, die auf den Menschen toxisch oder allergisch wirken, verhindert wird.

Das genannte Sanierungsverfahren hat sich in der Praxis bewährt und entspricht daher zur Zeit dem derzeitigen Stand der Wissenschaft und Technik.

Sicher sind auch andere Verfahren möglich und zu diskutieren.

Ein dringender Handlungsbedarf besteht, wenn Schimmelpilzwachstum in bewohnten Innenräumen festgestellt wurde, denn dieses kann, abhängig von der individuellen Disposition der Bewohner sowie der Sporenkonzentration und der Expositionsdauer, gesundheitliche Beeinträchtigungen wie Allergien, Atemwegserkrankungen oder Mykosen zur Folge haben.

Aus diesem Grund ist eine fachgerechte Sanierung anzustreben!

**Im Haushalt als Sofortmaßnahme angewendete Mittel gegen Pilze wie Spiritus, Essig, Salmiak sind nicht günstig**, und zwar aus folgenden Gründen:

- der Schimmelpilz wird nur oberflächlich weggewischt und nicht entfernt; das gleiche gilt für die handelsüblichen Fungizide;
- Keine andauernde Wirkung: das Schimmelwachstum wird nur vorübergehend gestoppt, eine Langzeitwirkung konnte also bisher nicht nachgewiesen werden;
- Gesundheitsrisiken durch die Inhaltsstoffe (Chlorverbindungen, Metallhydroxide, Oxide, organische Schwefel/ Stickstoffverbindungen oder Phenolverbindungen)

### ***Vorgangsweise bei kleineren Befallsflächen:***

Kleinere Schimmelpilzschäden können vom Raumnutzer selbst beseitigt werden, solange er nicht allergisch auf Schimmelpilze reagiert, chronisch krank oder nicht immunschwach ist.

Auch hier ist wichtig, dass die zum Schimmelpilzbefall geführten Ursachen abgeklärt und beseitigt werden!

### **Bei der Beseitigung befallener Flächen ist auf folgendes zu achten:**

- Es ist möglichst staubarm zu arbeiten; Benetzung der zu bearbeitenden Flächen mit Wasser;
- Befallene Flächen sollten nie trocken abgerieben werden, dies würde als Sekundärquelle zu einer Erhöhung der Konzentration in der Raumluft führen;
- Die entfernten Materialien werden staubdicht verpackt und können über den normalen Hausmüll entsorgt werden;
- Die bearbeiteten Flächen werden anschließend mit 70 bis 80 %igem Alkohol gereinigt und desinfiziert;
- Alle Materialien, die mit Schimmelpilzen kontaminiert sind, müssen gründlich gereinigt werden;
- Befallene Polstermöbel oder Teppichbeläge sollten vollständig entfernt werden, da hier selten eine Möglichkeit der Sanierung mit vertretbarem Aufwand besteht.

Es ist zu beachten, dass eine bloße Abtötung von Schimmelpilzkeimen nicht ausreicht, da auch von abgetöteten Schimmelpilzen eine allergische und reizende Wirkung ausgehen kann.

### ***Sofortmaßnahmen bei Befall größerer Flächen:***

Dabei handelt es sich um Flächen, die größer als 0,5 Quadratmeter sind und auch einen Befall tieferer Materialschichten aufweisen. Sofortmaßnahmen sind unverzüglich, auch wenn aus rechtlichen oder technischen Gründen nicht sofort mit der Sanierung begonnen werden kann, zu ergreifen, um eine Ausbreitung von Schimmelpilzen bzw. Sporen auf andere Räume und eine dadurch bedingte Gefährdung der Raumnutzer zu verhindern.

Folgende Sofortmaßnahmen können vom Raumnutzer selbst durchgeführt werden, sofern er nicht allergisch auf Schimmelpilze reagiert, chronisch krank oder immunschwach ist:

