

Ich sehe was, was du nicht siehst und das ist...?

Schimmelpilz

A. Rebernig

Baubiologie & Messtechnik IBN/SBM,
Feldkirchen, Österreich

*Schimmelpilze – Bauforensik – Mikroorganismen
– Luftreinhalteung – Raumluftbelastung – Innen-
raumbelastungen*

pädiatrische praxis 101, 603–609 (2024)
mgo fachverlage GmbH & Co. KG

Schimmelpilzbefall in den Wohnräumen ist etwas Unangenehmes, das man schnell entfernen möchte. Am besten gleich wegwischen und das war's, ... oder? In diesem Beitrag wird erläutert, was es mit Schimmelpilzen wirklich auf sich hat und wie man sich von diesem ungeliebten Untermieter in Frieden trennt.

■ Gesundheitliche Auswirkungen von Schimmelpilzen

Schimmelpilzwachstum in Innenräumen ist als gesundheitliches Risiko zu betrachten, auch wenn kein quantitativer und kausaler Zusammenhang des Vorkommens einzelner Schimmelpilzarten, biogener Schadstoffe oder gesundheitlicher Beschwerden gesichert hergestellt werden kann. Einen Überblick über den Stand des Wissens und medizinischer Diagnostik bietet die AWMF-Schimmelpilz-Leitlinie (2023) [1]. Bei gesundheitlichen Auswirkungen von Schimmelpilzbefall müssen die gesundheitliche Situation (Prädisposition) und das Ausmaß des Schimmelpilzbefalls sowie die Freisetzung von Bioaerosolen berücksichtigt werden. Bevölkerungsbezogene Untersuchungen zeigen ein erhöhtes Risiko vielfältiger Atemwegserkrankungen. Vor allem bei Kindern weisen Studienergebnisse auf eine insgesamt nachteilige gesundheitliche Entwicklung hin, wobei bei bestehendem Asthma ein kausaler Zusammenhang bei Schimmelpilzbefall mit einer Verschlimmerung der Erkrankung konstatiert wird. Ein Zusammenhang zwischen Schimmelpilzbefall und der Entstehung von Asthma, besonders bei Kindern, wird als gesichert angesehen. Zudem bestehen Zusammenhänge bei der Entwicklung und Verschlimmerung von Asthma bei Erwachsenen, Atemwegsinfektionen sowie bei Symptomen wie Husten, keuchenden Atemgeräuschen oder Atemnot. Weiters scheint Schimmel in Innenräumen auch mit Bronchitis und allergischer Rhinitis in Verbindung zu stehen, wobei die Belege zu Rhinitis nicht eindeutig sind und nur wenige Studien zu

Schadensausmaß	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3
Ausdehnung in der Fläche und in der Tiefe	Geringe Oberflächenschäden <20 cm ²	Oberflächliche Ausdehnung <0,5 m ² Tiefere Schichten sind nur lokal begrenzt betroffen	Große flächige Ausdehnung ≥0,5 m ² Auch tiefere Schichten können betroffen sein
Daraus resultierende mikrobielle Biomasse	Keine bzw. sehr gering	Mittel	Groß

Tab. 1 | Bewertung von Materialien mit an Oberflächen feststellbarem, meist sichtbarem Schimmelfall; nach [1]

Bronchitis vorliegen. Von exponierten Personen bei Schimmelpilzbefall werden auch Symptome wie Augenbindehaut-, Hals- und Nasenschleimhautreizungen sowie Husten, Kopfschmerzen oder Müdigkeit genannt. Augenbindehaut- oder auch eine Nasenschleimhautreizung können mit allergischen wie auch reizenden Wirkungen von Schimmelpilzen zusammenhängen, die weiteren genannten Symptome werden mit den reizenden Auswirkungen von Schimmelpilzen in Verbindung gebracht. Zudem können Schimmelpilze sensibilisierend wirken und allergische Reaktionen auslösen. Bei Untersuchungen in Innenräumen wurden auch Entzündungsreaktionen sowie toxische, immunsuppressive und immunmodulatorische Wirkungen beobachtet, wobei reizende und toxische Wirkungen der Schimmelpilze bisher vor allem an Arbeitsstätten mit hohen Konzentrationen nachgewiesen wurden. Infektionen durch Schimmelpilze (Mykosen) sind sehr selten und kommen fast nur bei stark immungeschwächten Patientinnen und Patienten vor [2].

