

Pilze in Innenräumen

Dipl. Ing. Heinz Kastien Swisslack AG

Pilze in Innenräumen, wer kennt sie nicht? Der Fenstersturz über dem Blumenfenster oder die Zimmerecke, die bisher vom Schlafzimmerschrank verborgen war, sind für die Ansiedlung von Pilzen prädestiniert. Pilze in Innenräumen gab es schon immer, denn in den vergangenen Jahrhunderten waren die Wohnung meist feuchter und wohl auch etwas weniger reinlich als heute. In unserer modernen, hygienischen Zeit hat der Pilz in Wohnräumen nichts mehr zu suchen, es gilt ihn zu beseitigen. Die Chemie bietet hierzu eine ganze Palette von Produkten an, es stellt sich allerdings die Frage, ob es nicht sinnvoller wäre, die Bildung der Pilze zu verhindern, als sie zu bekämpfen.

Die Biologie der Pilze

Pilze sind artenreiche, Chlorophyll freie Organismen aus einzelnen Zellen oder Zellverbänden. Es sind ca. 250 000 Arten von Schimmelpilzen bekannt. Pilze sind Mikroorganismen des täglichen Lebens. Pilze leben saprophytisch¹, parasitär² oder symbiotisch³, sie benötigen zu ihrem Wachstum Nährstoffe, die sie aus dem Substrat durch enzymatischen⁴ Abbau gewinnen. Auf mineralischen oder metallischen Untergründen können nur dann Pilze wachsen, wenn auf diesem Nährstoffe aus Fremdquellen vorhanden sind. Der eigentliche Vegetationskörper besteht aus 5-10 µm dicken fadenartigen Hyphen, die insgesamt das Mycel bilden. Die Vermehrung der Pilze erfolgt ungeschlechtlich über Sporen, die in grossen Mengen an die Umgebung abgegeben werden. Pilzsporen sind also ubiquitär vorkommende Bestandteile der Luft.

Der Begriff „Pilze“ muss im Zusammenhang mit Innenräumen genauer definiert werden, damit es nicht zu Missverständnissen kommt. In Innenräumen kommen mit wenigen Ausnahmen immer nur „Schimmelpilze“ vor, die das Substrat mit einem pelzigen Belag überziehen. Die optimalen Wachstumsbedingungen für Pilze liegen bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 65-85 % und einer Substratfeuchte von 15-18 %. Da Schimmelpilze in einem breiten Temperaturbereich wachsen können, finden sie in feuchten Innenräumen geeignete Wachstumsbedingungen vor. Zusätzlich muss organisches Material als Nährstoffquelle für das Pilzwachstum zur Verfügung stehen.

¹ saprophytisch Ernährungsweise von Mikroorganismen unter Verwendung toter Materie

² parasität Organismen, die sich ständig in oder an fremden Organismen aufhalten und sich von den Nährstoffen des Wirtes ernähren.

³ symbiotisch gegenseitige Abhängigkeit zwei verschiedener Organismen zu gegenseitigem Nutzen.

⁴ enzymatisch Spaltung von Nährstoffen durch Enzyme (Eiweiss) zur besseren Aufnahme durch einen Organismus.

Art des Schimmelpilzes	Pathogene bzw. toxische Wirkung	Auftreten
<i>Alternaria sp.</i> <i>Aspergillus sp.</i> <i>Cladosporium sp.</i>	Asthmatische Beschwerden als allergische Reaktion	Regelmässig in feuchten Wohnungen, vermehrt im Hochsommer und Frühjahr im Aeroplankton enthalten
<i>Aspergillus niger</i>	Bronchialasthma als allergische Reaktion	Relativ selten in Wohnräumen, häufig im Aeroplankton.
<i>Penicillium sp.</i>	Toxische, insbesondere Nieren zerstörende Wirkung des antibiotischen Stoffwechselproduktes Citrinin	sehr häufig in feuchten Wohnung

