

Abschottung von Schimmelschäden durch Bauteile – eine kritische Betrachtung

Indoor mold: a critical look on barrier properties of customary building components

Schimmelpilzwachstum in Innenräumen stellt ein potenzielles Gesundheitsrisiko für die Nutzer dar. In feuchtegeschädigten Innenräumen liegen eine Kombination gesundheitsbeeinflussender biogener Schadstoffe, darunter Schimmelpilzsporen, Hyphenfragmente, Stoffwechselprodukte (Mykotoxine, Endotoxine usw.), sowie eine erhöhte Präsenz von Insekten und Staubmilben vor. Darüber hinaus können Schimmelpilzmetabolite relevante Gerüche verursachen. Die Exposition über die Luft ist wahrscheinlich der bedeutendste Expositionsweg für biogene Schadstoffe.

Im Falle von Schimmelpilzschäden muss entschieden werden, ob eine Sanierung, eine Abschottung oder ein Rückbau erforderlich ist, um die Schimmelpilzbelastung zu beseitigen und das Gesundheitsrisiko zu verringern. Viele Baustoffe sind luft- und partikeldicht und lassen eine wirksame Abschottung gegenüber Schadstoffen, z. B. aus Schimmelschäden, vermuten. Die Tücke liegt jedoch im Detail der Anschlüsse einzelner Bauteile, um eine tatsächliche Dichtigkeit im schadstoffbelasteten Gebäudebestand zu erreichen.

In einem 2019 veröffentlichten Forschungsbericht des Aachener Instituts für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik wurden mittels Prüfkammertests bauübliche Bauteile wie z. B. Gipskartonwände oder Estrich-Randdämmstreifen auf Partikeldichtigkeit geprüft. Die Autoren des Forschungsberichtes kommen aufgrund ihrer Labor-Versuchsergebnisse zu der Schlussfolgerung, dass in schimmelgeschädigten Gebäuden übliche Bauteile eine ausreichende Luft- und Partikeldichtigkeit aufweisen, um als Abschottung zu fungieren. Bezüglich der Dichtigkeit gegenüber gas- und partikelförmigen biogenen Schadstoffen hegen wir große Zweifel an der Übertragbarkeit der Versuchsergebnisse auf die Baupraxis.

In diesem Artikel geben wir daher einen kritischen Überblick über die Untersuchungsergebnisse dieses Forschungsberichtes und belegen mit Beispielen aus unserer Gutachterpraxis, dass die Ergebnisse der durchgeführten Prüfkammertests nicht von der Theorie auf die Praxis übertragbar sind und dass bauübliche Bauteile wie z. B. Gipskartonwände oder Estrich-Randdämmstreifen in der Praxis keine ausreichende Abschottungswirkung gegenüber Schimmelpilzen, ihren Gerüchen und Stoffwechselprodukten aufweisen.

Indoor mold growth is a potential health risk. In water-damaged indoor environments a combination of health-affecting factors is present including mold spores, hyphal fragments, metabolic products (mycotoxins, endotoxins etc.) as well as an increased presence of insects and dust mites. Additionally, mold metabolites can cause relevant odors. Airborne exposure is likely the most significant route of mold exposure in water-damaged indoor environments. In case of mold damage, one needs to decide whether remediation, sealing (masking) or restoration is required to prevent mold exposure and reduce the health risk of residents.

A report published in 2019 by the Aachen Institute for Research into Building damage and Applied building physics suggested that – based on test chamber tests – typical building components such as gypsum plaster-board walls or perimeter insulation strips are sufficiently tight against air and particles to act as a sealing in mold damaged buildings that prevents mold spores, hyphal fragments and bioaerosols etc. to reach the indoor air. Although some building materials show airtightness as well as tightness against particles, we show in this work that the results of the chamber tests regarding particle density of building components cannot be adopted from theory to building practice. Additionally, we present practical examples that customary building materials and components do not have sufficient airtight barrier and sealing properties against mold, odors and bioaerosols.

■ DIPL.-CHEM. JÖRG THUMULLA, DR. RER. NAT. DIPL.-BIOL. CARMEN KROCZEK
anbus analytik GmbH, Mathildenstraße 48, 90762 Fürth, jt@anbus-analytik.de, ck@anbus-analytik.de

Als Sachverständige für Innenraumschadstoffe und Innenraumhygiene beschäftigen wir uns seit vielen Jahren mit der Sanierung chemischer und biogener Schadstoffe in Gebäuden. Neben dem Ziel einer möglichst restlosen Entfernung schadstoffhaltiger Bauteile ist aus ökonomischen und ökologischen Überlegungen immer auch eine Abschottung der Schadstoffquellen als Sanierungsoption in Betracht zu ziehen.

Mikrobielle Schadstoffbelastungen in Innenräumen

Schadstoffbelastungen in Innenräumen können vielerlei Ursachen haben und auch unterschiedliche Auswirkungen: Häufig erkranken die Bewohner erst nach vielen Jahren und Ärzte führen dies auf die Überschreitung von Richtwerten für diese Schadstoffe zurück. Manche Käufer haben schadstoffbelastete Anwesen erworben und können sich eine vollständige und fachgerechte Entfernung der Bauteile aus finanziellen Gründen nicht leisten. Daher verbleibt die Abschottung von Schadstoffquellen häufig als

einzigste Option, um Räumlichkeiten unter der Berücksichtigung des Gesundheitsschutzes und der Prävention weiter nutzen zu können.

Bei bauüblichen Konstruktionen können sowohl gasförmige als auch partikelförmige Schadstoffe in die Raumluft austreten, weil diese Materialien und Konstruktionen keine vollständige Abschottung der schadstoffbelasteten Bauteilhohlräume gegenüber den genutzten Innenräumen gewährleisten. Unsere Erfahrungen zeigen, dass einfache, von den Betroffenen selbst durchgeführte Abschottungen wie die Bekleidungen der Wandoberfläche mit diffusionsdichten Aluverbundfolien häufig nicht ausreichend sind, weil die typischen Leckagen im Bereich der Wand-, Boden-, Decken- oder Türanschlüsse oder aber Durchdringungen von Elektro- und Heizungsinstallationen außer Betracht gelassen werden.

Eine 2019 veröffentlichte Forschungsstudie des Aachener Institutes für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik (AIBau) (AIBau, 2019) hat sich ausführlich mit der Abschottung von Schimmelschäden gegenüber genutzten Innenräumen beschäftigt. Hierbei kamen die

Autoren der Studie bei der Sanierung von Schimmelpilzbefall, hauptsächlich auf der Basis von Prüfkammeruntersuchungen, zu dem Schluss, dass bereits bauübliche Bauteile und Materialien kontaminierte Hohlraumbereiche dauerhaft gegenüber genutzten Innenräumen abschotten können.

Nach detailliertem Studium des verfügbaren Berichts betrachten wir diese Schlussfolgerungen jedoch sehr kritisch. Im Verlauf dieses Artikels werden wir uns ausführlich mit den Grundlagen zum Transport von biogenen Schadstoffen in Innenräumen und den Aussagen der AIBau-Studie auseinandersetzen und anhand eigener Praxisbeispiele zeigen, dass die Ergebnisse der AIBau-Studie sich nicht auf reale Situationen übertragen lassen.

Abschottung von mikrobiellen Schäden

Der Leitfaden des Umweltbundesamtes zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden (Umweltbundesamt, 2017; im Folgenden „Schimmelleitfaden“) hat sich mit der Möglichkeit einer räumlichen Trennung von kontaminierten und nicht kontaminierten Innenraumbereichen im Rahmen der Schimmelsanierung beschäftigt. Als Ergebnis der Diskussionen wurde die Nutzungsklasse IV eingeführt. Sie beinhaltet gegenüber der Innenraumluft luftdicht und¹ diffusionsdicht abgeschottete Bauteile und Hohlräume.

Laut Schimmelleitfaden soll die Abschottung der biogenen Schadstoffe mit geeigneten, gegenüber Schimmelpilzen und deren Stoffwechselprodukten dichten Stoffen erfolgen. Für solche Hohlräume gelten verringerte, deutlich reduzierte Anforderungen bis hin zu keinen Maßnahmen hinter der Abschottung. Mikrobiell besiedeltes Material kann also hinter der Abschottung entsprechend an Ort und Stelle verbleiben, wenn die Bauteile hinter der Absperrung bestimmungsgemäß trocken bleiben.

¹ Im Punkt 6.14, S.124 unten, des Schimmelleitfadens 2017 (Umweltbundesamt, 2017) befindet sich hier ein „oder“. Aus dem weiteren Kontext (S. 125 oben) ergibt sich, dass zur Vermeidung eines Eintrages von mikrobiell bedingten Gerüchen eine funktionale und fachgerecht ausgeführte Diffusionsdichtheitsebene erforderlich ist, die durch den Einsatz geeigneter Stoffe eine Abschottung gegenüber dem Innenraum sicherstellt (Tabelle 11, S. 125 unten).

Damit werden (Bauteilhohl-)Räume der Nutzungsklasse IV als mikrobiell kontaminierte Bereiche in Gebäuden aus innenraumhygienischer Sicht toleriert. Eine Nutzung oder Bearbeitung dieser (Bauteilhohl-)Räume kann nur unter den Gesichtspunkten der Biostoffverordnung erfolgen.

Über die Frage, welche konstruktiven Anforderungen an eine solche Abschottung zu stellen sind, waren sich die Autoren des Schimmelleitfadens letztendlich einig, dass die Anforderungen einer solchen Abschottung in Planung, Ausführung und Prüfbarkeit denen einer dauerhaften Luftdichtigkeitsebene (siehe DIN 4108-7:2011-01 „Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden – Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele“) entsprechen, auch wenn solche Ausführungen der Luftdichtigkeitsebene in der Baupraxis auch bei Neubauten nicht immer umgesetzt werden.

Dass bei der räumlichen Trennung nicht von einer Luftdichtigkeitsebene, sondern einer Abschottung gesprochen wird, macht den Unterschied zu bauüblichen Konstruktionen deutlich. Über den konvektiven Schadstofftransport hinaus sind bei einer vollständigen „Abschottung“ auch der Eintrag von Stofflasten durch Diffusion und weitere Transportprozesse zu verhindern.

Schimmel abschotten – Forschungsprojekt des Aachener Institutes für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik

Der Forschungsbericht des AIBau (AIBau, 2019) zusammen mit LBW Bioconsult kommt zu dem Ergebnis, dass bereits bauübliche Materialien solche Raumbereiche dauerhaft gegenüber genutzten Innenräumen abschotten können. Bezüglich der Estrichrandfugen wurde ausgeführt: *„Die Untersuchungen haben zudem gezeigt, dass an Estrichrandfugen bereits ein Randstellstreifen abschottende Wirkung erzielt – auch ohne Fugenverschluss.“* (AIBau, 2019, S. 61 oben)

Diese Ergebnisse wurden offensiv an prominenten Stellen der Fachöffentlichkeit vorgestellt (Zöller et al., 2019,

2020) und von weiteren Autoren (Leicht/Moriske, 2019) aufgenommen, ohne dass die wissenschaftliche Belastbarkeit der Forschungsergebnisse bisher ausreichend hinterfragt wurde. Wir hegen Zweifel an der Übertragbarkeit der experimentell bzw. durch Befragungen ermittelten Aussagen auf reale Situationen und werden diese im Rahmen dieser Arbeit ausführlich begründen.

Das Forschungsprojekt AIBau 2019 unterteilt sich in mehrere Teile: Nach einer Übersicht über Leitfäden, Richtlinien und Merkblätter werden zudem Ergebnisse einer bundesweiten Umfrage unter den in diesem Bereich tätigen öffentlich bestellten und vereidigten Bausachverständigen (u. a. Schäden an Gebäuden, Bauphysik, Wärme- und Feuchtigkeitsschutz, Schadstoffe in Innenräumen, Schimmelpilze) ausgewertet. Die Auswertungen der Befragungen zeigen, dass in den letzten Jahren am häufigsten ein Befall in Fußbodenkonstruktionen (118 von 177 Fällen) und in leichten Wandkonstruktionen (114-mal) festzustellen war. Seltener wurde Schimmelpilz in Dachhohlräumen lokalisiert (92-mal). Von untergeordneter Bedeutung sind sonstige Hohlräume (53 Nennungen) wie z. B. Bereiche unter Duschen, hinter Fassadenbekleidungen oder in Installationsebenen.

Ein weiteres Ergebnis der Auswertungen war, dass in mehr als der Hälfte der Fälle keinerlei Auswirkungen des in den unterschiedlichen Hohlräumen vorhandenen Schimmelpilzbefalls auf die Bewohner und Nutzer festgestellt worden seien (AIBau, 2019, S. 21). Wie diese Nichtauswirkungen festgestellt wurden und von wem, ob und wie lange ein gesundheitliches Monitoring durchgeführt wurde, wird in dem Bericht nicht erwähnt. Aufgrund des wissenschaftlich nachgewiesenen Zusammenhanges zwischen Schimmelfall und der Entstehung von Asthma (Umweltbundesamt, 2017, S. 38; Quelle: WHO Regional Office for Europe, 2009, ergänzt durch Kanchongkittiphon et al., 2015) wäre es für eine wissenschaftlich fundierte Aussage notwendig gewesen, zumindest Prävalenz (gibt Aufschluss über bestehende Fälle) und Inzidenz (gibt Aufschluss über neu auftretende Fälle) für Asthma in solchen Wohnungen mit denen unbelasteter Wohnungen zu vergleichen und über einen längeren Zeitraum zu beobachten. Im vorliegenden Fall ist zu befürchten, dass die

Beobachtungen von Bausachverständigen auf einem Orts-termin in einer Befragung als medizinische Diagnose interpretiert werden.

Einschränkend wird im Bericht darauf hingewiesen, dass in Fällen, in denen keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen vorlagen, eher keine Luftkeimmessungen durchgeführt wurden (AIBau, 2019, S. 21). Aus den nicht durchgeführten Luftkeimmessungen wurde dann von den Projektleitern geschlossen, dass sich Schimmelpilzbewuchs in Bauteilen nicht signifikant auf die Innenraumlufthygiene auswirkt. Dieser Aussage liegt also ein wissenschaftlicher Zirkelschluss zugrunde: Es wurden keine Auswirkungen festgestellt, deswegen wurden keine Untersuchungen durchgeführt mit dem Ergebnis, dass keine Auswirkungen festzustellen sind.