- Der betroffene Bereich sollte räumlich abgetrennt werden (z.B. Abschottung mit Plastikfolie). Der Staub im Raum ist nämlich die Hauptbelastungsquelle mit Schimmelpilzen, dadurch soll eine Kontamination angrenzender Räume vermieden werden. Bei lokal begrenzten Schäden kann diese Abschottung z.B. durch Staubschutzwände oder andere geeignete Hilfsmittel erfolgen, so dass eine Sanierung auch in bewohnten Zustand der Wohnung möglich ist;
- Die befallenen Flächen können mit einer Klebefolie bedeckt oder mit einem Bindemittel vernetzt werden, um eine Freisetzung von Sporen in die Raumluft zu unterbinden. Befallene Materialien, z.B. Tapeten und Putz werden mit einem Sicherheitsabstand von mindestens 20 bis 50 cm um die Befallstelle entfernt. Der dabei anfallende Staub wird mit einem Sauger K1/1H vollständig abgesaugt, um eine zusätzliche Verschleppung der Pilzsporen und keimfähigen Mycelreste zu verhindern;
- Stark mit Schimmelpilz befallene Räume sollten nicht mehr benutzt werden;
- Lebensmittel oder andere Gegenstände, wie Kinderspielzeug sollten aus den betroffenen Räumen entfernt werden;

- Schwach befallene Flächen bzw. unter dem Material liegende, freigelegte Flächen sollen desinfiziert werden, um verbliebene Mycelreste abzutöten. Die Desinfektion zielt nicht auf das Abtöten von Schimmelpilzsporen! Diese können nur mechanisch entfernt werden. Die Desinfektion erfolgt mit Alkohol (70- 80 %), da dies kostengünstig und einfach durchzuführen ist und keine toxischen Nebenwirkungen auf die Bewohner zu befürchten sind, außerdem hat sich Alkohol gegenüber anderen Desinfektionsmitteln zu Abtötung von Schimmelpilzmycel bewährt.
- Schwer zu reinigende, noch nicht von Schimmelpilz befallene Gegenstände, wie Polstermöbel oder Textilien sollten abgedeckt oder aus dem Schadensbereich entfernt werden- Vor Wiederverwendung sollten diese Gegenstände gereinigt werden;
- Gezieltes Heizen und Lüften, um Feuchtigkeitsquellen zu minimieren und Schimmelpilzwachstum einzuschränken- Hierbei ist darauf zu achten, dass andere Bereiche dadurch nicht mit Schimmelpilzsporen belastet werden;
- Möbel von den Außenwänden abrücken, um die Gefahr der Taupunkt-bildung im Raum zu verhindern und so wiederum Schimmelpilzwachstum vorzubeugen.

## ***Sanierung bei Befall größerer Flächen:***

Für die erfolgreiche Durchführung einer langfristigen Schimmelpilzbe-seitigung sind die Ursachen, die zum Schimmelpilzwachstum geführt haben, aufzufinden. Durch die Beseitigung dieser Ursachen kann die Entstehung von Schimmel dauerhaft verhindert werden.

Ein Problem ist auch, dass Neubauten oder Objekte, die einen größeren Umbau hinter sich haben, nicht jahrelang leer stehen können, bis sie ge-trocknet sind. Manche dieser Bauten müssen daher regelrecht trocken gewohnt werden.

Ein bei einer Sanierung frisch angebrachter Wandaufbau braucht sei-ne Zeit zum Austrocknen, trotzdem muss die Wohnung weithin nutzbar sein.

Weiters sind nach einer Trocknung Räume und Inventar noch mit den Dauerformen des Schimmels befallen, die weiterhin ihre gesundheitsbe-denklischen Wirkungen entfalten können.

Schon geringe Durchfeuchtungen reichen für einen Wiederbefall aus und es stellt sich hier die Frage, wie Räume, neben der Bautrocknung in einen hygienisch einwandfreien Zustand versetzt werden können und ein Wiederbefall verhindert werden kann.

Solange der Trocknungsprozess noch nicht abgeschlossen ist sollte der Wiederaufbau ein alkalisches Milieu schaffen, bei dem es nicht zu einem erneuten Auskeimen von Schimmelpilzen kommt. Dafür sollte ein mine-ralischer Putz verwendet werden und anschließend mit einer Beschich-tung mit Silikatfarbe oder mit einer Kalkfarbe versehen werden. Diese Farben haben in den ersten Monaten einen sehr hohen pH-Wert, der die Lebensbedingungen von Pilzen einschränkt. Wasserglasfarben schlie-ßen die Oberflächen zudem dicht ab, ohne stark diffusionshemmend zu sein.

Wenn möglich, sollten die Wände bis zur vollständigen Trocknung unta-peziert bleiben. Wenn der Trocknungsprozess abgeschlossen ist, ist ein beliebiger Wiederaufbau möglich. Er sollte jedoch ohne stark diffusions-hemmende Materialien (z.B. Vinyltapete, Latexfarbe, etc.) erfolgen.