Erkrankungen durch Schimmelpilze

Schimmelpilze in Wohnräumen werden in den meisten Fällen als ästhetischer Mangel oder als sozialer Aspekt betrachtet. Das Schimmelpilze in Wohnräumen ein wesentliches Gesundheitsrisiko darstellen, ist nur den wenigsten bekannt. Zwar weiss man inzwischen, dass der Genuss verschimmelter Nahrungsmittel (Nüsse, Brot usw.) auf Dauer schwerwiegende Gesundheitsschäden verursachen kann. Bei Schimmelpilzen an den Wänden liegt der Verdacht weniger nahe, da die Pilze nicht direkt über den Verdauungstrakt aufgenommen werden.

Das Aeroplankton der Aussenluft enthält grosse Mengen Pilzsporen, die in den Monaten Juli und August, wenn reichlich organisches Substrat zur Verfügung steht, ihr Maximum erreicht. An warmen Julitagen können bis zu 20 000 Pilzsporen/m³ in der Luft auftreten, im Vergleich hierzu aber nur 1000 bis maximal 2000 Pollen. Das heisst, mit jedem Atemzug werden bis zu 10 Pilzsporen eingeatmet. Erkrankungen der Atemwege durch Schimmelpilzsporen gehören zu den häufigsten Krankheitsbilder. Schimmelpilzsporen mit einem Teilchendurchmesser von ca. 2 µm können bis in die feinsten Atemwege eindringen und dort allergisch-immunologische Krankheiten der grossen Atemwege hervorrufen. Grössere Schimmelpilzsporen von 5-40 µm scheinen vorwiegend Bronchialasthma auszulösen. Etwa 10 % aller Personen, die unter einer Atemwegenerkrankung leiden, haben eine Allergie auf Schimmelpilze.

Die Sensibilisierung durch Schimmelpilzsporen ist sehr unterschiedlich. Häusliche Schimmelpilze sind bezüglich ihrer Sensibilisierung von geringerer Bedeutung als ubiquitär vorkommende. Das Krankheitsbild ist eine allergische Mykose der Bronchien. Es sind jedoch noch eine ganze Reihe infektiöser Erkrankungen der Lungen bekannt, deren Beschreibung in diesem Kontext aber zu weit führen würde.

Schimmelpilze produzieren verschiedene flüchtige organische Verbindungen, die für den typischen erdigen bis muffigen Geruch verantwortlich sind. Es handelt sich hierbei um komplexe Mischungen aus Alkoholen, Ketonen, Terpenen und aromatischen Verbindungen. Diese Verbindungen können unspezifische Kopfschmerzen und Schleimhautreizungen hervorrufen.

Wann wachsen Pilze in Innenräumen

Treten in Innenräumen Schimmelpilze auf, so wird rein emotionell, eine ungenügende Lüftung der Räume vermutet. Selbstverständlich kann dies der Grund sein, denn unsere modernen Wohnungen mit ihren hermetisch abgeriegelten Fenstern lassen keinen Luftaustausch zu, der in früheren Zeiten durch zugige Türen und Fenster gewährleistet war. Eine vierköpfige Familie erzeugt täglich bis zu 15 Liter Wasser. Diese Feuchtigkeit muss abgeführt werden, dies erfolgt in der Regel durch Lüften, dabei sollte die Luftwechselrate ca. 1 Stunde betragen.

Ist die Luftwechselrate kleiner als 0.5 Stunden kann es aufgrund der hohen Luftfeuchtigkeit zur Bildung von Kondenswasser in der Wohnung kommen. Vielfach liegen aber noch weitere auslösende Faktoren vor, die zusammen mit der ungenügenden Lüftung zu den bekannten Schadenbildern führen.