■ Befallsgrößenbewertung

Basis für jegliche Bewertung und Sanierung ist der Schimmelleitfaden des österreichischen Bundesministeriums [2] oder des deutschen Umweltbundesamtes [3]. In diesen werden Befallsgrößen angegeben, wie in ►Tabelle 1 dargestellt.

Zum Schimmelpilzbefall der Kategorie 1 zählen zum Beispiel mit Schimmel bewachsene Silikon-

fugen, Dichtmassen bei Fenstern oder Schimmelpilzwachstum auf Blumenerde. Kategorie 2 stellt eine Befallsgröße dar, bei der Freisetzung von Schimmelbestandteilen zeitnah unterbunden werden sollte und die Ursache mittelfristig ermittelt und abgestellt und der Befall entfernt werden kann. Bei Kategorie 3 sollte die Freisetzung von Schimmelbestandteilen unmittelbar unterbunden werden und die Ursache kurzfristig ermittelt und beseitigt werden. Die Sanierung sollte dabei von einer Fachfirma durchgeführt werden. Die Größenbestimmung erfolgt nach visueller Begutachtung, wobei auch Schimmelfall, der mit bloßem Auge nicht erkennbar ist, einbezogen wird [2].

Hier wird es nun sehr spannend, denn wenn nicht sichtbarer Befall miteinbezogen werden soll, bedeutet dies, dass unsichtbarer Schimmelpilz in Innenräumen vorkommt? Und wenn man den Feind (oder Untermieter, der keine Miete zahlt) gar nicht sieht, wie soll man ihn dann erkennen und bewerten?

■ Das Unsichtbare sichtbar machen

Zur Bestimmung und Eingrenzung von möglichen Befallstellen und der Befallsgröße werden dabei optische bauforensische Analysen durchgeführt, wobei mittels UV-Lampen die Oberflächen angeleuchtet werden und möglicher Schimmelfall sichtbar wird. Hierbei handelt es sich nur um eine erste orientierende Einschätzung auf-



Abb. 1 | Kellerraum

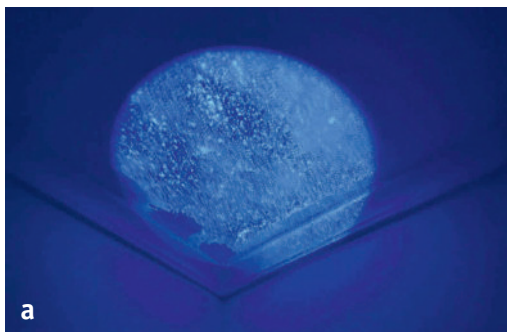


Abb. 2 | Schlafzimmer Ferienhaus

grund von Oberflächenveränderungen, welche weiter analytisch bestimmt werden muss. Anorganische Materialien, wie Gips, Kalk, Zement etc. (Wandverputze) fluoreszieren nicht und erscheinen in der optischen Forensik schwarz. Organische Materialien fluoreszieren hingegen [4]. Es wird vermutet, dass bei einem unpigmentierten Schimmelpilzbefall (daher nicht sichtbarem Schimmelpilzbefall) Metabolite fluoreszieren. Weiter weist das Chitin der Zellwand der Pilze, ähnlich der Zellulose bei pflanzlichen Zellen, eine schwache Eigenfluoreszenz auf. Es liegt der Schluss nahe, dass unpigmentierter Schimmelpilz in der Vergangenheit oft übersehen wurde und erst seit der Anwendung forensischer Lampen entdeckt wird. Mit der optischen Bauforensik ist es somit möglich, unsichtbare Schimmelpilzstellen schnell aufzufinden, selbst dann, wenn ein Schimmelschaden ohne fachgerechte Sanierung einfach überstrichen wurde [5].

Wie sieht ein unpigmentierter Schimmelpilz nun aus? Mit bloßem Auge ist er nicht zu erkennen. Erst unter dem Einsatz von Erregerlicht eröffnet sich staunenden Betrachtenden eine wundersame Welt. In den folgenden Abbildungen sind die bauforensischen Analysen von verschiedenen Räumen dargestellt, in welchen kein sichtbarer Schimmelpilz nachzuweisen war, oder nur eine sehr kleine Befallstelle. Die linken Bilder zeigen jeweils die Stellen mit Erregerlicht, das rechte Bild die Abstrichprobe der Oberfläche, die infolge erläutert werden.