Zur Überprüfung des Sanierungserfolges werden Luftkeimmessungen durchgeführt.

Luftkeimmessungen sind derzeit die einzige arbeitsmedizinisch aner-kannte Methode zur Erkennung einer Keimbelastung in Räumen, da die

Anzahl der lebensfähigen Keime in der Luft eine quantitative Aussage über die Raumluftbelastung zulässt. Zudem existieren mit dieser Methode ermittelte Richtwerte, oberhalb derer gesundheitliche Beschwerden beobachtet wurden. Diese Richtwerte können als Sanierungsleitwerte herangezogen werden. Somit eignet sich die Methode der Luftkeimmessung zur Qualitätssicherung in der Sanierung.

**Ziele von langfristigen Maßnahmen sind:**

- Auffinden und Beheben des Bauschadens mit anschließender Trocknung;
- Wiederherstellung eines hygienisch einwandfreien Zustandes;
- Schutz von Bausubstanz und Inventar bei Nutzung bis zur vollständigen Trocknung ohne Wiederbefall.

Im Hinblick auf die gesundheitliche Situation gibt es noch keine allgemein anerkannten und gesetzlich festgelegten Bezugsgrößen.

Es gibt bisher nur Handlungsempfehlungen und Leitwerte.

Für die Feststellung von Baumängeln und Behebung von Bauschäden und Trocknung existieren langjährige Erfahrungen, Verfahren und Fachfirmen.

## **Sanierungsleitwert:**

Nach dem derzeitigen Wissensstand können Allergien oberhalb von **100 KBE** Schimmelpilzen pro Kubikmeter Raumlufte nach Abzug der Außenluftwerte auftreten.

Hierbei handelt es sich um einen unteren Grenzwert, da gesundheitliche Beeinträchtigungen erst bei deutlich höheren Konzentrationen auftreten können. Es ist ein Richtwert, der bei der wirtschaftlichen Betreibung eines Gebäudes beachtet werden muss.

Für die Bezugsgröße KBE pro Kubikmeter Raumlufte gibt es standardisierte Meßmethoden.

Basierend auf dieser Bezugsgröße ergibt sich auch die Diskussion um gesundheitliche Beeinträchtigungen.

Weitere Differenzierung der Beurteilungskriterien:

- Pathogene oder toxische Pilze dürfen im Innenraum nur in relevanter Menge vorkommen (bis zu 30 KBE);
- Bis zu 50 KBE einer einzigen Pilzart sind akzeptabel;
- Für eine ausgewogene Mischpopulation werden 150 KBE pro Kubikmeter Raumlufte über der Außenluft akzeptiert;
- Bis zu 500 KBE pro Kubikmeter Raumlufte über der Außenluft werden akzeptiert, wenn es sich hauptsächlich um Cladosporium-Arten oder andere pflanzenassoziierte Pilze handelt.

Bisherige Erfahrungen im Rahmen der Begutachtung und Sanierung haben folgendes gezeigt:

- Für gemessene Werte oberhalb 100 KBE pro Kubikmeter Raumlufte vor der Sanierung konnte eine Schimmelpilzquelle gefunden werden;
- Ohne Staubschutz bei der Bearbeitung und Reinigung der Flächen kann der Sanierungsleitwert nicht eingehalten werden;
- Bei Überprüfungsmaßnahmen nach ein und drei Jahren wurde der Sanierungsleitwert in sanierten Wohnungen nicht überschritten, auch wenn diese noch nicht vollständig abgetrocknet waren.

Das beschriebene Sanierungsverfahren, welches auf den Anforderungen und den Vorgaben des Schimmelpilzsanierungsleitfadens, der in Deutschland vom UBA 2005 herausgegeben wurde, basiert, führt zu einem messbaren Erfolg und stellt ein hohen Standard dar, ist aus-schreibbar und abnehmbar und seine Anwendung verschafft bei allen Beteiligten Sicherheit.

Dieses Verfahren erscheint zunächst sehr aufwändig, aber es haben sich folgende positive Aspekte ergeben:

- Die Leistung wird ausgeschrieben und überprüft,
- Bei diesem Vorgehen kann ein andauernder Erfolg garantiert werden;
- Während der Sanierungszeit können die Wohnungen weiter genutzt werden; es kommt also zu keinem Mietausfall;
- Die Erfolgskontrolle nach der Sanierung ist bei Streitigkeiten gerichts-verwertbar- Die kann auch als Beweis dafür gelten, dass weiterhin vorhandene allergische Beschwerden **nicht** auf immer noch vorhandenen Pilzbefall zurückgeführt werden können.