Es wurde bereits festgehalten, dass zum Wachstum von Schimmelpilzen eine Luftfeuchte von mindestens 65 % und eine Substratfeuchte von 15-18 % erforderlich ist. Unter den beschriebenen klimatischen Bedingungen und der Gegenwart organischer Substrate kommt es zum Wachstum von Schimmelpilzen, da deren Sporen in der Luft immer in ausreichender Menge vorhanden sind. Man kann sich daher für eine analytische Betrachtung der Ursache des Schimmelpilzwachstum auf die Feuchtigkeit beschränken; es kommen dann als mögliche Ursachen

- hohe Materialfeuchte
- hohe Luftfeuchte
- niedrige Oberflächentemperatur durch Wärmebrücken

in Frage.

Materialfeuchte

Schimmelpilzbildung als Folge zu hoher Materialfeuchte kann die verschiedensten Ursachen haben, z.B.:

- ungenügende Austrocknung von Neubauten
- aufsteigende Feuchtigkeit im Mauerwerk
- Wassereinbrüche

um nur die wichtigsten Ursachen zu nennen.

Ohne die heutige Bauqualität in Betracht zu ziehen, muss man feststellen, dass die Austrocknung eines Neubaus gegenüber früheren Zeiten, wesentlich verkürzt wurde. Dadurch ist die Feuchtigkeit nach der Fertigstellung meist relativ hoch, bezieht man den Winterbau noch in diese Betrachtungsweise ein, so stösst man sehr schnell an die kritischen Grenzen, bei denen es durch überhöhte Feuchtigkeit zur Schimmelbildung kommen kann. Kritische Winterbauten weisen eine weit höhere Schadenshäufigkeit auf als Sommerbauten. Somit sind diese Bauten während der ersten Heizperiode wesentlich sensibler auf Schimmelpilzbefall. Vielfach können die Schimmelpilze dann im Sommer entfernt werden und treten während der folgenden Jahren nicht mehr auf, ist dies trotzdem der Fall, so liegen noch andere Gründe vor.

Ist die Fassade im Erdreich nur ungenügend gegen eindringendes Wasser geschützt, so kann das Wasser aufgrund der Kapillarwirkung nach oben gesogen werden und auch im oberirdischen Bereich die Fassade durchfeuchten. Die hohe Feuchtigkeit führt dann zu Ausblühungen und Schimmelpilzbildung. Die Sanierung derartiger Schäden ist mit grossen Kosten verbunden, da nur eine Horizontalsperre ein befriedigendes Resultat bringt. Alle Fehlstellen im Mauerwerk der Fassade können derartige Schäden initialisieren, nicht nur diejenigen im Erdgeschoss oder im Keller. Es soll hier ein Beispiel angeführt werden, beim dem im ersten Obergeschoss Schimmelpilzbildung an der Aussenwand des Schlafzimmers auftrat. Etwa 1 m unterhalb des Fussbodens befand sich das Dach einer Garage, bei der, rein äusserlich nicht sichtbar, Wasser unterhalb der Isolation an die wärme gedämmte Fassade gelangen konnte. Durch Kapillarkräfte wurde das Wasser nach oben transportiert und rief auf der Innenseite des Zimmers Schimmelbildung hervor.

Schliesslich müssen noch Wassereinbrüche als möglich Ursachen einer Schimmelpilzbildung genannt werden. Wassereinbrüche können während der Bauphase durch eindringendes Regenwasser aber auch später durch undichte Dächer oder defekte Leitungen entstehen. Sobald die Ursache für den Schaden gefunden ist und das durchfeuchtete Mauerwerk ausgetrocknet ist, verschwindet der Schaden meist von selbst, der gebildete Schimmelpilz muss aber in jedem Fall entfernt werden, da sonst die Sporen überleben und selbst nach Jahren bei entsprechender Feuchtigkeit wieder Schäden hervorrufen können.

Wärmebrücke.

Wärmebrücken sind die Bereiche in Aussenwänden, an denen im Gegensatz zu den übrigen Bereichen ein erhöhter Wärmefluss von der wärmeren zur kälteren Seite auftritt. Es besteht dann die Gefahr der Bildung von Kondenswasser und späteren Schimmelbildung. Wärmebrücken können material- oder konstruktiv bedingt sein.