Im nächsten Teil wurden Erfahrungen mit Abschottungen anhand von Fallbeispielen, die aus einer Befragung von Sachverständigen gewonnen wurden, untersucht. Mit der Aussagekraft dieser Beispiele hat sich die Kollegin Pia Haun auf der 24. Pilztagung 2020 ausführlich beschäftigt (Haun, 2020). Im Fazit kommt sie zum folgenden Schluss:

„Von den zehn ausgewählten Beispielen wurde bei neun Beispielen, entgegen den in der Studie formulierten Grundvoraussetzungen bei der Auswahl, Maßnahmen zur Beseitigung oder Reduzierung des Schimmelfalls durchgeführt.“

Soweit der Studie zu entnehmen ist, wurden bei den Fallbeispielen entweder:

- a) keine Abschottungen realisiert,*
- b) in Gebäuden ohne vorhandene Luftdichtheitskonzepte mikrobielle Schäden punktuell oder linear abgeschottet oder*
- c) bei Gebäuden mit vorhandenem Luftdichtheitskonzept festgestellte Lecks beseitigt.*

Dabei zeigt sich bei der Betrachtung der Beispiele mit Abschottung plus verbliebenem mikrobiellem Schaden, dass diese entgegen den Empfehlungen des Umweltbundesamtes [1] gerade nicht die geforderten Eigenschaften gemäß [4] zeigen bzw. dass ungeeignete Materialien entgegen [5] zum Einsatz kamen und somit anerkannte Regeln der Technik missachtet wurden.

In keinem Fall wurde eine belastbare Überprüfung der Funktionstauglichkeit einer Abschottung gemäß Nutzungs-kategorie IV durchgeführt.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass alle in [2] ausgewählten und veröffentlichten Beispiele ungeeignet sind, die Funktionstauglichkeit von Abschottungen in der Praxis zu belegen. Damit fehlt eine der drei Grundvoraussetzungen, die Methode als Regel der Technik zu werten.

Statt zu untersuchen, ob Abschottungen in der Praxis funktionieren, wurde einseitig versucht zu beweisen, dass sie funktionieren. Insgesamt wirkt die Studie einer Versachlichung entgegen.

- [1] Umweltbundesamt (UBA): *Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden (Schimmelleitfaden)*, 2017
- [2] AIBAU Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik gGmbH: *„Instandsetzung von Schimmelschäden durch Abschottung – Partikel-dichtheit von Baustoffen*, Aachen, 2019‘
- [4] DIN 4108-7:2011-01: *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden – Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele*
- [5] DIN 4108-11:2018-11: *Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 11: Mindestanforderungen an die Dauerhaftigkeit von Klebeverbindungen mit Klebebändern und Klebemassen zur Herstellung von luftdichten Schichten“* (Haun, 2020, Fazit)

Die Ergebnisse des Forschungsberichts des AIBau hinterlassen daher einige offene Fragen. Durch eine Darstellung theoretischer Grundlagen in Verbindung mit Fallbeispielen aus unserer eigenen Praxis versuchen wir, Antworten auf diese offenen Fragen bzw. entstandenen Widersprüche zu finden.

Theoretische Grundlagen

Eine erste Grundlage unserer Argumentation bilden Laboruntersuchungen und deren Übertragbarkeit auf üb-

liche Bauwerke. Hierzu ist es notwendig, einige Definitionen und naturwissenschaftliche Grundlagen voranzustellen.

Definition: Baustoffe versus Bauteile

Ein **Baustoff** ist ein Material (in Form von Rohstoffen, Hilfsstoffen oder Halbzeug), das zum Errichten von Bauwerken und Gebäuden benutzt wird. In der gesetzlichen Nomenklatur werden Baustoffe als Bauprodukt bezeichnet (Wikipedia, 2020, Baustoff).

Das **Bauteil** ist im Bauwesen hingegen eine funktionelle Komponente eines Bauwerks. Es ist dadurch definiert, dass es nicht weiter zerlegt werden kann, ohne seine grundlegenden technischen Eigenschaften, also seine Funktion, zu verlieren. Ein Bauteil im Bauwesen ist eine geometrisch oder funktionell zusammenhängende Fläche oder ein Körper, mit einheitlichem Aufbau und Konstruktion, wie z. B. Wände, Stützen, Decken. Prinzipiell kann sich ein Bauteil aus einer großen Anzahl Einzelteilen oder Baustoffen zusammensetzen.

Bauteile bestehen also oft aus einer Kombination mehrerer Baumaterialien und erfüllen durch ihre Konstruktion wesentliche bautechnische Anforderungen beispielsweise in Bezug auf Statik, Schall-, Brand-, Feuchte- und Wärmeschutz. So werden bei Leichtbauwänden immer Leichtbauplatten, Schrauben, Ständer und Spachtelmassen zu einer funktionalen Einheit zusammengefügt. Das Bauteil Decke besteht im Wohnungsbau zumindest aus der Rohdecke, einer Dämmschicht, einem Estrich und einem Estrich-Randdämmstreifen.

Zum Einbau von Fenstern, Türen oder Installationen für die Wasser-, Wärme- oder Stromversorgung ist es notwendig, Bauteile mittels entsprechender Öffnungen oder Durchgänge zu durchdringen. Die jeweiligen Durchdringungen dürfen jedoch die Anforderungen an die Bauteile beispielsweise in Bezug auf Brand- oder Schallschutz oder die Luftdichtheit nicht mindern.

Der Transport von Stofflasten wie Feuchtigkeit oder (biogenen) Schadstoffen durch Bauteile kann über unterschiedliche Mechanismen, die auf unterschiedlichen Antriebskräften beruhen, erfolgen.

Permeation und Diffusion von Stofflasten in Bauwerken

Als Permeation wird allgemein der Stofftransport von Substanzen (Permeat²) durch einen Festkörper hindurch bezeichnet. Dieser Prozess verläuft in mehreren Schritten (siehe Abb. 1):

1. Adsorption des permeierenden Stoffes an der Materialoberseite,
2. Diffusion durch das Material entlang des Gradienten des chemischen Potentials (durch Poren oder molekulare Zwischenräume),
3. Desorption von der Materialunterseite.

Die Permeation mit dem Hauptschritt der Diffusion beschreibt in Gebäuden einen Stofftransport durch Bauteile anhand eines Konzentrationsgradienten als natürlich ablaufenden physikalischen Prozess. Antriebskraft ist die Erhöhung der Entropie (Unordnung) des Systems. Die Diffusion bewirkt einen Ausgleich von Konzentrationsunterschieden und führt mit der Zeit zur vollständigen Durchmischung der beteiligten Stoffe durch die gleichmäßige Verteilung der beweglichen Teilchen.

Diffusion ist auch durch feste Stoffe möglich. Bei Metallen oder Kristallen sind hierzu Fehlstellen in der Struktur notwendig. Ab einer bestimmten Stärke sind sie daher praktisch diffusionsdicht. Andere Materialien wie Holz, Kunststoffe oder nicht kristalline Baustoffe sind nicht diffusionsdicht, weisen aber einen vom Material und von der Materialstärke abhängigen Diffusionswiderstand auf. Das Problem der Permeation von Aromen findet insbesondere im Bereich der Lebensmittelverpackungen durch Kunststofffolien große Beachtung. Eine umfangreiche Abhandlung der Problematik und ihrer theoretischen Grundlagen findet sich in der Dissertation von Markus Hanika (Hanika, 2003).

Als Transportprozess in Gebäuden ermöglicht die Permeation und Diffusion den Transport von Stofflasten durch Bauteile hindurch. Im Bereich des Feuchteschut-

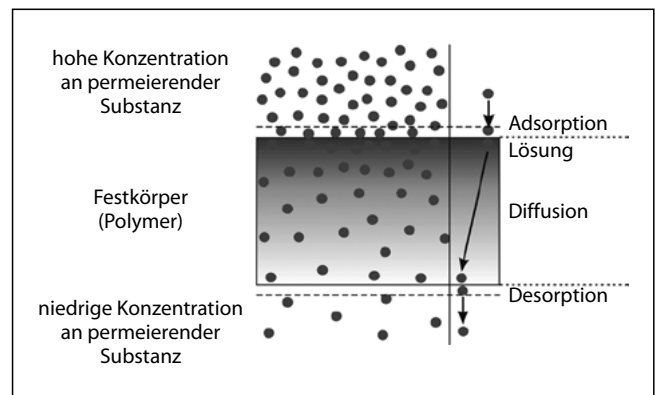


Abb. 1: Schematische Darstellung der Lösungsdiffusion in einem Polymer (Festkörper); die Kugeln entsprechen den permeierenden Molekülen (Quelle: Hanika, 2003, S. 13).

zes ist der Diffusionswiderstand von den aus einzelnen Baustoffen bestehenden Bauteilschichten gegenüber Wasserdampf entscheidend, um eine Kondensation von Feuchtigkeit im Bauteil zu verhindern. Das Maß für den Diffusionswiderstand von Baustoffen ist der S_d -Wert (wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke) als Produkt aus der Wasserdampfdiffusionswiderstandszahl (μ -Wert) als Materialkonstante und der Schichtdicke d des Baustoffes in Meter (Hanika, 2003; WISSEN Wiki, 2019).

Der Diffusionswiderstand von Baustoffen gegenüber anderen Stofflasten wie (biogenen) Schadstoffen ist nicht äquivalent dem gegenüber Feuchtigkeit. Ursache sind die unterschiedlichen chemischen Eigenschaften wie Polarität, Löslichkeit in Kunststoffen oder Molekülgrößen. So haben mikrobiell gebildete Kohlenwasserstoffe (MVOC) oder in von Schimmelpilzen gebildeten Guttationströpfchen gelöste Mykotoxine und weitere Stoffwechselprodukte andere Diffusionseigenschaften als Wasserdampf und können Kunststofffolien einfacher durchdringen. Zur Prüfung der Barriereigenschaften von polymeren Werkstoffen und Beschichtungen gibt es zahlreiche analytische Verfahren (z. B. Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung, 2020).

Prinzipiell tritt Diffusion auch bei Partikeln auf. Sie tritt aber in relevantem Ausmaß nur bei kleineren Partikeln mit einem Durchmesser $< 1 \mu\text{m}$ wie z. B. Viren oder ultrafei-

² Permeat: Stoff, der durch einen Festkörper dringt (permeiert);
Permeabilität: Grad der Durchlässigkeit eines Feststoffes

nen Partikeln (Durchmesser < 100 nm) auf (EMW filtertechnik, 2020). Größere Partikel, die sich durch Diffusion in Poren voranbewegen können, treffen in Baustoffen unvermeidlich auf Wände und bleiben dort (im Unterschied zu Molekülen) haften. Ein Transport größerer Partikel durch Materialien hindurch findet also nicht statt (Benker/Warnecke, 2004, S. 12).

Konvektion von Stofflasten in Bauwerken

Bei der Konvektion erfolgt der Transport der Stofflasten über Luftströmungen durch bestimmungsgemäße oder nicht bestimmungsgemäße Leckagen von Bauteilen. Antriebskräfte dieser Luftströmungen sind Differenzdrücke, die zwischen den durch die Bauteile getrennten Räumen bestehen. Ursache länger anhaltender Differenzdrücke können in Gebäuden beispielsweise der thermische Auftrieb durch Temperaturunterschiede (Schornsteineffekt), Winddruck oder Lüftungstechnik (Abluftlüftungstechnik) sein. Kurzfristig werden Differenzdrücke über mehrere 10 Pa beispielsweise durch das Öffnen von Türen oder Fenstern induziert. So sorgt das Öffnen einer Tür in einer Innenwand kurzfristig für einen Überdruck an der Seite, zu der die Tür hin ausschwenkt, und einen Unterdruck auf der gegenüberliegenden Seite. Der Druckausgleich erfolgt beispielsweise über Konvektion durch die Leckagen einer Leichtbauwand.

Durch nicht luftdichte Baustoffe wie Mineralwolle wird die Konvektion zwar gebremst, aber nicht verhindert. Durch Konvektion können auch partikuläre Stofflasten transportiert werden. Die Beschränkung des Transportes durch Ablagerungen der Partikel auf dem Transportweg erfolgt hier im Wesentlichen durch (Hinds, 1999):

- **Impaktion:** Die Partikel trennen sich aufgrund ihrer Trägheit vom Luftstrom, dies ist umso wahrscheinlicher, je größer die Geschwindigkeit der Luft, der Durchmesser des Partikels und seine Dichte sind. Zum Beispiel prallen (impaktieren) kleine Regentropfen während eines Nieselregens häufig gar nicht auf die Windschutzscheibe, im Unterschied zu großen Regentropfen, die für einen Platzregen typisch sind.

- **Sedimentation:** Antriebskraft der Sedimentation ist die Schwerkraft, gebremst wird sie durch die Viskosität des Transportmediums (Luft). Die Sedimentationsgeschwindigkeit ist umso größer, je größer Durchmesser und Dichte des Partikels sind.
- **Elektrostatische Abscheidung:** Partikel können durch Reibung an anderen Partikeln oder Oberflächen elektrostatisch aufgeladen werden und sich auf anders geladenen Oberflächen abscheiden.
- **Interzeption:** Die Abscheidung der Partikel beruht darauf, dass der Schwerpunkt eines Partikels zwar noch den Stromlinien der Strömungsluft folgen kann, aber ein vom Schwerpunkt entfernter Teil des Partikels die luftwegbegrenzende Oberfläche berührt und dadurch abgeschieden wird. Dies trifft für anisometrische, bei welchen die 3 Achsen verschieden lang sind, und insbesondere faserartige Partikel zu.

Eine Luftströmung (Konvektion) innerhalb der Bauteile entsteht durch Undichtigkeiten in der Baukonstruktion.

Aktiver Transportmechanismus von Stofflasten in Bauwerken über Staubläuse, Milben & Co.

Ein Stofflastentransport mikrobieller Partikel und Stoffwechselprodukte in Innenräume findet nicht nur über Permeation, Diffusion oder Konvektion statt, sondern zu einem großen Teil auch durch aktiven Transport von Kleinstlebewesen beispielsweise über ihre Faeces (Kotabscheidungen) oder über Verschleppung durch Anhaftung an Tarsen und anderen Körperteilen der Tiere.

