

Dr. Gerhard Führer

- Studium der Biologie und Chemie an der Universität Würzburg
- Wiss. Mitarbeiter am GSF-Forschungszentrum in München
- ö.b.u.v. Sachverständiger für Schadstoffe in Innenräumen
- Leiter des peridomus Institut Dr. Führer in Himmelstadt/Würzburg
- Vielfältige Fachpublikationen und Lehraufträge
- Ehrenprofessor der Donau-Universität Krems

Arbeitsschwerpunkte: Chemische und mikrobiologische Bestandsaufnahmen in Privathäusern, Neubauten, öffentlichen Gebäuden und Bürokomplexen als Grundlage für Sanierungskonzepte

Adresse: peridomus Institut Dr. Führer, Rudolf-Diesel-Str. 2,
D-97267 Himmelstadt/Würzburg, +49 9364 815541-0,
info@peridomus.de, www.peridomus.de



Vertretbare Alternativen zum Komplettrückbau der Fußbodenkonstruktion

1. Zusammenfassung

Schimmelschäden bestehen nicht nur aus Sporen. Voraussetzung für nachfolgende dargestellte Alternativen ist das Erkennen und Beseitigen der Feuchtigkeitsursache(n). Die Vorteile der Alternativen sind: Keine Baustelle, kein Auszug, Kostenersparnis.

Schwimmend verlegte Estriche

- Diffusionsoffene Überarbeitung der Randfugen: In den Jahren 2002-2004 wurde ein 2-stufiges Filtersystem entwickelt, das alle möglichen gasförmigen Emissionen mikrobiellen Ursprungs incl. geruchsaktive Verbindungen durch ein Adsorbens und alle partikelartigen Schimmelpilz-/ Bakterienstrukturen mittels eines Filtergewebes sicher und langfristig zurückhält (Produktname: SCHIMMELSTOPP). Durch die Verwendung diffusionsoffener Materialien in/ über der Randfuge kann Restfeuchte zeitnah trocknen. Die Schalleigenschaften der Randfuge werden durch die Überarbeitung nicht beeinträchtigt. Vieljährige Erfahrungen aus vielfältigen Projekten bestätigen die in der Theorie vorhergesagten Methodenvorzüge auch in der Sanierungspraxis.
- Nicht fachgerecht: Vermeintlich (gas-)dichte Randfugen: Oftmals eingesetzte Kombibänder, Silikonschnüre oder elastische Dichtungsmassen entsprechen 1-stufigen Filtersystemen. Diese sollten partikelartige Strukturen zurückhalten. Gasförmige Emissionen und Kleinststrukturen werden bei häufig auftretenden Undichtigkeiten/ Rissbildungen durch das Dampfdruckgefälle wie aus einem Luftballon aus der Fußbodenkonstruktion in die Raumluft geblasen. Zusätzlich wird Restfeuchte gekapselt.

Hohlraumböden und Leichtbauweisen

- Eine Überarbeitung der Randfugen ist bei Hohlraum- oder Doppelböden nicht zielführend. Alternativ kann durch den Aufbau von Druckdifferenzen in Bauteilen bzw. Hohlräumen (Unterdruck) ein Eindringen von mikrobiellen Bestandteilen in die Raumluft verhindert werden.
- Erste Erfahrungen und Projekte sind sehr vielversprechend. Aktuell wird die Methode mittels spezieller Schlauchperforierungen und Schlauchkonfigurationen an Ständerwand- und Dachkonstruktionen angepasst.

2. Bei Schimmelschäden sind mehr als nur Schimmelpilzsporen zu berücksichtigen

Bei verdeckten und nicht sichtbaren Schimmelschäden werden routinemäßig (ausschließlich) Raumluftuntersuchungen auf Schimmelpilzsporen durchgeführt. Manche Sachverständige bezeichnen diese Vorgehensweise als Stand der Technik. Werden niedrige Konzentrationen vergleichbar dem Freilandvergleich nachgewiesen, wird auf vorliegende Hintergrundkonzentrationen verwiesen und die Innenraumqualität regelmäßig auch vom öffentlichen Gesundheitswesen als unbedenklich bewertet.