Bei dem Fall in ►Abbildung 1 lag eine gesundheitliche Problematik eines Kleinkindes mit Atemwegsproblemen vor. Die Raumluftmessung zeigte eine erhöhte Schimmelpilzkonzentration im Erdgeschoss an, wobei nirgendwo Schimmelpilz sichtbar war. Erst mithilfe der optischen Forensik konnte der Befall im Keller gefunden



Abb. 3 | Souterrainwohnung

werden. Die Sporen der Schimmelpilze waren im Erdgeschoss in deutlich erhöhter Konzentration zu messen.

In ►Abbildung 2 ist der Fall eines Ferienhauses dargestellt, bei dem gesundheitliche Beschwerden der Besitzerin vorlagen. Mittels der forensischen Analyse konnte der unsichtbare Befall an den Oberflächen im Schlafzimmer nachgewiesen werden.

Im Fall in ►Abbildung 3 wurde eine Schadstoffanalyse aufgrund eines gesundheitlichen Ereignisses angefragt, was jedoch nicht zielführend war. Dem sachverständigen Auge entgeht jedoch nichts (aber nur mithilfe der optischen Forensik) und es konnte in einem Wohnraum ein größerer unpigmentierter Schimmelschaden nachgewiesen werden.

Der Fall in ►Abbildung 4 hatte auch eine gesundheitliche Fragestellung, wobei bei einer Raumluftuntersuchung eine erhöhte Konzentration von Schimmelpilzen nachgewiesen werden konnte. Wiederum gab es keinen sichtbaren Schimmelbefall. Erst die optische Bauforensik konnte den Befall im Waschraum ausmachen.

Da die optische Bauforensik nur erste Hinweise von möglichen Befallstellen gibt, müssen diese zur Beweisführung (jetzt klingt es wie beim Tatort) weiter untersucht werden. Hierbei werden sogenannte Oberflächentests eingesetzt, welche auch in der Lebensmittelüberwachung verwendet werden, um Oberflächenkontaminationen



Abb. 4 | Waschraum Keller



durch Schimmelpilze und Bakterien festzustellen. Unkritische Summenwerte in Hygienebereichen der Lebensmittelindustrie liegen zwischen 100–200 RLU (relative light units), hygienisch noch tolerierbare Werte gelten bis 1.000–1.500 RLU. Nach Erfahrung liegt an Bauteiloberflächen ab 3.000 RLU ein möglicher relevanter Befall durch Mikroorganismen vor. Das Messverfahren unterliegt jedoch starken Einschränkungen, da noch keine publizierten Referenzwerte vorliegen und das Probenahmeverfahren zudem nur auf lebende Mikroorganismen reagiert. Des Weiteren sind Beeinflussungen durch organische Säuren gegeben, welche einen Befall vortäuschen können. Aufgrund dieser doch erheblichen Einschränkungen wird das Probenahmeverfahren nur zur Eingrenzung von möglichen Befallstellen verwendet und diese mittels einzelner Laborproben verifiziert.

Lfd. Nr.	Bezeichnung	Pilze/Sonstiges	Relative Häufigkeit
1	SZ hi li	<i>Aspergillus sp.</i> M/H Sp Fk	+++++
		(Insekten-/Hausstaubmilben-/Spinnen-Kotpartikel)**	(+++)**
		(Insekten-/Hausstaubmilben-/Spinnen-Bruchstücke)**	(+++)**
		(amorphe/kristalline Partikel)**	(++++)**

Anmerkung: Diese Probe weist einen **eindeutigen, relevanten Befall** mit *Aspergillus sp.* auf. Die Konzentration der Pilzsporen übersteigt 60.000 Sporen pro cm²

Tab. 2 | Ergebnisse Klebefilmprobe – zu Abb. 2 (Schlafzimmer Ferienhaus); Auszug und Legende aus einem Laborbericht von IAM - Institut für angewandte Mykologie und Hygiene, Deutschhausstraße 32, D-35037 Marburg, <http://www.iam-europa.com>

+ = Sporen/Konidien vereinzelt (1–3); ++ = Sporen/Konidien häufig (4–10); +++ = Sporen/Konidien sehr häufig (11–50); ++++ = Sporen/Konidien zahlreich (51–100); +++++ = Sporen/Konidien sehr zahlreich (>100);
 * = Sporen von *Aspergillus*- und *Penicillium*-Arten sind aufgrund ihres ähnlichen Aussehens lichtmikroskopisch nicht unterscheidbar; ** = ergänzende Befunde; n. b. = nicht bestimmbar, da Bestimmungsmerkmale nicht ausgeprägt; o. B. = ohne Befund, d. h. keine Schimmelpilze nachweisbar; M/H = Myzel, Myzelbruchstücke bzw. Hyphen und Hyphenbruchstücke; Sp = Sporen/Konidien; Fk = Fruchtkörper/Fruktifikationsorgan(e) s. l.