In Häusern finden sich immer wieder kleine Insekten oder Milben, die sich dorthin verirren. Finden sie optimale Lebensbedingungen wie z. B. erhöhte Luftfeuchtigkeit und erhöhte Temperaturen vor, kann es innerhalb kurzer Zeit zu explosionsartigen Vermehrungen kommen. Die meist nur wenige Millimeter großen Tiere können aufgrund ihrer geringen Größe in den kleinsten Spalten Unterschlupf und auch Nahrung finden (wie z. B. in Bauteilen mit verdecktem Schimmelbefall, Randfugen usw.).

Insbesondere in noch nicht vollständig getrockneten Neubauten oder feuchtegeschädigten Häusern findet man

bei genauem Hinsehen in der Praxis sehr häufig größere Ansammlungen sogenannter „schimmelfressender Insekten“. Zu diesen Tierchen gehören nicht nur die allgemein bekannten Silberfischchen, sondern vor allem schimmelfressende Arten der Milben (Acari) (Rack, 1963, 1969, 1972) und Bücherläuse bzw. Staubläuse (Psocoptera) (Institut für Schädlingskunde, 2020). Bevorzugte Nahrung sind Schimmelpilze und Hautschuppen. Beim Schimmel muss es sich nicht um großflächig sichtbaren Befall handeln, bis die Staub- und Bücherläuse ihn nutzen können, sondern es reicht auch bereits einzelner beginnender und mit bloßem Auge noch nicht erkennbarer Schimmelpilzbefall, z. B. auf einer Tapete oder in einem Bauteil, um sich stark zu vermehren. Beim Abfressen hinterlassen sie oftmals einen feinen Papierstaub.

Dies zeigt, dass in Neubauten oder feuchtegeschädigten Häusern aus schimmelbelasteten Bauteilhohlräumen an nicht dicht anschließenden Bauteilen, an Leckstellen oder an undichten Randfugen immer auch ein Eintrag mikrobieller Partikel und Stoffwechselprodukte in die Innenräume durch Staubläuse, Milben & Co. erfolgt.

Der Pumpeffekt bei Bauteilschwingungen

Zur Trittschalldämmung in Gebäuden werden schwimmende Estriche eingebaut. Schwimmende Estriche bestehen aus einer lastverteilenden Platte aus Mörtel oder Beton, die auf einer weichfedernden Dämmschicht liegt (Lohmeyer, 1995). Diese Dämmschicht verhindert durch ihre Kompressibilität, dass sich beim Darüberlaufen entstehende Schwingungen des Estrichs auf die Bodenplatte übertragen (Masse-Feder-System aus Betonplatte und Dämmung). Bei der Kompression der Dämmschicht findet eine Volumenverkleinerung der Dämmschicht statt, bei der Luft in geschlossenen Zellen des Dämmstoffes komprimiert wird oder durch Druckausgleich über Kanäle in der Estrichdämmschicht und die Randfugen in den Innenraum entweicht. Diesen Vorgang nennt man Pumpeffekt, da der schwimmende Estrich praktisch wie eine Membranpumpe arbeitet, die Luft von unterhalb des Estrichs in die Raumluft drückt und wieder zurückzieht und so mit jeder Schwingung Luft und Partikel hin und her bewegt werden.

In der Diskussion über Schimmelbefall in Estrich wird bisweilen die Auffassung vertreten, ein etwaiger Pump-effekt in Estrichdämmschichten sei bereits theoretisch zweifelhaft und sei in der Baupraxis auch nie wirklich nachgewiesen worden (Tielke, 2014; Warscheid, 2018, 2019).

Diese Aussagen bleiben nicht ohne Auswirkung auf die Rechtsprechung: Folgende Begründung haben wir beispielsweise für die Negation des Pumpeffektes in einem gerichtlich bestellten Gutachten gefunden (Landgericht Nürnberg 20 1644/11):

- Die Möglichkeit, dass durch die fälschlich behaupteten Pumpbewegungen beim Begehen des Fußbodens im Fußbodenunterbau vorhandene Pilzsporen über die Randfugen in die Raumluft gelangen würden, sei ausgeschlossen, weil jeder Belastung eine Entlastung folge und damit der theoretisch angenommene Ausstoß von sporenhaltiger Luft aus dem Fußbodenunterbau nach der Belastung zwangsläufig das Einsaugen derselben Luft bei der Entlastung folgen würde, es sei denn, dass die Randfugen mit Ventilen ausgerüstet wären, welche nur den Luftausstoß zuließen, was nicht der Fall sei.
- Ausgeschlossen seien die behaupteten Pumpbewegungen mit Sporenausstoß u. a. auch, weil ein Lufttransport im Fußbodenunterbau schon deshalb nicht möglich sei, weil keine dazu zwingend erforderliche durchgehende Luftschicht vorhanden sei, denn alle im Fußboden verarbeiteten Materialien lägen unmittelbar und ohne trennende Luftschicht aufeinander. Luftbewegungen im Fußbodenunterbau als Voraussetzung für einen Sporentransport in die Raumluft seien daher weder theoretisch noch praktisch möglich.
- Daraus folge, dass normale Silikonfugen an den Fußbodenrändern zur Verhinderung von Verstaubungen völlig ausreichen und die Gefahr eines Transportes biogener Partikel über die Randfugen nicht existieren würde.

Diesen Argumenten halten wir Folgendes entgegen:

In der Baupraxis liegen die in Estrichdämmschichten verarbeiteten Materialien nicht unmittelbar und ohne trennende Luftschicht aneinander. Neben den zwangsläufig

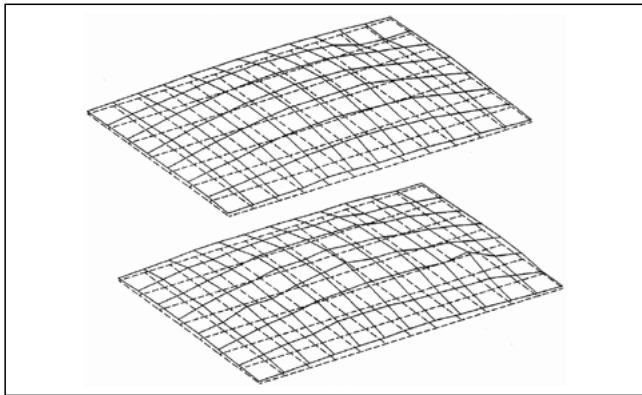


Abb. 2: Schematische Darstellung von Grundschwingungen eines Estrichs (modifiziert nach Scholl/Kraiß, 1995)

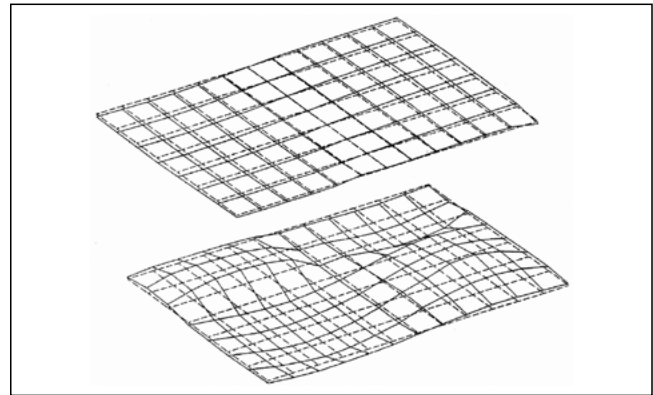


Abb. 3: Schematische Darstellung der 1. Oberschwingungen eines Estrichs (modifiziert nach Scholl/Kraiß, 1995)

figen Fugen an den Stoßkanten verlaufen zahlreiche Installationen (Heizung, Strom) durch die Estrichdämmschicht, die Kanäle bilden, die wiederum einen einfachen Lufttransport erlauben. Aus der Praxis der Trocknung von Estrichdämmschichten ist bekannt, dass solche Kanäle zu lüftungstechnischen Kurzschlüssen führen und bei Nichtbeachtung die Trocknung großflächiger Bereiche verhindern.

Die Annahme, dass an den Estrichrandfugen immer wieder dieselbe Luft angesaugt und ausgeblasen wird, widerspricht allen Erkenntnissen der Strömungsdynamik:

- Estriche geraten in Schwingung, wenn Personen über die Flächen laufen bzw. gehen. Zum Trittschallschutz liegen deshalb Estrichdämmschichten unterhalb des Estrichs, die durch ihre Nachgiebigkeit eine Übertragung der Schwingungen auf die darunterliegende Decke verhindern. Nach DIN 18560-2:2009-09 „Estriche im Bauwesen – Teil 2: Estriche und Heizestrich auf Dämmschichten (schwimmende Estriche)“ liegt die Zusammendrückbarkeit solcher Dämmstoffe bei gängigen Anwendungen zwischen 2 und 5 mm.
- Je nach Anregung schwingen solche Estriche in der Grundfrequenz oder einer Vielfachen davon (harmonische Oberschwingungen). Einen Eindruck vermittelt die in Abb. 2 und 3 dargestellte exemplarische Grund- und Oberschwingung. Wie bei einer Membranpumpe wird dabei Luft von unterhalb des Estrichs in die Raumluft gedrückt und wieder zurückgezogen. Mit jeder

Tabelle 1: Beispielhafte Berechnung der durch den Pumpeneffekt bewegten Volumina

Parameter	Wert	Einheit
Fläche	9	m ²
Hub (Mittel)	0,0001	m
Volumen je Hub	0,0009	m ³
Frequenz	15	1/s
Volumen pro Sekunde	0,0135	m ³ /s
Volumen pro Minute	0,81	m ³ /min

Schwingung werden Luft und Partikel hin und her bewegt. Die in Tabelle 1 gezeigte Rechnung soll verdeutlichen, welche Volumina durch den Pumpeneffekt bewegt werden können. Ein Estrich der Fläche von 9 m² und einer Grundschwingung von 15 Hz bei einer angenommenen Amplitude von 0,2 mm und einem mittleren Hub von 0,1 mm (die maximale Zusammendrückbarkeit der Estrichdämmschicht liegt bei 3 bis 5 mm) bewegt damit beim Darüberlaufen etwa 800 l/min.

- Die Estrichrandfugen verengen den Querschnitt des Luftdurchtrittsraumes. Sie stellen damit beim Austritt der Luft Düsen dar³. Beim Ausblasen wird die Luftströmung durch den Düseneffekt beschleunigt und tritt da-

³ Als Düsenströmung wird die Strömung eines Fluids, das heißt eines Gases oder einer Flüssigkeit, durch eine Düse bezeichnet. Dabei wird das Fluid beschleunigt, während der Druck abnimmt. Bei einer Düsenströmung wird potenzielle in kinetische Energie umgewandelt (Wikipedia, 2020, Düsenströmung).

durch als „Strahl“ weit in den Raum hinein (vgl. Düse auf Wasserschlauch). Beim Wiederansaugen wirken diese als Diffusor, also als Gegenteil einer Düse. Die angesaugte Luft stammt dadurch aus der unmittelbaren Nähe der Fuge. Ventile sind dadurch für einen Luftaustausch nicht notwendig.

- In der Strömung enthaltene Partikel werden in der Düse beschleunigt. Die Trägheit der Masse verhindert eine Umkehr der Partikel in die Düse zurück.

Hiermit kommen wir zur klaren Auffassung, dass aufgrund der dargestellten physikalischen Grundlagen ein Eintrag gasförmiger und partikelförmiger mikrobieller Schadstoffe aus einer kontaminierten Estrichdämmschicht durch den Pumpeneffekt gegeben ist.

Eine Quantifizierung dieses Effektes wäre Gegenstand noch durchzuführender wissenschaftlicher Forschungsprojekte.

Partikeldichtheit von Baustoffen

Die Dichtigkeit von Baustoffen ist ein wesentlicher Faktor für jegliche abschottende Wirkung gegenüber gasförmigen und partikelgebundenen Schadstoffen. Konkrete Daten zur Dichtigkeit von Baustoffen, insbesondere gegenüber biogenen Schadstoffen, sind nur selten verfügbar.

Die bereits angesprochene AIBau-Studie (AIBau, 2019) verspricht, diese Lücke zu schließen, und berichtet von Untersuchungen in einem Prüfstand, inwieweit Baustoffe und Baukonstruktionen die Übertragung von Schimmelpilzsporen von kontaminierten Bereichen in genutzte Innenräume verhinderten. Nach eigenen Angaben sei die Dichtigkeit bauüblicher Stoffe und Konstruktionen gegenüber allen Bestandteilen von Schimmel geprüft worden, wobei Bauteilflächen und Randanschlüsse wie Fugen zwischen Estrichen und Wänden getrennt untersucht worden seien.

Welche Parameter wurden untersucht?

Entgegen den Aussagen in der Einleitung („Dazu wurde die Dichtigkeit bauüblicher Stoffe und Konstruktionen gegenüber

allen Bestandteilen von Schimmel geprüft“ (AIBau, 2019, S. 9 Mitte)) wurden nicht alle Bestandteile von Schimmel untersucht. Gemäß Kapitel 6 wurde lediglich untersucht, ob und ggf. in welchem Ausmaß übliche Baustoffe und Bauteilkonstruktionen durchlässig für Schimmelpilzsporen (flugfähige Verbreitungsorgane des Schimmels) und Hyphenfragmente (Bruchstücke der Zellfäden des Schimmels, Teil des Myzels) sind. Nicht untersucht wurde die Durchlässigkeit für MVOC, Endotoxine, Mykotoxine usw.

Grundsätzlicher Versuchsaufbau

Eine längliche Prüfkammer aus Glas wurde in 2 Kammern unterteilt (siehe Abb. 4) (AIBau, 2019, S. 52). Zwischen den beiden Kammern wurden als „Abschottungen“ im Folgenden genannte, übliche Baustoffe eingebaut und geprüft:

- Gipskartonplatten (nicht hydrophobiert, hydrophobiert) sowie faserarmierte Gipsplatte,
- Holz (massiv und verleimt) und Holzwerkstoffe (mitteldichte Holzfasern- [MDF-]Platte, Pressholz, Holzfasersplatte und Oriented-Strand-Board- [OSB-]Grobspanplatte),
- übliche Dämmstoffe für Trittschalldämmungen (expandiertes und extrudiertes Polystyrol) und in Dach- bzw. Wandhohlräumen (Steinwolle),
- mineralische Baustoffe (Betonestrich),
- dampfdichte Baufolien.