Somit kann dieses differenzierte und effizientere Verfahren gegenüber herkömmlichen Vorgehensweisen durchaus zu deutlichen Einsparungen führen.

## Hygienisch relevante Aspekte im Hinblick auf die Wohnqualität heute

Gute Raumlufth und einwandfreies Raumklima wirken sich positiv auf die menschliche Befindlichkeit aus und haben somit eine wichtige Funktion für die Wohn- und Lebensqualität.

Gerade in unserem Kulturkreis, wo sich Menschen zu einem hohen Prozentsatz in Innenräumen aufhalten, ist die Qualität der Innenraumlufth wesentlich.

Zu den Hauptverursachern von Raumlufthbelastungen in Wohngebäuden zählen neben Schimmelpilzen, Hausstaubmilben und Tierhaare Emissionen aus Baumaterialien, Einrichtungs- bzw. Ausstattungsgegenständen und aus Reinigung und Pflegemitteln sowie Tabakrauch.

Nicht zu unterschätzen sind auch die von anwesenden Personen freigesetzten Stoffwechselprodukte (Kohlendioxid, Wasserdampf und Körpergerüche).

Zu den Verbindungen, die die Diskussion um gesundheitliche Beeinträchtigungen in Wohngebäuden in den letzten Jahren bestimmten und in Einzelfällen zu umfangreichen Sanierungsanstrengungen führten, zählen Formaldehyd, polychlorierte Biphenyle und Pentachlorphenol.

Über ihre gesundheitlichen Auswirkungen wurden über Jahre hinweg leidenschaftliche Debatten geführt und es ist dabei nicht immer zu rational nachvollziehbaren Bewertungen und Maßnahmen gekommen.

Zu den Beschwerden gehören allgemeine Befindlichkeitsstörungen wie Kopfschmerzen, Müdigkeit, mangelnde Konzentration und anderes mehr.

Zusätzlich werden Symptome wie Reizungen der oberen Atemwege, Augenreizungen, chronischer Husten oder gar das Auftreten einer allergischen Erkrankung auf Wohnungsaufenthalte zurückgeführt.

Für Innenräume gilt daher, dass die Raumlufth soweit wie möglich frei von Luftverunreinigungen sein sollte.

Als möglicher Parameter und Gradmesser der Luftqualität in Innenräumen, in denen sich Personen aufhalten, gilt seit langem das Kohlendioxid, dieses wird beim Ausatmen freigesetzt.

Für Aufenthaltsräume existiert ein hygienischer Richtwert von 0,15 Vol.% Kohlendioxid.

Bei höheren CO<sub>2</sub>-Werten ist mit Müdigkeit, Konzentrationsschwäche etc. zu rechnen.

Höhere CO<sub>2</sub>-Werte der Luft gehen außerdem häufig einher mit Belästigungen durch Körpergerüche.

Heute sind Wohnbauten so konzipiert, dass sie den Anforderungen der Nutzer hinsichtlich Komfort und Bequemlichkeit genügen.

Dieser Umstand und die Notwendigkeit mit Energie sparsam umzugehen und nicht zuletzt bauphysikalische Erfordernisse bedingen eine dichte Gebäudehülle.

Damit entfällt der unkontrollierte Luftwechsel, aber auch der sozusagen automatische Abtransport der Feuchtigkeit aus der Wohnung.

Im Hinblick auf diese Situation muss daher dem Wohnungsnutzer klargemacht werden, dass auch Wohnen, wie Autofahren und ähnliche Tätigkeiten, ein adäquates Verhalten erfordern.

Täglich mehrmals zu lüften ist nicht nur zur Feuchtigkeitsabfuhr, sondern auch zur Sicherung des hygienisch erforderlichen Luftwechsels erforderlich, ev. ist auch die Installation von Anlagen zur mechanischen Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung in Erwägung zu ziehen.

Die Einbindung des Wohnungsnutzers in den Prozess der Vermeidung von Schimmelpilzbefall ist in diesem Zusammenhang jedenfalls erforderlich.

## Schlussbemerkung

Schimmelpilzwachstum in Innenräumen ist als hygienisches Problem anzusehen, da mit Feuchtigkeitsschäden und Schimmelpilzwachstum gesundheitliche Beeinträchtigungen einhergehen können.