In ► Tabelle 2 sind die Ergebnisse einer Klebefilmprobe dargestellt, wobei ein eindeutiger und relevanter Befall nachzuweisen ist.

Was bedeutet das Ganze nun? Erst mal don't panic! Unsichtbare bzw. unpigmentierte Schimmelschäden können, aber müssen nicht vorkommen! Es zeigt sich aber, dass diese immer wieder auftreten, vor allem bei bauphysikalischen Problemstellen, die dem Laien nicht bekannt sind, dem sachverständigen Auge jedoch nicht entgehen. Gesundheitliche Beschwerden, die von möglichen Schimmelstellen verursacht werden, können nur von einer Umweltmedizinerin oder einem Umweltmediziner festgestellt werden. Grundsätzlich hat der Mensch eine hohe Resistenz gegenüber Schimmelpilzen, bei erhöhten Konzentrationen und längerer Einwirkdauer können Beschwerden lt. einschlägiger Fachliteratur auftreten. Aus hygienischer Sicht sollten Schimmelpilzschäden immer saniert und vermieden werden.

■ Schimmelsanierung

Sanierungen sind nach den Angaben des Schimmelleitfadens durchzuführen. Für Befallstellen der Klasse 3 sind Sanierungsfirmen hinzuzuziehen, da aufgrund der Größe von Befallstellen eine massive Sporenverbreitung durch eine falsche Sanierung möglich ist. Zudem ist zu beachten, dass bei Schimmelpilzschäden eine Desinfektion oder ein einfaches Abwischen nicht ausreichen, da gesundheitliche Wirkungen auch von Zellwandbestandteilen der Pilze ausgehen. So können Räume nach falscher Sanierung hochbelastete Raumluft und Oberflächen aufweisen. Bei Schimmelpilzen geht auch von abgestorbener bzw. desinfizierter Biomasse eine biologische Wirkung aus, die von Zellwandbestandteilen (β -1,3-Glukane, extrazelluläre Polysaccharide, Endotoxine) sowie von Mykotoxinen ausgelöst wird. Abgestorbene Pilzsporen, deren Rückstände sowie Myzele (Pilzgeflecht) können durch unsachgemäße Sanierungen über längere

Zeit in Innenräumen verbleiben, die Gesundheit der Bewohnerinnen und Bewohner beeinflussen und sind als hygienisch relevant zu betrachten. Zudem ist zu berücksichtigen, dass die Befallsgröße deutlich über die sichtbaren Stellen hinausgeht, da der sichtbare Teil nur die Fruchtkörper der Schimmelpilze darstellt und das Myzelwachstum (Pilzgeflecht) erheblich größer sein kann als der sichtbare Befall, was bauforensisch nachweisbar ist. Wandanstrich/ Putzoberflächen sollten bei längerfristigem mikrobiellem Befall deutlich über die Befallstellen hinaus entfernt werden, da diese mit den Pilzmyzelen durchwachsen sind.

Nach ordnungsgemäßer Sanierung sollte eine Feinreinigung der Luft und Oberflächen des befallenen Raumes durchgeführt werden, da sich durch die Provokation des Schimmels erhöhte Konzentrationen von Sporen, Pilzleichteile und Myzele (Pilzfäden) in der Raumluft befinden können. Es muss daher der mikrobielle Befall mit der gesamten Biomasse aus Raumluft und Raumboflächen entfernt werden. Zur Bestätigung des Sanierungserfolges kann nach erfolgreicher Feinreinigung eine Freimessung von Luft und Oberflächen durchgeführt werden, um den hygienischen Zustand der Innenräume sicherzustellen.