Unabhängig von dieser Einschätzung wurde und wird in der eigenen gutachterlichen Praxis häufig trotz niedriger Sporenkonzentrationen in der Raumluft von den Raumnutzern über gesundheitliche Beschwerden berichtet, die sich außerhalb der Räumlichkeiten bessern und bei der Rückkehr erneut einstellen. Bei näherer Betrachtung der innenraumhygienischen Situation finden sich dann verdeckte oder nicht mit bloßem Auge sichtbare Schimmelschäden, beispielsweise in Fußbodenkonstruktionen. Nach deren Beseitigung oder fachgerechter Abtrennung von der Raumluft bessern sich die Beschwerden bis hin zur Beschwerdefreiheit der betroffenen Personen.

Aus diesen Beobachtungen lässt sich schließen, dass Sporen nicht das allein „Krankmachende“ bei Schimmelschäden sind. Diese Erkenntnis steht im Einklang mit Angaben u. a. des Umweltbundesamtes wonach das eigentlich „Krankmachende“ bei Schimmelschäden bis heute nicht geklärt ist.

Schimmelpilze bestehen nicht nur aus kultivierbaren, nicht keimfähigen oder abgestorbenen Sporen bzw. Sporenpaketen. Während diese der Fortpflanzung/ Verbreitung dienen, sind weitere partikelartige Bestandteile wie Sporenträger, Hyphen und Mycelbruchstücke Gestalt bildend. Der Organismus Schimmelpilz hat zusätzlich ein komplexes biochemisches „Innenleben“: Energiereiche Materialien werden aufgenommen, verstoffwechselt und in biochemisch veränderter Form wieder an die Umgebung abgegeben. Gleiches gilt für Bakterien. Entsprechend ihres gasförmigen oder partikelartigen Charakters sind mikrobielle Emissionen und Bestandteile in Abb. 1 aufgeführt.

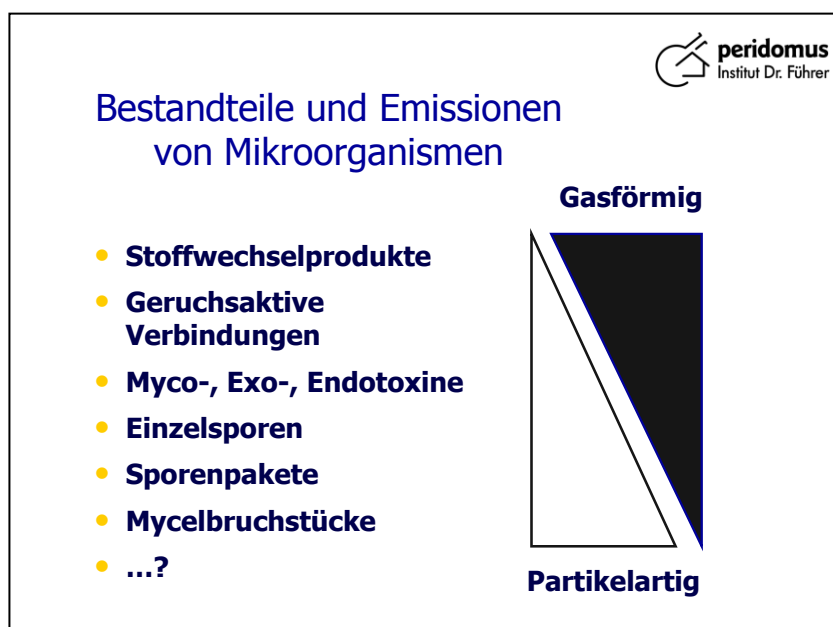


Abb. 1: Gasförmiger und partikelartiger Charakter von Bestandteilen und Emissionen von Mikroorganismen (Abbildung aus 1).

Gasförmige Schimmelpilzprodukte sind Ausscheidungen des Stoffwechsels incl. geruchsaktiver Verbindungen, die unter dem Begriff MVOC zusammengefasst werden. Hierzu gehören unterschiedlichste Einzelverbindungen aus vielfältigen chemischen Verbindungsklassen wie Aldehyde, Alkohole, Ketone, Ether, Ester, Terpene und Furan. Zur Mycotoxinproduktion und -freisetzung in Innenräumen liegen in der Literatur vergleichsweise wenige Veröffentlichungen vor. Weiterhin ist das Freisetzen verschiedenartigster Zellinhaltsstoffe zu erwarten, wenn ein Schimmelpilz abstirbt. Unabhängig davon sind Endo- und Exotoxine von Bakterien ebenso zu berücksichtigen wie deren Stoffwechsel- und Zerfallsprodukte (2).