Die Grundlage für die Untersuchung und Beurteilung von Schimmelbefall an der Innenseite von Gebäuden ist die SIA-Norm 180. Die Empfehlung für Wärmeschutz im Hochbau aus dem Jahr 1970 wurde 1988 in eine Norm umgewandelt und 1999 erweitert. Die SIA Norm 180 macht folgende Vorgaben für die Berechnung der Kondensatfreiheit.

Raumtemperatur	20°C
Relative Raumlufffeuchtigkeit	50 %
Aussentemperatur	nach Klimatabelle z.B. Zürich -14°C

Es wird weiterhin gefordert, dass an kritischen Stellen die Oberflächentemperaturen den Taupunkt der Raumluff nicht unterschreiten darf. Um ein Gebäude gemäss der SIA Norm 180 zu untersuchen, müssen bei winterlichen Verhältnissen über einen Zeitraum von etwa 1 Woche folgende Parameter erfasst werden.

- Aussentemperatur
- Innere Oberflächentemperatur an verschiedenen Stellen
- Raumtemperatur im Raum mit Feuchteschäden

Material bedingte Wärmebrücken entstehen bei der Verwendung verschiedener Baumaterialien mit unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit.

Ein typisches Beispiel für eine Material bedingte Wärmebrücke ist der Fenstersturz. Vielfach werden die Fensterstürze mit Stahlbetonelemente erstellt, wogegen der übrige Teil der Fassade z.B. ein Zweischalenmauerwerk sein kann. Beton leitet die Wärme wesentlich besser als das Mauerwerk, daraus ergibt sich eine tiefere Oberflächentemperatur an der Innenseite des Fenstersturzes. In der Folge bildet sich vor allem in Badezimmern aufgrund der höheren Luftfeuchte Kondenswasser oberhalb des Fensters. Die bauphysikalische Berechnung eines Zweischalenmauerwerks zeigt dies sehr deutlich, im Fassadenbereich herrscht bei einer Aussentemperatur von -14° C eine Temperatur von 19 °C an der Oberfläche der Innenwände, unter den gleichen Bedingungen liegt am Fenstersturz nur eine Temperatur von 7.2 °C vor. Schon bei einer Raumfeuchte von ca. 20 % kommt es zur Bildung von Oberflächenkondensat. Der Grund für dieses Phänomen ist einerseits die bereits erwähnte bessere Wärmeleitfähigkeit des Betons gegenüber dem Zweischalenmauerwerk, andererseits ist der Fenstersturz geringer dimensioniert, da er auf der Aussen- oder Innenseiten meist noch den Rollokasten aufnehmen muss. Die Erkennung solcher Wärmebrücken ist meist relativ einfach, eine langfristige Sanie-

rung jedoch wesentlich schwieriger, da nur eine Aenderung des Objektes zum gewünschten Ergebnis führt.

Charakteristisch sind Pilzschäden an den Aussenecken der Zimmer. Sie bilden geometrisch bedingte Wärmebrücken, da einer relativ kleinen Innenfläche eine wesentlich grössere Aussenfläche gegenüber steht. Damit ist die Abkühlung an der Aussenseite grösser als die Aufwärmung an der Innenseite der Räume. Das Bauteil kühlt sich daher an den Ecken stärker ab als auf den Fläche. Die Folge ist eine Kondensatbildung sowie Pilzbewuchs, sofern der Taupunkt der Raumluft absinkt. Häufig treten Pilzschäden auch an den Aussenwänden hinter Schränken, Vorhängen oder Bücherregalen auf. Durch die vorgestellten Möbel oder anderen Einrichtungsgegenständen kann die warme Raumluft nicht mehr an der Wand entlang streichen und diese erwärmen, in der Folge kommt es zu einer Abkühlung der Aussenwand, zur Bildung von Kondensat und einem Befall mit Pilzen.