Immer wieder werden sogenannte Kaltvernebelungen zur Sanierung bei Schimmelpilzschäden angeboten, mit der Aussage, dass diese alle Schimmelpilze abtöten. Diese Maßnahmen sind nicht zielführend, da die Schimmelpilze zwar abgetötet werden, jedoch als abgestorbene Biomasse in den Räumen verbleiben und die Bewohnerinnen und Bewohner in den Folgejahren schädigen können. Laut österreichischem Bundesministerium sollten diese Maßnahmen nicht durchgeführt werden. Der Schimmelfall muss mit seiner gesamten Biomasse aus Luft und Oberflächen entfernt werden [6].

Der ganze Aufwand, den Schimmelschaden zu reinigen und zu entfernen, hilft nicht, wenn die Ursache nicht gefunden wird. Im schlimmsten Fall kommt dieser im nächsten Jahr wieder, wie es häufig der Fall ist. Zur Ursachensuche werden sogenannte bauphysikalische Untersuchungen

durchgeführt, um die Quelle der erhöhten Feuchtigkeit und den daraus resultierenden mikrobiellen Befall zu finden und diesen auch nachhaltig abzustellen.

■ Zusammenfassung

Schimmelpilzschäden in Innenräumen mit erhöhter Bioaerosolkonzentration können als gesundheitliches Risiko betrachtet werden. Unsichtbare Schimmelpilzbefälle können vorkommen, müssen aber nicht. Mittels der optischen Bauforensik können diese eingegrenzt und bestimmt werden. Schimmelpilzschäden sollten immer nach dem Schimmelleitfaden des österreichischen Bundesministeriums bzw. des deutschen Umweltbundesamtes bewertet und saniert werden. Hierzu sollte immer eine sachverständige Begutachtung mit Befallsbewertung und Ursachensuche durchgeführt werden, um den Befall nachhaltig abzustellen.

Rebernig A:

I see something you don't see and that is ...?
Mould

Summary: Mould damage indoors with an increased concentration of bioaerosol can be considered a health risk. Invisible mould infestations can occur, but do not have to. These can be localised and determined using optical building forensics. Mould damage should always be assessed and remediated in accordance with the mould guidelines of the Austrian Federal Ministry or the German Federal Environment Agency. For this purpose, an expert appraisal should always be carried out with an assessment of the infestation and a search for the cause in order to eliminate the infestation in the long term.

Keywords: moulds – building forensics – micro-organisms – air pollution control – indoor air pollution

Literatur

1. AWMF-Schimmelpilz-Leitlinie: „Medizinische klinische Diagnostik bei Schimmelpilzexposition in Innenräumen“. AWMF-Registernummer: 161/001. Endfassung. 2023.
2. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus. Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden. Wien: Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus; 2019. (https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:734ddec8-182d-4908-a6e8-8402d687c4f6/Schimmelleitfaden_2019.pdf).
3. Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes. Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden. Dessau-Roßlau: Innenraumlufthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes; 2017. Aktualisierte Auflage: April 2024. (<https://www.umweltbundesamt.de/schimmelleitfaden>).
4. Rapp A0. Lehrgang Fachkraft Bauforensik, 01.–03.06.2022. Universität Hannover. Veranstalter: Bundesverband Schimmel-sanierung und technische Bauteiltrocknung.
5. Kraus-Johnsen I, Hrsg. Schimmelpilzhandbuch: Praxiswissen zu Schimmelpilzschäden in Gebäuden. Köln: Bundesanzeiger Verlag; 2018.
6. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie. Positionspapier zu Schimmel in Innenräumen: Positionspapier des Arbeitskreises Innenraumluft. Wien: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie; 2020.

Interessenkonflikt: A. Rebernig erklärt, dass Verbindungen zur Fa. Ingenieurbüro Rebernig in Form von Gebäudediagnostik bestehen.

Hinweis: Bei diesem Beitrag handelt es sich um eine aktualisierte und ergänzte Version, die erstpubliziert wurde in: *umwelt – medizin – gesellschaft* 2023; 36 (3). Wir danken für die freundliche Erteilung der Nachdruckgenehmigung.



Ing. Dipl.-Ing. Armin Rebernig, B.Sc.
Im Auftrag/Mitglied der IGUMED
Baubiologe & Messtechniker IBN/SBM
Sachverständiger Baubiologie (VDB)
Sachverständiger für Schimmelschäden (TÜV)
Gebäudediagnostiker (TÜV)
Unterberg 19
A-9560 Feldkirchen

info@bau-biologie.at
www.bau-biologie.at