Dementsprechend sind bei Schimmelschäden nicht nur die einfach zu untersuchenden Sporen in der Raumluft zu berücksichtigen, sondern vielfältige weitere gasförmige Emissionen und partikelartige Strukturen – sowohl beim Erkennen eines verdeckten Schimmelschadens als auch bei dessen Sanierung.

3. Überarbeitung der Randfuge am Übergang von Fußboden zu Wand

3.1. Diffusionsoffen oder vermeintlich „gasdicht“?

Sichtbarer Schimmel ist häufig nur die Spitze des Eisberges. Regelmäßig sind solche offensichtlichen Schäden mit verdeckten oder nicht sichtbaren mikrobiellen Belastungen vergesellschaftet. Diese sind gefährlicher, weil sie ungleich schwerer zu erkennen sind: Oftmals finden sich gar keine grau-schwarzen Verfärbungen mit schimmelpilzartigen Strukturen an Oberflächen und trotzdem liegt ein massives Problem mit Schimmelpilzen oder Bakterien vor: Sobald Feuchtigkeit in die Dämmebene der Fußbodenkonstruktion gelangt, führt dies dort zwangsläufig innerhalb weniger Tage zu einer mikrobiellen Aktivität - denn Feuchtigkeit ist die Grundlage für jedes Schimmelpilz- und Bakterienwachstum. Im Jahr 2009 hat die Weltgesundheitsorganisation (WHO) eine umfangreiche Abhandlung zum Thema Feuchtigkeit und Schimmelpilze erstellt (3).

Während die Fläche bei einem schwimmend verlegten Estrich partikel- und gasdicht für alle mikrobiellen Bestandteile und Emissionen ist, stellt der Übergang von Fußboden zu Wand die wesentliche Eintrittspforte von mikrobiellen Bestandteile aus der Fußbodenkonstruktion in die Raumluft dar. Diese Randfuge kann (vermeintlich) „gasdicht“ verschlossen oder mittels eines diffusionsoffenen Estrichfugensystems überarbeitet werden. Die Unterschiede zwischen „gasdicht“ und „diffusionsoffen“ mit Vor- und Nachteilen finden sich in der Tab. 1.

Wesentlich bei der Sanierung von Estrichfugen: Diffusionsoffen

Gasdicht	Diffusionsoffen
- Störanfällige Konstruktionen (Versprödung, Dampfdruck, ...)	- „Robuste“ Lösung, Erfahrung aus der Reinraum- und Filtertechnik
- Keine dauerhafte Lösung, Wartungsfuge	- Sicherheit, langzeitige Sanierungsmethode
- Restfeuchte verbleibt: Weiteres Wachstum	- Restfeuchte kann austrocknen

Tab. 1: Vergleich zwischen gasdichten und diffusionsoffenen Ausführungen von Randfugen bei einem Feuchte-/ Schimmelschaden unter einem schwimmend verlegten Estrich

3.2. Das diffusionsoffene Estrichfugensystem SCHIMMELSTOPP

Mit einem 2-stufigen Filterkonzept können sowohl gasförmige Emissionen als auch partikelartige Bestandteile von Schimmelpilzen und Bakterien aus dem Unterboden effektiv in den Randfugen zurückgehalten werden: Durch das Einbringen eines körnigen Adsorbens in die freigelegten und ausgeräumten Randfugen werden gasförmige Stoffwechselprodukte, Schimmelgerüche und ggf. auftretende Schimmelpilzgifte aus dem Unterboden gebunden (Abb. 2). Partikelartige Schimmelpilz- und Bakterienbestandteile wie Sporen und Zellwandbruchstücke werden durch ein über die Fuge gespanntes Filtergewebe zurückgehalten (Abb. 3). Über Wirkweise und Einsatzgebiet dieses Sanierungssystem wurde an verschiedener Stelle berichtet (z. B. 4, 5, 6, 7).



Abb. 2: Körniges Adsorbens = Gasfilter



Abb. 3: Membran = Partikelfilter

Wesentlich bei einer Randfugenlösung ist eine diffusionsoffene Randfugengestaltung, damit Restfeuchte im Unterboden mit der Zeit austrocknen kann und die Wachstumsgrundlage für Schimmelpilze und Bakterien entzogen wird. Hintergrund: Beispielsweise verbleibt bei Trocknungsarbeiten in der Regel Restfeuchte im Unterboden, da sich die trocknenden Luftströme den Weg des geringsten Widerstandes suchen. Durch Verinselung sind erfahrungsgemäß oftmals ganze Unterbodenbereich noch nass, auch wenn die aus dem Unterboden ausströmende Luft als trocken zu bewerten ist.