Sanierung von Pilzschäden

Pilzbefall muss sich nicht zwingend durch schwarze Flecken an den Wänden zu erkennen geben, die Vorboten für einen Pilzbefall oder das Vorhandensein von Pilzen an nicht zugänglichen Stellen sind bereits grosse Mengen von Sporen. Eine Messung der Sporenkonzentration und die Bestimmung der Sporenart zusammen mit Feuchtemessungen kann zu aussagekräftigen Erkenntnissen führen.

Sind in einem Gebäude erst einmal Schimmelpilze festgestellt worden, so beschafft sich im Normalfall der Wohnungsinhaber ein Mittel, um den Schimmel „unschädlich“ zu machen. Ein sehr gewagtes Unternehmen, denn vielfach wirken diese Mittel nicht oder nur über einen kurzen Zeitraum oder, und dies ist der schlimmere Fall, die Bewohner des Objektes beklagen sich über Augenbrennen, gereizte Nasenschleimhäute, Kopfschmerzen, Allergien usw.

Schimmelpilze lassen sich mit Javellewasser⁵ entfernen, es zerstört die Pilze und bleicht sie aus. Jedoch ist die Wirkung zeitlich stark begrenzt, da es sich nicht um ein echtes Fungizid mit einer entsprechenden Langzeitwirkung handelt, sondern nur eine temporäre Behandlung. Javellewasser darf aufgrund seines hohen Chorgehaltes nicht in das Abwasser gelangen. Es zerstört die Haut, Augen und verschiedene Materialien, wie Aluminium, Lacke usw. Weniger problematisch ist die Behandlung der verpilzten Flächen mit Wasserstoffperoxid, auch dies ist ein Oxidationsmittel, das die Haut angreift. Durch Oxidation wird auch hier der Schimmelpilz temporär zerstört. Schliesslich kann auch eine Behandlung mit 70%igem Alkohol vorgenommen werden. Alkohol wirkt desinfizierend, jedoch ist auch hier die Wirkung zeitlich stark begrenzt. Im Gegensatz zu Javellewasser und Wasserstoffperoxid bleicht Alkohol den Pilz nicht aus.

Leider werden in Fachgeschäften vielfach Sanierlösungen ausländischer Herkunft verkauft, die beim Bundesamt für Gesundheit nicht registriert sind. Die Untersuchung einiger dieser Mittel hat ungewöhnlich hohe Gehalte an Schwermetallen z.B. Zinn sowie Formaldehyd und andere kritische Fungizide wie Carbendazim, Diuron und Octilinon ergeben. Carbendazim soll als cancerogen eingestuft werden, Diuron figuriert nicht auf dem Kreisschreiben des BAG. Werden diese Mittel regelmässig und in unkontrollierten Mengen verwenden, kann es zu Allergien, Kopfschmerzen und Reizungen der Schleimhäuten führen.

Als logische Folgerung ergibt sich daraus, dass in Innenräumen, vor allem ständig bewohnten Schlaf-, Kinder- und Wohnzimmern, keine Fungizide eingesetzt werden sollten, vielmehr

⁵ Eau de Javelle oder Javellewasser ist eine Lösung von Kaliumhypochlorit, dem Kaliumsalz der unterchlorigen Säure. Eau de Javelle hat kein fungizide Wirkung. Durch sein starkes Oxidationsvermögen und die desinfizierende Wirkung des Chlors werden die Pilze zerstört. Eau de Javelle spaltet sich nach der Applikation in Kaliumchlorid und Sauerstoff. Es hat nur eine temporäre Wirkung.

muss hier versucht werden, durch bau-oder wärmetechnische Massnahmen, die Bildung von Kondenswasser zu verhindern.

Vorbeugung und Sanierung von Lebensmittelräumen

Lebensmittel verarbeitende Betriebe oder Lagerräume für Lebensmittel erfordern bei der Vorbeugung und Sanierung gegen Schimmelpilze ganz besondere Massnahmen, da hier erschwerend zu dem bereits besprochenen Faktor Feuchtigkeit noch andere, nicht weniger ausschlaggebende hinzukommen.