Die Baustoffe seien mit „bauüblichen“ Fugenbändern („Die zu prüfenden Baustoffe bzw. Bauteilkonstruktionen wurden mit üblichen Randabschlüssen zwischen den Kammern eingesetzt, z. B. mit bauüblichen Fugenbändern in den Randbereichen abgedichtet.“ (AIBau, 2019, S. 53 unten)) in den Randbereichen abgedichtet. In Abb. 63 der Studie ist jedoch zu erkennen, dass diese „bauüblichen“ Fugenbänder durch Aluminiumklebebander simuliert wurden. Solche konvektiv und diffusiv dichten Aluabklebungen werden in der Baupraxis als Fugenabdichtungen jedoch üblicherweise nicht eingesetzt. Sie werden normativ für übliche Innenraumanwendungen auch nicht vorgeschrie-

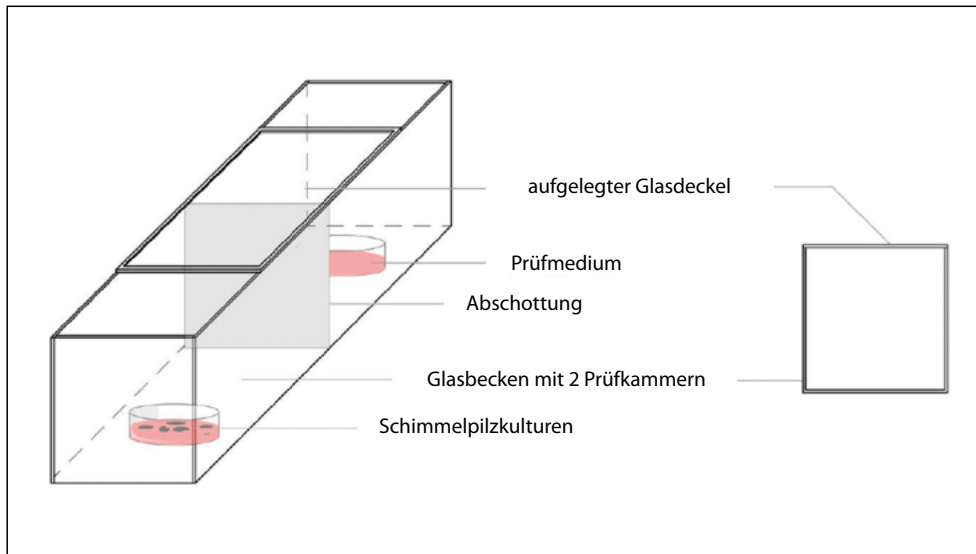


Abb. 4: Versuchsaufbau zur Untersuchung der Durchlässigkeit von Baustoffen für Schimmelpilzsporen (Quelle: AlBau, 2019, Abb. 60)

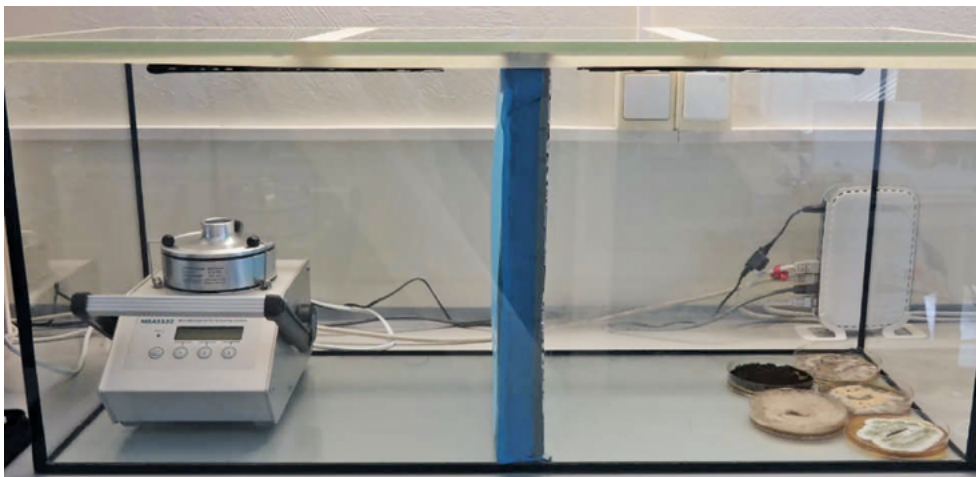


Abb. 5: Laboreinrichtung zur Untersuchung der Durchlässigkeit von Baustoffen und Baukonstruktionen für Schimmelpilzsporen (Quelle: AlBau, 2019, Abb. 61)

ben, sondern werden nur bei der Erstellung von Abschottungen oder Dampfsperren beispielsweise im Schwimmbadbereich verwendet.

Nachdem das jeweilige Prüfmedium zwischen den Kammern (Schwarz- und Weißbereich) installiert und die geöffneten Petrischalen im Schwarzbereich aufgestellt wurden (siehe Abb. 5), sei der Aufbau eine Woche lang unverändert im Ruhezustand verblieben. In dieser Zeit hätten nach Angaben der Verfasser Pilzsporen oder andere mikrobiell-organische Bestandteile lediglich durch Diffusion von der Schwarzkammer über die „Abschottungen“ in die Weißkammer gelangen können.

Bereits hier stellt sich die Frage nach dem Sinn dieses Versuchsaufbaus. Die Diffusion von Partikeln ist nur bei Partikelgrößen $\ll 1 \mu\text{m}$ relevant (Hinds, 1999). Schimmelsporen und unter dem Lichtmikroskop bestimmbare Myzelfragmente sind jedoch deutlich größer.

Im letzten Schritt seien in der Schwarzkammer nach 7 Tagen 2 Ventilatoren (Computerlüfter) für 8 Stunden betrieben worden, um eine verstärkte Luftströmung auf die jeweiligen „Abschottungen“ wirken zu lassen. Auch hier stellt sich die Frage nach dem Sinn dieses Versuchsaufbaus: Eine solche Luftströmung wäre lediglich relevant für einen konvektiven Stofftransport. Dieser wurde aber gerade



Abb. 6: Einbau eines Estrichrandstreifens bzw. eines Feuchtraumpaneels in die Simulationskammer (Quelle: AIBau, 2019, Abb. 62/63)

durch die sorgfältige Abklebung möglicher Leckagen (siehe Abb. 6) an den Randanschlussfugen verhindert.

Sowohl nach der ruhenden (Passivmessung) als auch der bewegten Exposition (Aktivmessung) seien neben den durch die „Abschottungen“ dringenden, wachstumsfähigen Sporen auch Gesamtsporen einschließlich Hyphenfragmenten mit dem Luftkeimsammler aufgenommen und ausgewertet worden.

Während die Absicht der vorliegenden Untersuchung gut erkennbar ist, hegen wir große Zweifel an der wissenschaftlichen Aussagekräftigkeit des Versuchsaufbaus und der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf eine reale Situation.

Randbedingungen der Prüfung

Die Randbedingungen der in der AIBau-Studie (AIBau, 2019) beschriebenen Prüfungen wurden entgegen dem wissenschaftlichen Standard nicht angegeben. Folgende Randparameter sind aber für eine Nachvollziehbarkeit der durchgeführten Prüfungen und der darauf basierenden Schlussfolgerungen wesentlich:

- Größe und Volumen der Versuchskammer: Diese Größen konnten aber anhand des Fotos des abgebildeten Probenahmegerätes MBASS abgeschätzt werden. Gemäß Datenblatt des Herstellers Holbach (Holbach Umweltanalytik, 2018) weist der MBASS folgende Abmessungen auf (B × H × T): 180 mm × 160 mm × 255 mm (ohne Sammelkopf). Anhand des Bildes lässt sich die Breite einer Kammer mit 2,5-facher Breite, 1,5-facher

Tiefe und 3-facher Höhe abschätzen. Hierdurch ergibt sich ein Volumen der beiden Kammern von jeweils etwa 80 bis 100 l.

- Probenahmevervolumen: Aufgrund der angegebenen Ergebnisse mit den Ergebnisabstufungen auf Basis eines Vielfachen von 10 ist von einem üblichen Probenahmevervolumen von 100 l für die Kultivierungen auszugehen. Bei den Gesamtsporen ist aufgrund der Ergebnisangabe als Vielfaches von 5 von einem Probenahmevervolumen von 200 l auszugehen. Der Probenahmevervolumenstrom dürfte gemäß den Herstellerangaben bei jeweils 30 l/min liegen. (Bei der Kultivierung ist nicht auszuschließen, dass ein LKS 100 verwendet wurde und der Probenahmevervolumenstrom bei 100 l/min lag).

Geht man von einer nahezu 100 %igen Abscheidung der Partikel durch das Impaktorsystem aus, entspricht dies einem Luftwechsel von 20/h bis 66/h während der Probenahme, wodurch ein erheblicher Luftreinigungseffekt durch die Probenahme gegeben ist. Dies widerspricht lange bekannten grundlegenden Erkenntnissen beim Messen von Innenraumluftverunreinigungen. So findet sich in VDI 4300 Blatt 2:1997-12 „Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Meßstrategie für polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH), polychlorierte Dibenzop-dioxine (PCDD), polychlorierte Dibenzofurane (PCDF) und polychlorierte Biphenyle (PCB)“ und VDI 4300 Blatt 4:1997-04 „Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Meßstrategie für Pentachlorphenol (PCP) und

<gamma>-Hexachlorcyclohexan (Lindan) in der Innenraumluft“ folgende Angabe bezüglich des Probenahmevolumenstroms: „Weiter ist zu beachten, dass das stündlich angesaugte Probeluftvolumen 10 % des Raumvolumens nicht überschreiten darf. Mit dieser Begrenzung soll erreicht werden, dass die Störungen der Raumatmosphäre durch die Probenahme auf ein Minimum begrenzt werden. Bei Nichtbeachtung ist mit Verfälschungen der Messergebnisse zu rechnen, z. B. aufgrund einer luftreinigenden Wirkung durch die Probenahme und gestörte Gleichgewichtseinstellungen zwischen Materialien und Raumluft.“ (VDI 4300 Blatt 2: 1997-02; VDI 4300 Blatt 4:1997-04)

Eigenschaften von Fugendämmmaterialien

Neben der Prüfung der Diffusion von Partikeln durch Plattenbaustoffe wurde im AIBau-Projekt als exemplarisches Bauteil die Estrichrandfuge geprüft (AIBau, 2019, Abb. 62). In der Versuchsbeschreibung fehlen allerdings über den Materialtyp (Mineralwolle, Polyethylschaum [PE-Schaum]) hinausgehende wichtige technische Angaben, um den Versuch nachvollziehen zu können. Um eine Vorstellung von der Bandbreite verwendeter Materialien zu bekommen, stellen wir hier einige entsprechende Produkte mit ihren technischen Eigenschaften vor.

Der Estrich-Randdämmstreifen trennt den Estrich von angrenzenden Bauteilen, die Schallübertragung des Trittschalls vom Boden zu den Wänden wird gedämpft und die Schallwellen am Übergang vom Estrich zur Wand und dadurch zum Nachbarn werden behindert. Zur Verfügung stehen diverse Materialien. Am gebräuchlichsten sind Randdämmstreifen aus PE-Schaum, Mineralfaser und Waben-Pappkarton.

Die Randdämmstreifen unterscheiden sich nicht nur anhand der eingesetzten Materialien, Baustoffklassen, Breiten und Stärken, sondern auch anhand ihrer Funktionen und Ausführungen, welche die verschiedenen Randdämmstreifen mitbringen. Folgende Ausführungen sind marktüblich:

- Standard,
- mit Folienlasche zum Auflegen auf den Dämmstoff,
- mit Folienlasche und rückseitigem Klebestreifen.

Bei Heizestrichen muss der Randdämmstreifen eine Bewegung von mindestens 5 mm ermöglichen. Bei Gussasphalt muss das Material kurzfristig hitzebeständig sein. Bei bestimmten Brandschutzanforderungen muss das Material unbrennbar sein.

Die normativen Vorschriften sehen für Randdämmstreifen eine Mindeststärke je nach Estrichausführung vor. Für Böden ohne Fußbodenheizung reicht in der Regel ein 5 mm starker Randstreifen aus. Bei Böden mit Fußbodenheizung ist ein entsprechend stärkerer Randstreifen von mindestens 8 mm zu wählen.

Die Folienlasche am Randdämmstreifen ist für Fließestriche / dünnflüssige Estriche zu wählen, da dieser in Verbindung mit der eingebrachten Baufolie ein Hinterlaufen und somit den Kontakt des einzubringenden Estrichs mit anderen Bauteilen verhindert. Für alle nicht dünnflüssigen Estriche kann ein Randstreifen ohne Folienlasche gewählt werden.

Bei einem Estrichdämmstreifen mit Klebestreifen und Folienlasche ist zumindest theoretisch denkbar, dass dieser eine luftdichtende Wirkung gegenüber der Estrichdämmschicht hat. Die Praxis zeigt aber, dass der Klebestreifen auf dem frischen Putz nicht überall hält (siehe Abb. 8), weshalb häufig zusätzlich getackert werden muss. Eine Luftdichtigkeit ist in diesem Fall nicht gegeben.

Bestimmungsgemäß feuchte Bauteile

Die Bauordnungen der Länder schreiben vor, dass Bauwerke und Bauteile so zu planen und auszuführen sind, dass durch Wasser oder Feuchtigkeit keine Schäden oder unzumutbaren Belästigungen entstehen.

In Kapitel 4.2.2 des AIBau-Projektberichtes wird thematisiert, dass auch Fußbodenaufbauten in Innenräumen bestimmungsgemäß feucht sein könnten, ohne dass von diesen eine Gesundheitsgefährdung ausgehe. So könnten bei privaten oder öffentlichen Nassräumen nach der aktuellen Norm für Innenraumabdichtungen (DIN 18534 „Abdichtung von Innenräumen“) Abdichtungen unterhalb des Fußbodenaufbaus angeordnet werden. Ein Austausch dieser durchfeuchteten Bauteilschichten sei unsinnig, da die Durchfeuchtungen durch die Nutzung bedingt wiederholt

auftraten. Diese Bauteilschichten seien i. d. R. zum Innenraum abgeschottet, sodass für Bewohner und Nutzer keine negativen gesundheitlichen Auswirkungen entstünden. Belege für diese Behauptung in irgendeiner Form werden hierfür jedoch nicht aufgeführt (AIBau, 2019, S. 21).