3.3. Beispiel: Wasserschaden in einer Arztpraxis

Nach dem Eintritt eines Wasserschadens kam es in der Arztpraxis zu dampf-muffigen Geruchsauffälligkeiten und Raumluftbelastungen mit Schimmelpilzsporen (*Aspergillus versicolor*). In der Fußbodenkonstruktion waren hohe Schimmelpilzkonzentrationen von über 10^5 KBE/g nachweisbar, die durch den Einbau von SCHIMMELSTOPP von der Raumluft abgetrennt wurden (Abb. 4 und 5).



Abb. 4 und 5: Einbau von SCHIMMELSTOPP in die Randfugen einer Arztpraxis nach Wasserschaden und Schimmelbildung in der Fußbodenkonstruktion

Der Einbau des diffusionsoffenen Estrichfugensystems erfolgte nach Aufzeigen der Vor- und Nachteile aller Sanierungsmöglichkeiten. Der Komplettrückbau mit Auslagerung der Praxisräume hätte einen sehr großen Aufwand bedeutet. Unter zeitlichen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten waren sowohl die Eigentümer des Gebäudes als auch die beteiligte Versicherung mit der gefundenen Lösung einer diffusionsoffenen Überarbeitung der Estrichfugen sehr zufrieden, da der Komplettrückbau der Fußbodenkonstruktion zu einer mehrmonatigen Nutzungsaussetzung der Räumlichkeiten mit einer wahrscheinlichen Aufgabe der Arztpraxis an diesem Standort einhergegangen wäre.

Nach Einbau von SCHIMMELSTOPP und durchgeführter Feinreinigung erfolgte eine Überprüfung der Sanierungsmaßnahme: Die Raumluft war geruchsneutral und wies keine Raumluftbelastungen mehr mit Sporen auf.

3.4. Beispiel: Abgetrockneter Altschaden in einem Schulgebäude

In dem im Jahr 1995 neu errichteten Schulgebäude kam es bei einigen Lehrkräften zu gesundheitlichen Beschwerden während der Unterrichtszeit bzw. der Aufenthaltsdauer in dem Gebäude. Zusätzlich wurde von überdurchschnittlichen Verhaltensauffälligkeiten bei Schülern während des Unterrichts berichtet.

Im Rahmen einer chemischen und mikrobiologischen Bestandsaufnahme wurden flüchtige mikrobielle Belastungen der Fußbodenkonstruktionen nachgewiesen (und hohe Formaldehydkonzentrationen in der Raumluft). Ein gut geschulter und regelmäßig überprüfter Schimmelspürhund („Messinstrument Schimmelspürhund“, 8) hatte zunächst zerstörungsfrei den Schimmelschaden in der Fußbodenkonstruktion erkannt. Zur Absicherung der Ergebnisse der Begehung mit einem Schimmelspürhund und zur Qualifizierung und Quantifizierung des mikrobiellen Schadens wurden zweckdienliche Materialproben stichprobenartig aus den markierten Bereichen der Fußbodenkonstruktionen des Gebäudes gewonnen und mit geeigneten mikrobiologischen Methoden auf Schimmelpilze und Bakterien untersucht.

Die nachgewiesenen Schimmelpilz-/ Bakterienbeschädigungen sollten durch die bereits abgetrocknete Neubaufeuchte verursacht worden sein. Aus Kostengründen und um eine mehrmonatige Schließung der Schule zu vermeiden, entschied sich der Sachaufwandsträger nach Abstimmung mit weiteren Behörden und den Eltern der schulpflichtigen Kinder gegen eine Komplettsanierung der Fußbodenkonstruktionen und für den kurzfristig umsetzbaren Einbau des diffusionsoffenen Estrichfugensystems SCHIMMELSTOPP (Abb. 6 und 7).