In Metzgereien, Käsereien usw. liegt meist eine extrem hohe Feuchtigkeit durch den Wasserdampf vor, der sich bei den Arbeiten bildet. Dieser Dampf schlägt sich an den kälteren Stellen des Raumes als Kondenswasser nieder. Mit dem Wasserdampf wird aber auch Fett abgelagert, das seinerseits einen idealen Nährboden für die Pilze bildet. In Bäckereien tritt an die Stelle des Fetts der Mehlstaub. Die Pilze wachsen in diesen Räumen nicht nur auf dem Untergrund also dem Mauerwerk sondern auch auf den abgelagerten Nährstoffen. Um einen Bewuchs mit Schimmelpilzen zu verhindern muss also mit fungiziden Anstrichstoffen gearbeitet werden. Eine Behandlung mit einer fungiziden Lösung tötet zwar den Pilz ab, da diese Stoffe aber gut wasserlöslich sind, werden sie relativ schnell ausgewaschen. Es ist daher ein Depot für die Fungizide erforderlich, aus dem die Wirkstoffe über einen längeren Zeitraum abgegeben werden können. Das heisst, der Wirkstoff muss so gut wasserlöslich sein, dass er von den Mikroorganismen aufgenommen werden kann, er muss aber so schlecht wasserlöslich sein, dass er nicht vom anfallenden Kondenswasser in kurzer Zeit herausgewaschen wird. Durch seine Löslichkeit kann der Wirkstoff auch durch die abgelagerte Fett-oder Mehlschicht den Pilz bekämpfen.

Wichtige Voraussetzungen an den Wirkstoff für seine Verwendung in Lebensmittelräumen ist einerseits seine Humantoxizität, andererseits dürfen die Lebensmittel nicht den Geschmack der Wirkstoffe annehmen. Es sind daher für den Lebensmittelbereich nur Wirkstoffe zugelassen, die im Kreisschreiben Nr. 11 des BAG (Bundesamt für Gesundheit) aufgenommen sind.

Von den etwa 50 Wirkstoffen, die in dieser Liste aufgeführt sind, sollen die wichtigsten eine genauere Beschreibung erhalten.

Dichlofluamid LD ₅₀ >5000 mg/kg	N-(Dichlorfluormethylthio)-(N',N'-dimethyl-N-phenylsulfamid). Löslichkeit in Wasser 1,3 mg/kg	Dampfdruck 20°C 10 ⁻⁶ hPa
Tolyfluamid LD ₅₀ >5000 mg/kg	N-(Dichlorfluormethylthio)-N',N'-dimethyl-N-p-tolylsulfamid Löslichkeit in Wasser 2 mg/kg	Dampfdruck 20°C 10 ⁻⁷ hPa
Folpet LD ₅₀ >5000 mg/kg	N-(Trichlormethylthio(phthalimid) Löslichkeit in Wasser 1,4 mg/kg	Dampfdruck 20°C 10 ⁻⁵ hPa
Thiram LD ₅₀ >1000 mg/kg	Bis(dimethylthiocarbamoyl)disulfan Löslichkeit in Wasser 0.3 g/kg	
Ziram LD ₅₀ >1400 mg/kg	Zink-bis(dimethyldithiocarbamat) Löslichkeit in Wasser 0,065 g/kg	

Die mikrobiozide Wirkung von Dichlofluamid, Tolyfluamid und Folpet ist auf die Reaktion mit chemischen Gruppen der Zellen zurückzuführen.

Die Wirkungsweise von Thiram und Ziram beruht auf der komplexen Bindung essentieller Metalle, die von den Pilzen für den Stoffwechsel benötigt werden.