Dies bedeutet, dass im Einzelfall von einer potenziellen Gesundheitsgefährdung der Raumnutzer ausgegangen werden sollte, auch wenn mit dem Auffinden einer Schimmelpilzquelle in Wohngebäuden nicht automatisch auf eine akute Gesundheitsgefährdung geschlossen werden kann.

Sichtbarer Schimmelpilzbefall ist im Sinne einer gesundheitlichen Vorsorge immer zu beseitigen. Die Ursache der Schimmelpilzbildung ist jedenfalls zu beheben, da sonst ein neuerlicher Schimmelpilzbefall vorprogrammiert ist.

Für das Aufspüren eines versteckten Schimmelpilzbefalls, die Identifikation der Schimmelpilze, die Analyse und die Sanierung ist jedoch ein unterschiedliches Fachwissen erforderlich.

Schimmelpilzprobleme können daher oftmals nur dann fachgerecht gelöst werden, wenn eine Kooperation von Fachleuten unterschiedlicher Berufsgruppen aus den Bereichen Bau, Naturwissenschaft, Innenraumanalytik und Rechtswissenschaft erfolgt.

Im Hinblick auf die Dosis- Wirkungs- Beziehung haben zwar epidemiologische Studien einen Zusammenhang zwischen dem Wachstum von Schimmelpilzen in Wohnungen und gesundheitlichen Problemen gezeigt, eine lineare Dosis- Wirkungs- Beziehung konnte jedoch nicht festgestellt werden.

Zur Aussagekraft von Raumluftuntersuchungsergebnissen ist anzumerken, dass anhand derer keine Abschätzung der gesundheitlichen Gefährdung vorgenommen werden kann.

Aus diesem Grund existieren daher auch keine rechtlich verbindlichen Bewertungsmaßstäbe für die Belastung der Innenräume mit Schimmelpilzen ( weder in Österreich noch international ) und bedingt durch diese Komplexität wird es auch nicht in Zukunft möglich sein, einen einzelnen wirkungsbezogenen Grenzwert für die Pilzbelastung in Innenräumen anzugeben.

Es gibt aber Richtwerte, welche als Sanierungsleitwerte herangezogen werden können.

## Literatur

Arbeitskreis Innenraumluft (2004) Unveröffentlichter Entwurf der „Empfehlungen Schimmelpilze in Innenräumen“, erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien

LGA (2001) Schimmelpilze in Innenräumen – Nachweis, Bewertung, Qualitätsmanagement; Abgestimmtes Arbeitsergebnis des Arbeitskreises „Qualitätssicherung – Schimmelpilze in Innenräumen“ am Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg 14.12.2001

OGH (2001) Urteil 50b155/01g vom 13.11.2001 ÖNORM B 3355 (1999): Trockenlegung von feuchtem Mauerwerk – Teil 1 Bauwerksdiagnostik und Planungsgrundlagen – 1999 06 01

UBA (2002) Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen („Schimmelpilz-Leitfaden“). Erstellt durch die Innenraumlufthygienekommission des Umweltbundesamtes, Vorsitz: Dr. Bernd Seifert, Umweltbundesamt, Berlin 2002

Herr, C., Bittighofer, P.M., Bünger, J., Idel, H., Seidel, H.J., Palmgren, U. (1999): Wirkung von mikrobiellen Aerosolen auf den Menschen. Statuspapier der Arbeitsgruppe KRdL 3/7/05, Eikmann, Th., Hofmann, R. Hrsg. Stand von Wissenschaft, Forschung und Technik zu siedlungshygienischen Aspekten der Abfallentsorgung und –verwertung, Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene 104, 403-481.

Hutter, H.P., Walter, R. (1997): Die umweltmedizinische Beratungsstelle am Institut für Umweltmedizin der Stadt Wien. Umweltmedizin in Forschung und Praxis 2(3), 221-222.

WHO (World Health Organization) (1990): Indoor air quality: biological contaminants. WHO-Regional Office for Europe. European Series No. 31, 1-61.

Kern WV, Beyer J, Böhme A et al. (2000) Infektionsprophylaxe bei neutropenischen Patienten-Leitlinien der Arbeitsgemeinschaft Infektionen in der Haematologie und Onkologie. Dtsch med Wochenschr 125: 1582-1595

Unterdorfer S, Blum G, Dietrich M, Lass-Flörl C. (2005) Epidemiologie und Expositionsprophylaxe von Aspergillose. Hygiene und Medizin 30: 404-408