Abb. 6 und 7: Einsatz von SCHIMMELSTOPP in den Randfugen einer Schule, weil diese Maßnahme kurzfristig und schnell umsetzbar war ohne Nutzungsaussetzung des Schulgebäudes

Nach Überarbeitung der Randfugen und einer Feinreinigung der Räumlichkeiten erfolgte die Überprüfung der Sanierungsmaßnahmen:

- Im gesamten Schulgebäude war von dem Schimmelspürhund kein relevantes Markierungsverhalten mehr erkennbar. Aus diesem Befund wurde abgeleitet, dass in der Fußbodenkonstruktion gebildete gasförmige Emissionen mikrobiellen Ursprungs durch das diffusionsoffene Estrichfugensystem zurückgehalten werden.
- In der Raumluft waren keine erhöhten oder hohen Schimmelpilz- und Bakteriensporen nachweisbar, woraus geschlussfolgert wurde, dass das Eindringen von partikelartigen Bestandteilen aus der Fußbodenkonstruktion in die Raumluft mit dem Estrichfugensystem unterbunden wird. Auch wurde die Feinreinigung als erfolgreich durchgeführt bewertet und dementsprechend vom Auftraggeber abgenommen.

3.5. Beispiel: Gesundheitliche Beschwerden und Geruchsauffälligkeiten

Frau B. aus H. hatte massive gesundheitliche Beschwerden, die auch nach jahrelangen Arztbesuchen und vielen Therapieversuchen zu keiner Besserung der Symptomatik führten. Nach der Begehung des Wohnhauses mit einem gut geschulten und regelmäßig überprüften Schimmelspürhund (8) incl. nachfolgend durchgeführten Raumluft- und Materialuntersuchungen stand folgendes fest:

- In der Wohnung lagen verdeckte, nicht sichtbare Schimmelschäden in der Fußbodenkonstruktion unter schwimmend verlegten Estrichen vor (sichtbare, offenkundige Schimmelschäden waren nicht vorhanden).
- In den Dämmebenen der Fußbodenkonstruktionen war als Hauptkomponente der Schimmelpilz *Aspergillus versicolor* nachweisbar. Die Sporenkonzentrationen in der Raumluft entsprachen weitgehend den Außenluftkonzentrationen (Anmerkung: Der Schaden wäre bei alleiniger Anwendung von Sporenuntersuchungen in der Raumluft nicht nachweisbar gewesen).
- Als Feuchtigkeitsursache wurde Kondenswasserbildung durch ehemalige Wärmebrücken erkannt, die durch eine Außendämmung beseitigt worden waren.
- Der zunächst unerklärliche Geruch in der Wohnung (Geruchsqualität: Süßlich, stückig) war auf diese verdeckten Schimmelschäden zurückzuführen.

Nach dem Einbau des diffusionsoffenen Estrichfugensystems SCHIMMELSTOPP (Abb. 8 und 9) stellte sich eine weitgehende Geruchsneutralität der Raumluft ein und die massiven gesundheitlichen Beschwerden der Raumnutzerin gingen innerhalb kürzester Zeit deutlich zurück. Auch nach über 10-jährigem Einbau wurde kein Nachlassen der Filterwirkung auf der geruchlichen und gesundheitlichen Ebene gemeldet.



Abb. 8 und 9: Der alleinige Einsatz von SCHIMMELSTOPP in den Randfugen einer Privatwohnung führte zur „Beseitigung“ unerklärlicher Geruchsauffälligkeiten der Raumluft und zu einer deutlichen Verbesserung der gesundheitlichen Beschwerden der Raumnutzerin

4. Zurückhaltung von mikrobiellen Bestandteilen in Hohlräumen und Leichtbauweisen mittels Druckdifferenzen

Bei mikrobiell belasteten Hohlraum- oder Doppelböden (siehe Abb. 10) ist die Überarbeitung der Randfugen mittels stofflicher Filtersysteme aus nachvollziehbaren Gründen nicht zielführend.



Abb. 10: Mikrobiell belasteter Hohlraumboden

Alternativ kann durch den Aufbau von Druckdifferenzen in Bauteilen bzw. Hohlräumen ein Eindringen von unerwünschten Luftbestandteilen des Hohlraumbodens in die Raumluft verhindert werden: Durch ein kontinuierliches Absaugen von Luft aus dem mikrobiell belasteten Bauteil wird dort ein Unterdruck erzeugt, der sowohl gasförmige Emissionen als auch partikelartige Schimmelpilz-/ Bakterienstrukturen zurückhält. Beispielhaft ist dies in Abb. 11 dargestellt.