Die genannten Fungizide zeichnen sich durch ihre geringe Löslichkeit und ihren niedrigen Dampfdruck aus, dadurch verbleiben sie lange Zeit im Anstrichfilm und ihre Umweltbelastung ist relativ gering. In der Praxis werden häufig mehrere Fungizide kombiniert, da das Wirkungsspektrum der einzelnen Fungizide Lücken aufweist. In Lebensmittel verarbeitenden Betrieben muss vielfach das Fungizid mit einem Bakterizid kombiniert werden.

Im Gegensatz hierzu steht das Tributylzinnoxid, das einen hohen Dampfdruck hat und gleichzeitig allergene Wirkung zeigt, obwohl dieses Produkt einen sehr hohen Wirkungsgrad hat, sollte es in Innenräumen nicht eingesetzt werden, in Lebensmittelräumen ist es verboten.

Tributylzinnoxid

LD₅₀ >92-194 mg/kg Löslichkeit in Wasser 20-60 mg/kg Dampfdruck 20°C 10⁻³ hPa

In jedem Fall muss die direkte Berührung der Nahrungsmittel mit den Wirkstoffträgern vermieden werden. Als Träger für die Wirkstoffe haben sich Dispersionsfarben mit einer relativ geringen Wasserquellbarkeit und wasserverdünnbare Polyurethan-Zweikomponenten-Lacke bestens bewährt. Die PU-2K-Systeme haben darüber hinaus noch den Vorteil der glatten, leicht zu reinigenden Oberfläche und der guten Beständigkeit gegen die unterschiedlichsten Reinigungs- und Desinfektionsmittel.

Zusammenfassung

Schimmelpilze in Innenräumen sind ein gesundheitliches Risiko, da die Pilze oder deren Sporen zu Erkrankungen der Atemwege führen können. Es ist daher angebracht, dieses Risiko zu minimieren.

Schimmelpilze benötigen zu ihrem Wachstum eine genügend hohe Feuchtigkeit. Sofern es gelingt, in Innenräumen diese Feuchtigkeit auf ein normales Mass zu senken und Kondenswasser an den Wänden zu vermeiden, so tritt kein Schimmelpilz auf. Die beschriebenen Risikozonen lassen sich durch bauliche Massnahmen in den meisten Fällen vermeiden. Obwohl eine ganze Reihe von chemischen Substanzen mit fungiziden Eigenschaften bekannt sind, sollten deren Einsatz in Innenräumen vermieden oder, wenn unbedingt erforderlich, nur durch ausgewiesene Fachleute empfohlen und eingesetzt werden, da deren Risikopotential auf die Bewohner nur schwer eingeschätzt werden kann.

Ich möchte mich an dieser Stelle bei Herrn Dr. Beat Heer recht herzlich für seine ergänzende fachliche Unterstützung bedanken.

Bildnachweis Acima AG Buchs B. Heer
Swisslack AG H. Kastien

Literatur

- [1.] Fachinformation Gesundheit Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen Schimmelbildung
- [2.] N.V.Waubke, Bauphysik 163-168 5/1987
- [3.] G. Schultze-Werninghaus Berichtsband des 1. Internationalen Symposiums Schimmelbefall in Wohnbauten 53-60
- [4.] A. Lotz, P. Hammacher, Schimmelschäden vermeiden ISBN 3-8167-4733-7
- [5.] J. Blauch Bauschäden ISBN 3-905594-00-5

Bildbeschreibung

A Penicillium funiculosum

B Aspergillus niger

C Cladosporium sphaerospermum

D Alternaria sp.

E Aureobasidium sp.

F Schimmelpilzbefall an Fensterrahmen durch ablaufendes Kondenswasser

G Schimmelpilzbefall an Decken

H Schimmelpilzbefall an Aussenecken

J Schimmelpilzbefall an Aussenecken

100_0015_IMG.JPG Schimmelpilzbefall auf tapezierten Wänden nach Wassereinbruch

100_0055_IMG.JPG Schimmelpilzbefall hinter einem Büchergestell an einer Aussenwand

2 Bauphysikalische Berechnungen (Aussenwand Doppelschalenmauerwerk und Fenstersturz)