Die von dem AIBau (AIBau, 2019, S. 58) zitierten DIN-Normen DIN 18534-1:2017-07 „Abdichtung von Innenräumen – Teil 1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze“ und DIN 18534-2:2017-07 „Abdichtung von Innenräumen – Teil 2: Abdichtung mit bahnenförmigen Abdichtungstoffen“ beschreiben – anders als im Projektbericht suggeriert – keine Fußbodenaufbauten mit bestimmungsgemäß feuchten Bauteilschichten. Die in Innenräumen unter Estrichen üblichen Dämmschichten werden in Punkt 5.2.1 der DIN 18534-1:2017-07 explizit als Beispiel für feuchteempfindliche Bauteilschichten genannt, die eine Abdichtung darüber zu ihrem Schutz erforderlich machen (DIN 18534-1:2017-07, S. 12 oben). Dies bedeutet, dass Abdichtungsbauweisen, bei denen die Abdichtungsschicht unterhalb der Dämmschicht oder des Estrichs liegt, nur im Bereich der Wassereinwirkungsklasse W0-I eingesetzt werden dürfen, also bei Flächen, bei denen aufgrund nicht häufiger Einwirkung von Spritzwasser gar nicht mit einem Eindringen von Feuchtigkeit in die Dämmschicht zu rechnen ist (z. B. Bereiche von Bodenflächen im häuslichen Bereich ohne Ablauf z. B. in Küchen, Hauswirtschaftsräumen, Gäste-WCs). Im Falle eines Eindringens ist der Vorteil dieser Bauweise, dass sie andere Bauteile sicher vor dieser Feuchtigkeit schützt, es keine regelmäßige Wartungsnotwendigkeit gibt, die Möglichkeiten einer Leckortung und die Reparatur von in der Estrichdämmschichtebene gelegenen Installationen gegeben ist und der Aufwand für die Beseitigung des Schadens (Trocknung der Estrichdämmschicht) gering ist (DIN 18534-1:2017-07, Anhang B).

Ein Beispiel für bestimmungsgemäß feuchte Estrichdämmschichten in Innenräumen wird im Projektbericht des AIBau 2019 nicht genannt (AIBau, 2019, S. 23–50). Bestimmungsgemäß feuchte Bauteile sind uns und den von uns befragten Sachverständigen für Schäden an Gebäuden in der breiten Baupraxis ausschließlich bei keramischen Fliesenbelägen bekannt. Diese haben sich seit vielen Jah-

ren als Bauteiloberfläche auch bei hohen Wassereinwirkungsklassen bewährt, obwohl der keramische Belag selbst keine Abdichtungsebene ersetzen kann, weil die Fuge eines Fliesenbereiches als wasserdurchlässig anzusehen ist. Dies ist nicht als kritisch anzusehen, weil alle an dem keramischen Verbund beteiligten Materialien (keramische Fliese, Fugenmörtel, Fliesenkleber und Abdichtung) dauerhaft nass oder durchfeuchtet sein dürfen, ohne dass das System Schaden nimmt. Bei einer sauberen Ausführung des Systems ist auch nicht zu erwarten, dass mikrobieller Befall auftritt, weil keine geeigneten organischen Nährstoffe vorhanden sind, im Gegensatz zu üblichen Dämmschichten.

Ein Ziel des Projektes des AIBau sei gewesen, die Frage zu klären, ob von im Inneren bestimmungsgemäß feuchten Bauteilen eine grundsätzliche Gefahr ausgehe, sodass sie abgebrochen und ersetzt werden müssen. Hierzu sei in einem Prüfstand untersucht worden, welche Baustoffe und Baukonstruktionen die Übertragung von Schimmelpilzsporen von kontaminierten Bereichen in Innenräume verhindern würden. Dazu sei die Dichtheit bauüblicher Stoffe und Konstruktionen gegenüber allen Bestandteilen von Schimmel geprüft worden. Für Bauteilschichten, die unvermeidbar und nach ihrer Bestimmung durchfeuchtet werden, sei vorausgesetzt worden, dass die jeweils feuchten Bereiche aus feuchtigkeitsbeständigen Stoffen bestünden, die durch Feuchte und mikrobiellen Bewuchs nicht substanziell geschädigt werden könnten. Weiterhin sei vorausgesetzt worden, dass bestimmungsgemäß trockene Bauteile durch kurzzeitige Feuchtigkeitsereignisse nicht substanziell geschädigt würden (AIBau, 2019, S. 9 oben).

In Kapitel 7.3 wird ausgeführt, dass „bestimmungsgemäß feuchte Estriche“ die Standardausführung früherer Abdichtungsnormen in Innenräumen mit offener Wassernutzung im 20. Jahrhundert dargestellt hätten. Erneut wird fälschlicherweise dargestellt, dass nach der im Juli 2017 erschienenen Norm für Innenraumabdichtungen (DIN 18534-1:2017-07 und DIN 18534-2:2017-07) „bestimmungsgemäß feuchte Estriche“ ausgeführt werden dürften, obwohl Dämmschichten explizit als Beispiel für feuchteempfindliche Bauteilschichten genannt werden und Estriche ohne Dämmschichten aus unterschiedlichsten Gründen in häufig genutzten Innenräumen eher selten an-

zutreffen sind. Dennoch wird erneut behauptet, dass durch „bestimmungsgemäß feuchte Estriche“ keine hygienisch problematischen Situationen entstünden. Als Beleg wird einzig die bereits zitierte Umfrage unter Bausachverständigen genannt, denen, ohne Messungen oder medizinische Untersuchungen durchzuführen, keine hygienischen Probleme aufgefallen wären (AIBau, 2019, S. 59 oben).

In Kapitel 7.5 „Geruchsbildung“ wird beschrieben, dass feuchte Bauteile gerade nicht Bestandteil des Untersuchungskonzeptes gewesen seien. Allerdings zeige sich in der Praxis kein Problem bei bestimmungsgemäß feuchten Fußbodenaufbauten in z. B. Nassräumen oder älteren Badezimmern, in denen Abdichtungen unter Estrichen angeordnet seien. Gerüche seien dort nach sachverständiger Erfahrung der Autoren regelmäßig auf befallene, feuchte Stellen zurückzuführen, die gegenüber Innenräumen offen seien und damit in unmittelbarem Verbund mit der Raumluft stünden (AIBau, 2019, S. 59 unten f.). Wir verstehen: Wenn Bauteile länger feucht waren und daher mikrobiellen Befall entwickelt haben, waren regelmäßig mikrobielle Gerüche wahrzunehmen. Dies entspricht auch unseren Erfahrungen. Wenn Estrichaufbauten nicht im unmittelbaren Verbund mit der Raumluft standen, waren diese auch zwangsläufig für die gegebene Wassereinwirkung (gelegentliches Spritzwasser) ausreichend abgedichtet, obwohl sich die eigentliche Abdichtungsebene unterhalb der Estrichkonstruktion befand.

Über diese einfachen Beobachtungen hinausgehende wissenschaftliche Untersuchungen (bezüglich bestimmungsgemäß feuchter Fußbodenaufbauten) wurden im Forschungsprojekt des AIBau nicht durchgeführt. Worauf die Behauptung der Autoren in ihrer Zusammenfassung in der deutschen Bauzeitung (Zöller et al., 2020, S. 110 rechts unten) beruht, dass das Forschungsprojekt erkläre, warum die seit Jahrzehnten üblichen Fußbodenaufbauten mit bestimmungsgemäß feuchten Schichten hygienisch funktionierten, bleibt daher aus wissenschaftlicher Sicht nicht nachvollziehbar.

Ohne wissenschaftlichen Beleg bleibt auch die Aussage der Autoren (Zöller 2019b, 2020b), dass eine im letzten Jahrhundert verwendete Bauweise mit „bestimmungsgemäß ständig feuchten Fußbodenaufbauten“ selbst in

früheren OPs die hygienischen Verhältnisse nicht beeinträchtigte, obwohl sie von der aktuellen Normierung (zumindest beim Einbau von Dämmschichten) nicht gedeckt wird und die wissenschaftlich belegten Erkenntnisse der gesicherten Assoziation von mikrobiellem Befall und gesundheitlichen Beschwerden erst aus diesem Jahrhundert stammen. Es verbleibt die Frage, warum heutzutage mit dem Fortschritt der hygienischen Erkenntnisse nicht mehr so gebaut wird.

Gesundheitliche Aspekte

Der Schimmelleitfaden des Umweltbundesamtes fasst den wissenschaftlichen Stand 2017 der Wirkungen von Schimmel in Innenräumen auf die Gesundheit des Menschen wie folgt zusammen:

„Bevölkerungsbezogene Studien haben hinreichend gezeigt, dass Menschen, die Feuchte/Schimmel in Innenräumen ausgesetzt sind, einem erhöhten Risiko vielfältiger Atemwegserkrankungen unterliegen [...]. Vor allem bei Kindern, die in Wohnräumen mit sichtbarem Schimmelbefall/Feuchte aufwachsen, deuten die Studienergebnisse auf eine insgesamt nachteilige gesundheitliche Entwicklung der betroffenen Kinder hin. Bei Kindern mit bestehendem Asthma wird nach neueren Studien ein kausaler Zusammenhang von Schimmelbefall mit einer Verschlimmerung der Erkrankung konstatiert [...]. Ein Zusammenhang zwischen feuchten Innenräumen und/oder Schimmelbefall und der Entstehung von Asthma, insbesondere bei Kindern, kann als gesichert angesehen werden. Darüber hinaus bestehen Zusammenhänge mit der Entwicklung von Asthma und der Verschlimmerung von Asthma bei Erwachsenen, mit Atemwegsinfektionen sowie mit Symptomen wie Husten, keuchenden Atemgeräuschen und Atemnot [...].“ (Umweltbundesamt, 2017, S. 37 Mitte)

Zu dieser wissenschaftlich eindeutig beschriebenen Faktenlage äußern sich die Autoren M. Zöller, S. Sous und T. Warscheid in der Bauzeitung bei Vorstellung ihrer Forschungsergebnisse wie folgt:

„Die Existenz von schimmelpilzspezifischen Krankheitssymptomen wird gegenwärtig vom Großteil der Mediziner verneint.“ (Zöller et al., 2020, S. 110)

Diese Aussage ist angesichts der wissenschaftlichen Faktenlage nicht nachvollziehbar. Verwiesen wird als Quelle auf die Schimmelpilz-Leitlinie der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) „Medizinisch klinische Diagnostik bei Schimmelpilzexposition in Innenräumen“ (AWMF, 2016). Versucht man jedoch, dieses Zitat dort zu finden, wird man nicht fündig. Stattdessen liest man:

„Feuchte-/Schimmelschäden, von denen eine gesundheitlich relevante Exposition und damit ein potenzielles Gesundheitsrisiko für gesunde Personen ausgehen kann, betreffen (sichtbare oder nicht sichtbare) Schadensfälle mit mikrobiologischer Besiedlung, insbesondere Schimmelpilzbefall mit aktivem Schimmelpilzwachstum (viable) oder mit abgetrockneten (non-viable) Schimmelpilzen, bei denen eine erhöhte Freisetzung von Schimmelpilzbestandteilen (Sporen, Myzel etc.) und anderen Biostoffen wahrscheinlich ist.“ (AWMF, 2016, S. 4)

und

„Schimmelpilzwachstum im Innenraum ist aus Sicht der Prävention als ein potenzielles Gesundheitsrisiko zu betrachten, auch ohne dass ein quantitativer und kausaler Zusammenhang zwischen dem Vorkommen einzelner Arten und Gesundheitsbeschwerden gesichert werden kann. Ein Feuchteschaden und/oder ein Schimmelpilzwachstum in Innenräumen ist aus gesundheitlicher Sicht immer ein hygienisches Problem, das – auch ohne dass Gesundheitsstörungen vorhanden sind – nicht hingenommen werden darf. Vielmehr sollte hier nach dem Vorsorgeprinzip die Belastung minimiert oder wenn möglich beendet werden. Die wichtigste Präventionsmaßnahme bei Schimmelpilzexpositionen im Innenraum ist die Klärung der Ursache des Feuchte-/Wasserschadens und die sachgerechte Sanierung.“ (AWMF, 2016, S. 4)

Wir befürchten, dass bei der Bearbeitung von Schimmelschäden in Innenräumen im Rahmen von Schadensfällen durch derartige Äußerungen der AIBau-Autoren die wissenschaftlich belegten Gesundheitsgefährdungen von Schimmel in Innenräumen in den Hintergrund gedrängt werden sollen und Sanierungsmaßnahmen, die solche Gefährdungen ausschließen, nicht in dem erforderlichen Ausmaß durchgeführt werden.

Statt die Ursachen für Erkrankungen durch sachgemäße Sanierungen zu beseitigen, werden so Krankheitskosten als Folge unterlassener Sanierung sozialisiert und Geschädigte um ihr Recht auf gesundheitliche Unversehrtheit gebracht.

Praxisbeispiele für Baustoffe und Randanschlüsse

Der Projektbericht AIBau 2019 stellt neben Umfragen und Versuchsaufbauten in Prüfkammern auch mehrere Praxisbeispiele zur Unterfütterung der Hypothese zur wirksamen partikeldichten Abschottung von bauüblichen Baustoffen in ihrer praktischen Einbausituation dar. Sie sollen als Beleg dafür gelten, dass bereits sogenannte durchdringungsichte Baustoffe bzw. übliche Bauteilschichten mit bauüblichen Randanschlüssen, wie z. B. Gipskartonwände und PE-Estrich-Randdämmstreifen, Schimmel aus Bauteilen gegenüber Innenräumen abschotten. Am häufigsten wurden gemäß der Umfrageergebnisse Befälle in Fußbodenkonstruktionen und leichten Wandkonstruktionen festgestellt.

Aufgrund unserer eigenen gutachterlichen Praxis, die zahllose Schadstoffuntersuchungen und Entwicklungen von Sanierungskonzepten über mehrere Jahrzehnte abdecken, kommen wir jedoch zu ganz anderen Schlussfolgerungen. Im Folgenden legen wir dar, wie nach unseren Beobachtungen Baustoffe und Bauteile verbunden werden und wie üblicherweise Randanschlüsse gefertigt werden.