Abb. 11: Eine Unterdruckhaltung in einem Hohlraumboden verhindert das Eindringen von mikrobiell verursachten Emissionen und partikelartigen Bestandteilen in die Raumluft

Erste Erfahrungen und Projekte sind sehr vielversprechend. Aktuell wird die Methode mittels spezieller Schlauchperforierungen und Schlauchkonfigurationen an Ständerwand- und Dachkonstruktionen angepasst.

5. Fazit

Bei Schimmelschäden in Fußbodenkonstruktionen von schwimmend verlegten Estrichen und in Hohlraum-/ Doppelböden sind gasförmige Emissionen mikrobiellen Ursprungs und partikelartige Schimmelpilz-/ Bakterienstrukturen zu berücksichtigen. Im Gegensatz zu dem aus früherem Schwarz-Weiß-Denken abgeleiteten „entweder“ die Fußbodenkonstruktion nicht anzurühren „oder“ komplett rückzubauen, wurden in den letzten Jahren verschiedene Alternativen entwickelt und eingesetzt.

Mikrobiell belastete Dämmebenen von Fußbodenkonstruktionen unter schwimmend verlegten Estrichen können durch Überarbeitung der Randfuge von der Raumluft abgetrennt werden. Fachgerecht erfolgt dies mit einem diffusionsoffenen 2-stufigen Filtersystem (Gasfilter kombiniert mit Partikelfilter). Vorteile sind a) sofortige Umsetzbarkeit, b) keine Baustelle und c) kostengünstig im Vergleich zum Komplettausbau der Fußbodenkonstruktion incl. umfangreicher Feinreinigungsmaßnahmen.

1-stufige Filtersysteme („Pseudolösungen“) halten nur partikelartige Strukturen zurück, womit keine vollständige Abtrennung einer belasteten Fußbodenkonstruktion erfolgt. Der Einsatz von Bioziden bzw. Desinfektionsmitteln in Innenräumen ist „nicht erwünscht“ und stellt ebenso keine fachgerechte Lösung dar.

Bei mikrobiell belasteten Hohlraum- oder Doppelböden kann mittels Druckdifferenzen in Bauteilen bzw. Hohlräumen ein Eindringen von unerwünschten Luftbestandteilen aus dem Luftraum der Unterbodenkonstruktion in die Raumluft verhindert werden.

Unabhängig von der Sanierung einer mikrobiell belasteten Fußbodenkonstruktion ist die Methode vor ihrer Umsetzung immer vor dem Hintergrund mietrechtlicher, versicherungsrechtlicher, werkvertraglicher, gesundheitlicher, innenraumhygienischer, (bau-) technischer, (bau-) physikalischer und/ oder wirtschaftlicher Gesichtspunkte zu bewerten und bei sachverständiger Beratung den Beteiligten kund zu tun.

Besonders vorteilhaft sind diese alternativen Sanierungslösungen bei bestehenden Mietverhältnissen, da einerseits kurzfristig ohne Nutzungsaussetzung eine „gesunde“ Raumluft hergestellt werden kann und andererseits keine mikrobiell unbelastete Fußbodenkonstruktion geschuldet ist.

Literatur

- (1) **Führer G, 2012:** Schimmel im Neubau erkannt. Was nun? Tagungsband 2. Würzburger Schimmelpilz-Forum „Erkennen und Beseitigen von Schimmel im Neubau“
- (2) **Umweltbundesamt, 2009:** Schimmelpilze sind nicht die einzigen Übeltäter bei Feuchteschäden in Wohnungen, Information Nr. 02/2009
- (3) **World Health Organization, 2009:** WHO-guidelines for indoor air quality: dampness and mould
- (4) **Führer G, 2008:** Versteckte Gefahr – Schimmelpilzbelastungen unter dem Estrich, Gebäudeenergie-Berater 03, 36-41
- (5) **Gänsmantel J, Führer G. 2009:** Schimmelbildung in Gebäuden (Loseblattwerk, letzte Auslieferung 12/2009), FORUM-Verlag
- (6) **Führer G, 2010:** Schimmel in Fußbodenkonstruktionen erkennen und richtig sanieren, umwelt medizin gesellschaft 23, 3
- (7) **Lorenz W, 2012:** Praxishandbuch Schimmelpilzschäden, Rudolf Müller Verlag Köln
- (8) **Wallner J, Hanus C, Führer G, 2012:** Das „Messinstrument Schimmelspürhund“, Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 72/3, 94 – 98