Estrich-Randdämmstreifen – Verlegeart 1 mit Verklebung

Bei der idealen Verlegung von Randdämmstreifen wird ein PE-Winkelstreifen auf die Dämmung gestellt und verklebt. Die Dämmstreifen müssen dabei auch sauber in und um Ecken, Türzargen und dergleichen verlegt werden (siehe Abb. 7). Eine derartige Verlegeart kann bei Verwendung des richtigen Materials nach Einbringen des Estrichs durchaus partikeldicht sein. Eine Luft- und Geruchsdichtheit ist bei diesem Randanschluss mangels Diffusions-

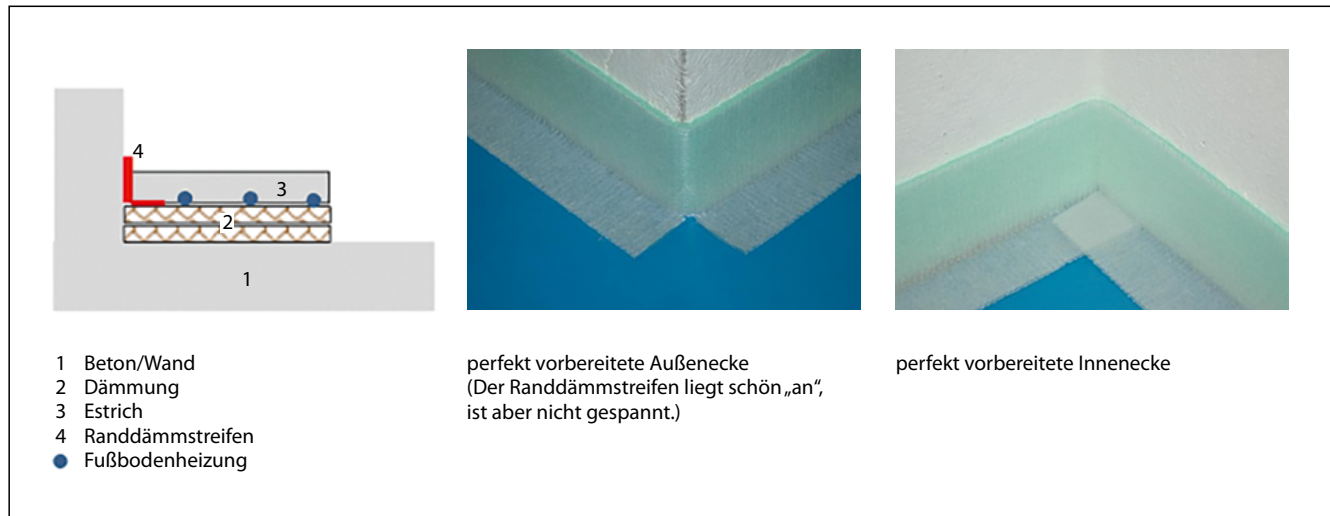


Abb. 7: Beispielabbildungen für die Verlegung von Randdämmstreifen an Innen- und Außenecken nach Verlegeart 1 (Quelle: Pavidensa, 2014, S. 3)

dichtigkeit des eingesetzten Kunststoffes nicht gewährleistet.

Aber auch bei einer Verklebung des PE-Randdämmstreifens kann es zu Fehlstellen in der Verklebung kommen, sodass eine durchgängige Partikeldichtheit nicht gewährleistet ist, auch wenn das Material selbst einen gewissen Durchdringungswiderstand für Partikel aufweist. Diese Fehlstellen sind häufig jedoch erst nach Rückbau des Bodenaufbaus feststellbar (siehe Abb. 8). Würde in einem Schadensfall der Aufbau ungeprüft bestehen bleiben, hätte diese „Abschottung“ aufgrund der unvollständigen Anschlussfugen dauerhaft ihre Wirkung hinsichtlich Schimmelabschottung verloren. Sporen usw. gelangen aus dem Hohlraum der Fußbodenkonstruktion in die Raumluft.

Dass Estrich-Randdämmstreifen auch im Neubau nicht partikeldicht sind, zeigen diverse Fälle von Fogging, bei denen schwarze Verfärbungen durch den Eintrag von Partikeln aus der Estrichdämmschicht an den Fußbodenrandstreifen zu sehen sind. Erzeugt man mittels Blower-Door-Gebläse einen üblichen Gebäudeunterdruck von 10 Pa, lässt sich mit dem Laserpartikelzähler der Eintrag von Feinstaub durch die Randfugen nachweisen (siehe Abb. 9; siehe auch Abb. 14).



Abb. 8: Nach Rückbau sichtbare Fehlstellen in der Verklebung des Randdämmstreifens (Quelle/Foto: Dr. C. Kroczeck, 2020)



Abb. 9: Austritt von dunklen Partikeln (auf weißem Teppichboden) an Undichtigkeiten an den Estrichrandfugen (Quelle/Foto: J. Thumulla, 2015)

Estrich-Randdämmstreifen – Verlegeart 2 ohne Verklebung

Häufig ist in der Praxis die zweite Verlegeart anzutreffen, wobei der Randdämmstreifen hinter die Dämmungen gestellt wird, oftmals ohne Verklebung (siehe Abb. 10). Eine exakte Eckenbildung ist nahezu unmöglich bei dieser Verlegeart und die Randstreifen liegen nicht parallel an den Wänden an (Pavidensa, 2014). Eine Luft- und Partikeldichtheit zu erreichen, wie sie bei einer Abschottung erforderlich ist, ist bei dieser Verlegeart des Randdämmstreifens somit nahezu unmöglich, auch wenn das verwendete PE-Material selbst einen Durchdringungswiderstand für Partikel aufweist. Eine Diffusionsdichtigkeit ist nicht gegeben.

In Abb. 6 (links) ist in einem Versuchsaufbau der AI-Bau-Studie eine ideale Einpassung und Parallelausbildung eines Estrich-Randdämmstreifens (im Bild grün) zu sehen, der auf die gesamte Höhe des Estrichs zwischen Mauerwerk und Zementestrich verlegt wurde (ohne Eckenausbildung) und bei dem ein idealer Verformungsausgleich zwischen Schwund und Ausdehnung des Estrichs vorliegt, ohne Einfluss von Temperaturschwankungen.

Dieser Versuchsaufbau kann mit den entsprechend verwendeten durchdringungsdichten Materialien des Randdämmstreifens partikeldicht sein. Wird diese Ideallösung in der Praxis ebenfalls genauso umgesetzt, könnte es auch in der Praxis dicht sein. Doch wie sieht die Umsetzung dieses wichtigen Bauteils, des Randdämmstreifens, der zum Schallschutz und zur Verhinderung von Spannungsrissen im schwimmenden Estrich gedacht ist, in der bauüblichen Praxis aus?

Im Gegensatz zum beschriebenen Versuchsaufbau einer Idealkonstruktion finden wir in der täglichen Praxis in Neubauten beispielhaft die in Abb. 11 bis 14 gezeigten Umsetzungen von Randdämmstreifen vor.

Eine luft- und partikeldichte Abschottung stellen die gezeigten, für die gegenwärtige Baupraxis repräsentativen Estrich-Randdämmstreifen nicht dar, obwohl die verwendeten Randdämmstreifenmaterialien sehr wahrscheinlich einen hinreichenden Durchdringungswiderstand für Partikel aufweisen. Sporen, Gerüche und sonstige Schimmel-

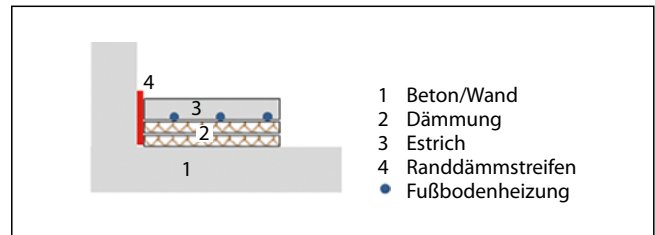


Abb. 10: Beispielabbildung für die Verlegung von Randdämmstreifen an Innen- und Außenecken nach Verlegeart 2 (Quelle: Pavidensa, 2014, S. 2)



Abb. 11: Loser Estrich-Randdämmstreifen an einer Innenecke bei Rohrdurchführungen (Quelle/Foto: Dr. C. Kroczeck, 2019)



Abb. 12: Ausbildung einer Innenecke mit dahinter gestellten Randdämmstreifen, Hohlraumbildung (Quelle/Foto: Dr. C. Kroczeck, 2019)



Abb. 13: Ausbildung einer Innenecke mit dahinter gestellten Randdämmstreifen, keine Parallelbildung am Wandbereich, Messinstrument ist bis auf Bodenplatte im Hohlraum versenkbar (Quelle/Foto: Dr. C. KroczeK, 2019).



Abb. 14: Austritt von dunklen Partikeln an Estrichrandfugen an Innen- und Außeneckbereichen, lückenhafte undichte Randdämmstreifen sind zu vermuten (Quelle/Foto: J. Thumulla, 2013).

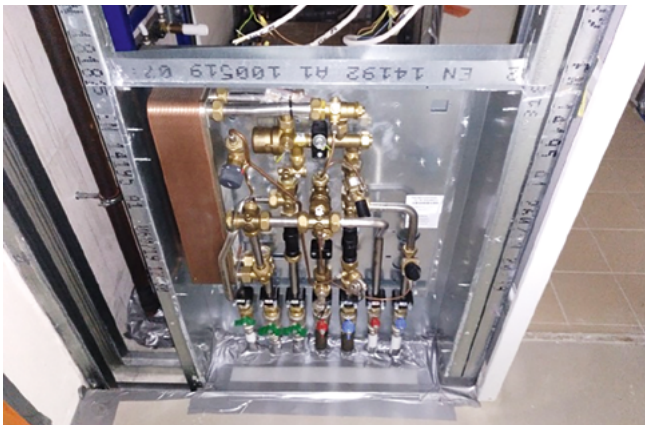


Abb. 15: Abdichtungsversuch Heizungsverteilerkasten (Quelle/Foto: Dr. C. KroczeK, 2020)



Abb. 16: Praxisbeispiel üblicher Heizungsverteilerkasten (Quelle/Foto: Dr. C. KroczeK, 2019)

pilzbestandteile können jedoch leicht aus dem Hohlraum der Fußbodenkonstruktion in die Raumluft gelangen.

Heizungsverteiler

In den meisten Neubauten werden heutzutage Fußbodenheizungen eingebaut. Häufig befinden sich die Verteilerkästen auch in den Wohnbereichen. Eine per se angenommene luft- und partikeldichte Abschottung von Heizungsverteilerkästen zu Estrichdämmschichtbereichen mit dem Einsatz von bauüblichen Baustoffen ist aufgrund der Bauteilkonstruktion und der Einbausituation schlicht ausgeschlossen.

Somit besteht in Neubauten an diesen Schwachstellen immer eine Eintrittspforte für Schimmelpilzbestandteile, Gerüche und Stoffwechselprodukte von belasteten, feuchtegeschädigten Estrichbereichen in den Wohnraum.

Nur durch aufwendige Abdichtungsmaßnahmen wären diese Bereiche (Übergang Estrich zum Verteilerkasten) beispielsweise zum Bodenaufbau hin abdichtbar, wie der in Abb. 15 dargestellte Versuchsaufbau zeigt. In der Praxis wird dies bisher üblicherweise nicht angewendet (siehe Abb. 16). Auch ist die Dauerhaftigkeit in diesem Beispiel zu hinterfragen.



Abb. 17: Praxisbeispiel: Trockenbauvorwand mit Durchdringungen durch Anschlussrohre und Steckdosen, keine Abklebungen mit Aluminiumband der Ränder (Quelle/Foto: Dr. C. Kroczeck, 2019)



Abb. 18: Leitungsdurchdringung Gipskartonwand unterhalb Estrich-Randdämmstreifen unten rechts, keine weiteren Abdichtungen (Quelle/Foto: Dr. C. Kroczeck, 2019)

Leichtbauwände

Die Schlussfolgerungen des AIBau bezüglich Dichtheit von Leichtbauwänden (Gipskarton, OSB-Platten, Gipsfaserplatten usw.) basieren auf dem Versuchsaufbau mit dem jeweiligen Baustoff, der in einer Prüfkammer eingebaut und mit Aluklebeband fest verklebt wurde (siehe Abb. 6). Somit sollte eine bauübliche Trennung zwischen Schwarz- und Weißbereich durch den Baustoff simuliert werden. *„Alle untersuchten und bauüblichen Baustoffe können somit unter der Voraussetzung bauüblich dichter Randanschlüsse als sichere und effektive Abschottung gegen Schimmelpilzbewuchs bewertet werden.“* (AIBau, 2019, S. 55)

In der Praxis werden üblicherweise als dichte Anschlüsse die Gipskartonplatten, Feuchtpaneele usw. von Leichtbauwänden an den Ständerwänden nur verschraubt und an den Stoßfugen verspachtelt. Eine zusätzliche Abdichtung oder Abklebung (mit einem wie z. B. vom AIBau verwendeten, durchdringungsdichten Aluminiumklebeband) an den Fugen- und Randanschlussstellen zu Wand-, Decken-, Türrahmen- und Bodenbereichen oder Elektroinstallationen findet in der üblichen Baupraxis nicht statt und ist normativ auch nicht gefordert. Vollflächig intakte Gipskartonwände oder -decken, ähnlich wie im Versuchsaufbau, sind darüber hinaus in Wohnräumen, z. B. aufgrund der Leitungsdurchführungen, Lichtkabelausschlüsse,

Steckdosenöffnungen usw., nahezu nicht vorhanden. Insofern können wir die vom AIBau genannten „bauüblich dichten Randanschlüsse“ in der Realität nicht bestätigen.

Die in Abb. 17 bis 22 gezeigten, beispielhaften Umsetzungen von Leichtbauwänden werden regelmäßig in der täglichen Praxis vorgefunden, die jedoch allesamt keine luft-, partikel- und diffusionsdichte Abschottung mit dichten Randanschlüssen darstellen.

Praxisbeispiele für Schimmelschadensfälle

In diesem Kapitel stellen wir einige Beispiele für Schimmelschäden aus unserer gutachterlichen Praxis vor. Die Beispiele legen dar, dass bauübliche Ausführungen von Bauteilen keine ausreichenden Abschottungswirkungen gegenüber mikrobiellen Kontaminationen darstellen.

Löschwasserschaden in einem Mehrfamilienhaus aus der Gründerzeit

In einem Mehrfamilienhaus Baujahr 1900 mit Holzbalkendecken kam es in der Dachgeschosswohnung zu einem Brand im Dachstuhl, der von der Feuerwehr mit Löschschaum gelöscht wurde. Ein Rückbau der durchfeuchteten Holzbalkendecken sowie der Gipskartonvorsatzschalen in



Abb. 19: Austritt von schwarzen Rauchpartikeln an Gipskartondecke nach einem Brandschaden (Quelle/Foto: J. Thumulla, 2013)



Abb. 20: Toiletten- und Spülkastenanschlüsse in Trockenbauvorwand (Quelle/Foto: Dr. C. Kroczeck, 2020)



Abb. 21: Abgehängte Decke, zahlreiche Durchdringungen des Deckenaufbaus für diverse Installationen (Quelle/Foto: J. Thumulla, 2020)



Abb. 22: Türrahmen in Leichtbau-Ständerwand: keine definierte Abdichtung zwischen Hohlraumluft und Raumluft möglich (Quelle/Foto: Dr. C. Kroczeck, 2020)

den darunterliegenden Wänden fand nur partiell statt. Dem Eigentümer der darunterliegenden Wohnung war dies suspekt und er beauftragte uns mit absichernden Untersuchungen. Abb. 23 zeigt den partiell zurückgebauten Fußbodenaufbau der Dachgeschosswohnung.

In den darunterliegenden Räumlichkeiten war kein sichtbarer Schimmelfeul vorhanden, daher sollten Sanierungen nur mit Sperrgrund und Farbe erfolgen. Dies galt auch für die Gipskartonvorsatzschalen im Arbeitszimmer, an denen über Verfärbungen der Eintrag von Löschwasser deutlich erkennbar war.



Abb. 23: Bis zur Fehlbodenebene rückgebauter und gereinigter Fußbodenaufbau über dem „Salon“ (Quelle/Foto: J. Thumulla, 2020)

Um einen möglichen Eintrag von Schimmelpilzen aus dem Deckenaufbau abzuklären, wurden Raumluftmessungen in der Wohnung durchgeführt. Die Küche liegt nicht direkt unter dem Schadensbereich und kann als Referenzmessung herangezogen werden. Die Probenahmen wurden als Status-quo-Messungen unter den gegebenen Nutzungsbedingungen durchgeführt, nachdem über Nacht nicht gelüftet wurde. Im teilweise unter dem Schadensbereich liegenden Arbeitszimmer wurde zusätzlich eine Messung nach Provokation der durch Löschwasser verfärbten Gipskartonvorsatzschale durchgeführt.

Die Provokation von Bauteilen wird in Anlehnung an das in DIN EN ISO 16000-7:2007-11 „Innenraumluftverunreinigungen – Teil 7: Probenahmestrategie zur Bestimmung luftgetragener Asbestfaserkonzentrationen“ beschriebene Nutzungssimulationsverfahren z. B. durch definiertes Anblasen oder durch Erschütterungen (z. B. durch Türanschlagen, Fallenlassen von Gegenständen oder Klopfen auf Bauteile / Antippen) von Boden und Wänden durchgeführt, im vorliegenden Fall durch Klopfen auf Gipskartonwände.

Tabelle 2 zeigt die Messergebnisse der Gesamtsporenmessung in Sporen pro Kubikmeter. Man erkennt einen extrem hohen Eintrag von Pilzsporen inklusive kompletter Konidienträger in den Salon. Dreht man die oberhalb des Salons liegenden Fehlbodenbretter herum, ergibt sich die in Abb. 24 gezeigte Situation.

Die Ergebnisse aus unserer Laboruntersuchung zeigen einen „frischen, flauschigen Bewuchs mit *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Mucor* usw., der mehr oder weniger alles überwächst“. Das Beispiel zeigt eindrucksvoll, dass bauübliche Baustoffe und Konstruktionen standardmäßig keine ausreichende Abschottung insbesondere gegenüber den kleinen Sporen von *Penicillium*/*Aspergillus* leisten.

Dies wird auch für den Fall des Arbeitszimmers bestätigt, bei dem die Provokation einer Gipskartonwand und der abgehängten Decke durch Klopfen durchgeführt wurde und die Raumluftkonzentration der typischen Außenluftpilze wie *Basidiosporen* und *Cladosporium* spp. nahezu gleich bleiben, die Konzentrationen der am Schaden beteiligten Pilze wie *Acremonium* spp., *Aspergillus*/*Penicillium* spp. sowie des Myzelbruches aber signifikant ansteigen (siehe Abb. 25).



Abb. 24: Deckenaufbau über dem Salon. Die Fehlbodenbretter wurden jeweils umgedreht und ansonsten an ihrer Position belassen (Quelle/Foto: J. Thumulla, 2020).



Abb. 25: Deckenkonstruktion nach Öffnung mit deutlich sichtbarem Schimmelbefall (Quelle/Foto: J. Thumulla, 2020)

Tabelle 2: Gesamtsporenmessung im Altbau (gemäß DIN ISO 16000-20:2015-11 „Innenraumluftverunreinigungen – Teil 20: Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen – Bestimmung der Gesamtsporenanzahl“)

Gattung/Partikel in Sporen/m ³	Probenahmevervolumen						
	Außen 200 l	Küche 100 l	Flur 100 l	Salon 200 l	AZ 100 l	AZ prov. 100 l	WZ 200 l
Acremonium spp.	160		160		100	800	
Alternaria/Ulocladium spp.	200	80	20			40	
Ascosporen	200	40	120	40	80	240	40
Aspergillus/Penicillium spp.	760	920	960	52.200	2.200	4.480	1.600
Basidiosporen	920	520	680		720	1.000	100
Chaetomium spp.	20		20	40			
Cladosporium spp.	11.680	1.880	3.560	240	2.920	2.840	560
Doratomyces spp.							
Fusarium spp.							
Myzelbruch	800	840	160	560	120	520	80
Scopulariopsis spp.							
Stachybotrys spp.							20
andere Gattungen	4.560	720	800	2.200 Paecilomyces sp.	1.040		140
Gesamt	19.300	5.000	6.480	55.280	7.180	9.920	2.540
Hautschuppen	–	mäßig	mäßig	hoch	mäßig	hoch	mäßig
organische Fasern	–	mäßig	mäßig		mäßig	hoch	mäßig
mineralischer Staub	viel						mäßig
Sonstige				1)			

AZ Arbeitszimmer
prov. provoziert
spp. Subspezies
WZ Wohnzimmer
1) komplette Konidienträger

Gerichtsfall Wasserschaden im Untergeschoss eines neugebauten Einfamilienhauses, Massivbauweise

In einem 2014 neu gebauten Einfamilienhaus kam es im Fußbodenaufbau des Untergeschosses zu einem Feuchteschaden durch eindringendes Wasser von außen. Die betroffenen Räume wurden als Büro und als Hobby-/Fernsehraum (Studio) für die Kinder genutzt.

Die Fußbodenkonstruktion bestand aus Zementestrich, einer Dämmschicht aus expandiertem Polystyrol (EPS), einer PE-Randdämmfuge und einem Fliesenboden. Um zu

klären, ob aus der Estrichdämmschicht Schimmelpilze in die Raumluft gelangen, wurden zunächst Status-quo-Messungen in den Räumen und anschließend Provokationsmessungen durchgeführt, bei denen das Springen und Hüpfen von Kindern auf dem Boden simuliert wurde, um den Estrich in Schwingung zu bringen, da die feuchtegeschädigten Räume hauptsächlich von den Kindern benutzt wurden. Als Vergleich wurden unter gleichen Bedingungen Raumluftmessungen im Flurbereich des Untergeschosses durchgeführt, in dem kein Feuchteschaden zu erwarten war. Die Ergebnisse einer Raumluft-Kultivierung ausgewählter Schimmelpilze sind in Tabelle 3 vorgestellt.

Tabelle 3: Ergebnisse der Raumluft-Kultivierung (gemäß DIN ISO 16000-18:2012-01 „Innenraumluftverunreinigungen – Teil 18: Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen – Probenahme durch Impaktion“)

Ort der Probenahme	1 Flur UG, in Ruhe	2 Flur UG, Provokation	3 Büro UG, in Ruhe	4 Büro UG, Provokation	5 Studio UG, in Ruhe	6 Studio UG, Provokation
interne Probennummer	1509-339.001	1509-339.002	1509-339.003	1509-339.004	1509-339.005	1509-339.006
Nährboden	DG 18	DG 18	DG 18	DG 18	DG 18	DG 18
Bebrütungstemperatur	25 °C	25 °C	25 °C	25 °C	25 °C	25 °C
Probevolumen	100 l	50 l	100 l	50 l	100 l	50 l
Pilze	KBE/m ^{3 1)}	KBE/m ^{3 1)}	KBE/m ^{3 1)}	KBE/m ^{3 1)}	KBE/m ^{3 1)}	KBE/m ^{3 1)}
<i>Alternaria</i> sp.				20		
<i>Aspergillus fumigatus</i>	10	20				
<i>Aspergillus</i> sp. (A.-ochraceus-Gruppe)			10			
<i>Aspergillus</i> spp. (A.-restrictus-Gruppe)	90	60	10	1.400	180	180
<i>Aspergillus</i> sp. (A.-ustus-Gruppe)	10					
<i>Aspergillus versicolor</i>	130	40	20	480	160	540
<i>Aureobasidium pullulans</i>						40
<i>Beauveria</i> sp.			10			
<i>Botrytis cinerea</i>						20
<i>Cladosporium</i> spp.	240	240	80	140	140	320
<i>Epicoccum</i> sp.						20
Hefen					10	
<i>Penicillium</i> spp.	30		20		90	240
sterile Kolonien	10	60	30	80		60
weitere Pilzarten						
Summe	520	420	180	2.120	630	1.420
KBE koloniebildende Einheiten	sp. Spezies	spp. Subspezies	UG Untergeschoss	1) berechnet		

Tabelle 4: Ergebnisse der Kernbohrungen mit Pilznachweis (gemäß DIN ISO 16000-21:2014-05 „Innenraumluftverunreinigungen – Teil 21: Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen – Probenahme von Materialien“)

Proben	Aussehen	Pilznachweis	Sonstiges
23 Studio UG, 1. Bohrung, Außenwand Ecke Styropor	ein EPS-Bohrkern; Oberseite unauffällig, Unterseite (markiert) mit mineralischem Staub/Partikeln	Oberseite: mäßig viel Sporen vom Typ Aspergillus/Penicillium ¹⁾	Oberseite: –
		Unterseite: –	Unterseite: mäßig viele Bakterien
24 Studio UG, 3. Bohrung, Innenwand bei Tür Styropordämmschicht	ein EPS-Bohrkern; Oberseite stellenweise bräunlich verfärbt, Unterseite (markiert) mit mäßig dichten, bräunlichen Verfärbungen	Oberseite: mäßig viel Sporen vom Typ Aspergillus/Penicillium ¹⁾	Oberseite: –
		Unterseite: mäßig viel Myzel und mäßig viele Sporen vom Typ Aspergillus/Penicillium ¹⁾	Unterseite: –
EPS expandiertes Polystyrol UG Untergeschoss 1) berechnet			

Zusätzlich wurden Materialproben aus der Estrichdämmschicht für weitere Schimmelpilzuntersuchungen entnommen (siehe Tabelle 4).

Demnach konnten wir in der Estrichdämmschicht der feuchtegeschädigten Räume einen eindeutigen Schimmelpilzbefall nachweisen. Die Wände hingegen waren nicht mit Schimmelpilzen besiedelt. Obwohl die Räume mit einem bauüblichen dichten Randdämmstreifen und mit einem Fliesenbelag mit hinreichendem Durchdringungswiderstand ausgestattet waren, konnte bei einer Nutzungssimulation von Kinderhüpfen auf dem Boden in den feuchtegeschädigten Räumen eine deutliche Erhöhung von typischen Feuchteindikator-Schimmelpilzen (vorwiegend *Aspergillus versicolor*, *Penicillium* spp.) im Vergleich zu nicht betroffenen Bereichen und im Vergleich zu vorangegangenen Messungen des Status quo festgestellt werden.

Es ist somit evident, dass die vorhandenen bauüblichen Baustoffe (Randdämmstreifen) in diesem Fall keine ausreichende Wirkung als Abschottung der schimmelbesiedelten Fußbodenkonstruktion zum Innenraum gezeigt haben. Eine derartige, ungenügende Abschottungswirkung der üblichen Fußbodenaufbauten und Leichtbauwände bei Druckänderungen konnte von den Autoren dieser Arbeit in den letzten Jahren in zahlreichen ähnlich gelagerten Fällen bestätigt werden.

Vagabundierende Gerüche in einem Neubau

In einem weiteren Neubau kam es zu temporären Geruchseinträgen aus der Grundierung von Ethylen-Propylen-Dien-(Monomer)- (EPDM-) Abdichtungsbahnen an bodentiefen Fenstern/Terassentüren. Die Estrichrandfugen werden mittels Polyurethan- (PU-) Dichtmasse abgedichtet. In der Folge trat der Geruch aus einem Schiebetüreinlass in der gegenüberliegenden Haushälfte auf – und im Treppenhaus und im Büroraum im Untergeschoss (hier durchdringt ein Abwasserrohr die Estrichdämmschicht). Auch dieses Beispiel zeigt, wie viele andere Beispiele von Geruchsübertragungen durch Leckagen zwischen Gebäudekompartimenten (z. B. Übertragung von Heizölgerüchen über Leerrohre, von Tabakrauchgerüchen über Estrichrandfugen), dass übliche Bauteile nicht als Abschottung ausgelegt sind.

Zusammenfassung

Die uns bekannten Praxisbeispiele zeigen eindrücklich, dass übliche Bauteilschichten, Hohlräume, Bauteile und ungenutzte Räume gegenüber Innenräumen im Regelfall nicht genügend gegen gasförmige und partikelgebundene Schadstoffe abschotten, weil Randfugen und Durchdrin-

gungen beispielsweise durch die Elektroinstallation häufig nicht dicht sind. Deshalb ist grundsätzlich damit zu rechnen, dass Schimmelpilzbewuchs in Bauteilen, die nicht durch speziell geplante, ausgeführte und überprüfte Abschottungen von der Raumluft getrennt werden, sich signifikant auf die Innenraumlufthygiene auswirkt.

Fazit

Abschottungen in mikrobiellen Schadensfällen

Durch den gezielten Einsatz fachgerechter, geprüfter Abschottungen bzw. Absaugungen über Lüftungstechnik ist es grundsätzlich möglich, die innenraumhygienische Situation in Gebäuden zu sanieren. Sie können die Entfernung oder den Austausch von Bauteilen ersparen, ohne gesundheitliche Beeinträchtigungen von Bewohnern und Nutzern zu riskieren.

Beispiele aus unserer langjährigen gutachterlichen Praxis zeigen, dass bauübliche Bauteile und Fugenverschlüsse nicht ausreichend abschottend gegenüber Schadstoffen aus Schimmelbefall wirken. Da bisher unklar ist, welches die pathogenen biogenen Stofflasten sind, müssen Abschottungen von Schimmelschäden die Transportmechanismen aller in Frage kommenden biogenen Stofflasten (Schimmelpilzsporen, Hyphenfragmente, Bakterien, MVOC-Stoffwechselprodukte, Mykotoxine, Endotoxine usw.) abschotten.

Im Schimmelleitfaden 2017 Anlage 6 „Handlungsempfehlung zur Beurteilung von Feuchte- und Schimmelschäden in Fußböden“ wird der Umgang mit mikrobiell befallenen Estrichdämmschichten wie folgt beschrieben:

„Wird ein eindeutiger Befall bei einem Fußboden festgestellt, wird ein Rückbau unabhängig von der Durchlässigkeit des Fußbodens empfohlen. Eine Exposition der Raumnutzer ist bei einer geringen Durchlässigkeit des Fußbodens (siehe B.2.1, Kriterium II) zwar unwahrscheinlich, bei einer Öffnung des Fußbodens oder einer Änderung des Fußbodenbelags kann sich aber eine Exposition ergeben. Erfolgt kein Rückbau, muss durch andere Maßnahmen (z. B. Aufklärung) sichergestellt werden, dass es nicht später (z. B. durch

einen Handwerker bei Reparatur- oder Erweiterungsbaumaßnahmen) zu einer Exposition kommt.“ (Umweltbundesamt, 2017, S. 167)

„Erwägt man den Einbau einer dauerhaften Abdichtung, muss der Sachverständige folgende Aspekte prüfen und bei der Planung berücksichtigen:

- Kann sichergestellt werden, dass die Abdichtung inklusive Randabdichtung komplett dicht ausgeführt wird und dauerhaft dicht bleibt?
- Ist sichergestellt, dass der abgeschottete Bereich unterhalb der Abdichtung trocken bleibt und kein weiteres Schimmelwachstum stattfindet?
- Kann eine wasserdampfundurchlässige Abdichtung zu bautechnischen Nachteilen führen?
- Wie ist sicherzustellen, dass bei späteren handwerklichen Arbeiten das mikrobiell belastete Bauteil nicht unbedacht geöffnet wird, sondern die ausführenden Handwerker rechtzeitig vorher informiert werden, damit diese die gebotene Gefährdungsbeurteilung und die darauf aufbauende Betriebsanweisung laut Biostoffverordnung vornehmen können?“ (Umweltbundesamt, 2017, S. 160)

Die Autoren des AIBau-Projektberichtes beanstanden dagegen, dass in der Praxis immer wieder Bauteile ausgetauscht würden, die nicht geschädigt, sondern „nur befallen“ seien, obwohl diese raumhygienisch unbedenklich seien (Zöller et al., 2020). Dies erfolgt jedoch in der Regel nicht, wie die Verfasser des Forschungsprojektes glauben machen wollen,

„weil entweder rechtliche Ansprüche gegenüber Dritten, etwa Verkäufern, Vermietern oder Versicherungen, dies zu lassen oder die Bauteile aus psychologischen Gründen ausgetauscht werden, um die Bewohner zu beruhigen.“ (Umweltbundesamt, 2017, S. 160)

Hierfür gibt es im Regelfall gewichtige juristische und wirtschaftliche Gründe:

- Ein nicht ausgebauter Schimmelbefall muss als verdeckter Mangel beim Verkauf eines Gebäudes offenbart werden und führt daher zu einer Wertminderung, die häufig die Sanierungskosten übersteigt.

- Ein nicht ausgebauter Schimmelschaden kann einen nicht sachgemäß reparierten Vorschaden darstellen. Der Einwand eines Vorschadens führt für Haftpflichtgeschädigte regelmäßig zu einem erheblichen Vermögensschaden, wenn es nicht möglich ist, den neuen Schaden gegenüber dem Altschaden abzugrenzen – auch wenn er größer als der alte ist.

Das Forschungsprojekt des AIBau (AIBau, 2019) liefert keine belastbare Überprüfung der Funktionstauglichkeit einer Abschottung, wie sie gemäß der im Schimmelleitfaden definierten Nutzungsklasse IV erforderlich ist. Die durchgeführten Laborversuche in Prüfkammern sind methodisch unzureichend und berücksichtigen primär Baumaterialien statt Baukonstruktionen. Die verwendeten Baukonstruktionen und Anschlüsse entsprechen nicht der üblichen Baupraxis, sodass die Prüfkammergebnisse nicht auf die Praxis anwendbar sind.

Die Behauptung, die Erstellung „bestimmungsgemäß feuchter Estriche“ aktueller Estrichaufbauten in Innenräumen auf Dämmschichten sei durch die aktuelle Normung gedeckt, findet sich in den zitierten Normen nicht. Dämmschichten werden in der DIN 18534-1:2017-07 explizit als Beispiel für feuchteempfindliche Bauteilschichten genannt, die eine Abdichtung darüber zu ihrem Schutz erforderlich machen.

Alle Aussagen der Autoren, dass nicht entfernte bzw. nicht nach den Maßgaben des Schimmelleitfadens des Umweltbundesamtes abgeschottete mikrobielle Belastungen ohne Risiko gesundheitlicher Beeinträchtigungen von Bewohnern verbleiben können, beruhen allein auf Beobachtungen befragter Bausachverständiger im Rahmen der durchgeführten Ortstermine und nicht auf medizinischen oder epidemiologischen Untersuchungen.

Zu den durch das Forschungsprojekt nicht belegbaren Schlussfolgerungen gehört daher auch, dass übliche Bauteilschichten Schimmel innerhalb von Bauteilen gegenüber Innenräumen abschotten und durch üblich verschlossene Estrichrandfugen kein konvektiver Luftaustausch stattfindet (AIBau, 2019, S. 63 Mitte) oder dass an Estrichrandfugen bereits ein Randstellstreifen abschottende Wirkung er-

zielt – auch ohne Fugenverschluss (AIBau, 2019, S. 61 oben).

Die Autoren von AIBau 2019 stellen letztlich selbst fest: *„Im Rahmen der bisherigen Untersuchungen war aber nicht validierbar, ob und wie stark Konvektion die Luft zwischen der Ebene unter und über dem Estrich austauscht und so Partikel unter dem Estrich in Innenräume gelangen können. Dies soll in einer gesonderten Untersuchung festgestellt werden.“* (AIBau, 2019, S. 62 unten)

Des Weiteren behaupten die Autoren des AIBau-Berichtes in ihrer Zusammenfassung, dass der Leitfaden des Umweltbundesamts zwar fordere, dass Abschottungen geeignet sein müssten, nicht aber darlege, welche Anforderungen für solch eine Eignung zu erfüllen seien (Zöller et al., 2020, S. 108 rechts unten). Richtig ist, dass keine Konstruktionsbeispiele angegeben werden und keine Stoffe genannt werden, mit denen Abschottungen mikrobiell belasteter Bereiche zu Innenräumen dauerhaft wirksam und zuverlässig hergestellt werden können. Falsch ist, dass die grundsätzlichen Anforderungen nicht nachvollziehbar benannt werden:

- *„Bei Schäden außerhalb der Diffusionsdichtheitsebene ist daher zunächst zu prüfen, ob diese fachgerecht ausgeführt ist und **ein Eintrag von Mikroorganismen oder mikrobiell bedingten Gerüchen in den Innenraum sicher und auf Dauer auszuschließen** ist. Nur dann gilt die Nutzungsklasse IV und das mikrobiell besiedelte Material kann an Ort und Stelle verbleiben, wenn die Bauteile hinter der Absperrung bestimmungsgemäß (nach DIN 4108-7) trocken bleiben.“* (Umweltbundesamt, 2017, S. 125 oben)
- *„[Nutzungsklasse IV:] **Luftdicht abgeschottete Bauteile und Hohlräume in Bauteilen oder Räumen, die nach Anforderung der DIN 4108-7 mit geeigneten Stoffen gegenüber Innenräumen abgeschottet sind**“* (Umweltbundesamt, 2017, Tabelle S. 125 unten)
- *„Kann sichergestellt werden, dass die Abdichtung inklusive Randabdichtung komplett dicht ausgeführt wird und dauerhaft dicht bleibt?“* (Umweltbundesamt, 2017, S. 160)

Anforderungen an Abschottungen von biogenen und chemischen Schadstoffen

Eine Abschottung von biogenen und chemischen Schadstoffen muss – wie im Schimmelleitfaden des Umweltbundesamtes beschrieben – grundsätzlich genauso wie eine Luftdichtigkeitsebene geplant und ausgeführt werden und darüber hinaus luft- und diffusionsdicht sein, ansonsten wird sie nicht funktionieren. Die Funktion einer fachgerechten Abschottung muss prüfbar sein.

Die sachverständige Praxis zeigt, dass der Nachweis der Funktionslosigkeit nicht fachgerecht geplanter Abschottungen oder Luftdichtigkeitsebenen in der Baupraxis regelmäßig über das Blower-Door-Verfahren unter Zuhilfenahme von Theaternebel (Partikel) oder Tracergas (gasförmige Stofffrachten) geführt werden kann.

Im Schimmelleitfaden wurde neben dauerhafter Luftdichtigkeit nicht nur „hilfsweise“, sondern wissenschaftlich begründet für Abschottungen mikrobieller Schäden Diffusionsdichtheit gegenüber geruchsverursachenden Stoffwechselprodukten gefordert.

Die oben zitierten sowie weitere Textstellen des Schimmelleitfadens definieren nachvollziehbar, welche Anforderungen an fachgerechte Abschottungen mikrobieller Schadstoffe in Innenräumen zu stellen sind:

- **Planung und Ausführung der abschottenden Ebene analog den Anforderungen an eine Luftdichtigkeitsebene gemäß DIN 4108-7:2011-01,**
- **Verwendung von auch gegenüber organischen Stoffen diffusionsdichten Materialien, z. B. Alu-PE-Verbundfolien,**
- **Dauerhaftigkeit der bei der Abschottung eingesetzten Materialien gemäß DIN 4108-11:2018-11 „Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 11: Mindestanforderungen an die Dauerhaftigkeit von Klebeverbindungen mit Klebebändern und Klebemassen zur Herstellung von luftdichten Schichten“,**
- **Prüfbarkeit der Abschottung,**
- **Kennzeichnung und Sicherstellung, dass bei späteren Arbeiten an abgeschotteten Bauteilen der einge-**

schlossene Befall gemäß Biostoffverordnung zur Planung eines ausreichenden Arbeits- und Umgebungs-schutzes berücksichtigt wird.

Werden Abschottungen nach diesen Kriterien umgesetzt, können sie helfen, Kosten für Instandsetzungen, Ressourcenverbrauch und Belastungen für die Umwelt zu vermeiden, ohne gesundheitliche Beeinträchtigungen von Bewohnern und Nutzern zu riskieren. Es ist jedoch zu vermuten, dass durch das bestehende Versicherungs- und Schadensersatzrecht (Stichwort „nicht sachgerecht instandgesetzter Vorschaden“) sowie die zwangsläufige Wertminderung der Immobilie der mikrobielle Befall dennoch in den meisten Fällen ausgebaut werden muss.

Ausblick

Aus wirtschaftlicher, gesundheitlicher und ökologischer Sicht ist zu hoffen, dass sich möglichst bald in Neubau und Sanierung Bauweisen durchsetzen, die besser trockenbar sind und damit bei Wasserschäden weniger zu mikrobiellem Befall neigen. So könnte beispielsweise eine durchgehende Unterströmbarekeit von Estrichdämmplatten von vornherein eingeplant werden. Dafür bieten sich sogenannte Wirrgelege an, die mit 6 mm Höhe die notwendige Belüftung dauerhaft sicherstellen und auch beim Begehen in vernachlässigbarem Maß zusammengedrückt werden (Gebauer, 2020).

Wir hoffen, dass sich das AIBau, dessen konstruktive Arbeiten zum schadensfreien Bauen wir sehr schätzen, sich auch bezüglich der mikrobiellen Schadensproblematik möglicher schadensfreier Bauformen annimmt, anstatt vorhandene Schäden zu verharmlosen.

Bis dahin wird es zu einer Versachlichung der Diskussion notwendig sein, über weitere Forschungsprojekte die Transporteffekte durch Bauteile (wie den Pumpeffekt von Estrichen oder bei der Durchströmung von Ständerwänden) zu quantifizieren.

Hierzu können wir uns ein praxisnahes Projekt vorstellen, welches die Transporteffekte anhand realer Schadensfälle bearbeitet. Nach gründlicher Reinigung des Estrichrandstreifens kann die Erhöhung der Partikelzahlen mit

direktanzeigender Partikelmesstechnik nachvollzogen werden und mit mikrobiologischer Analytik quantifiziert werden. Der Luftwechsel zwischen Estrichdämmschicht und dem Innenraum kann über den Einsatz von Tracergas und für unterschiedliche Zustände (Ruhe, verschiedene Nutzungsintensitäten) quantifiziert werden.

Da für die Forschung geeignete Schadensfälle in ausreichender Anzahl für einzelne Institute schwer verfügbar sind, stellen wir uns für die Durchführung der Zusammenarbeit unabhängiger, praktisch tätiger Sachverständiger unter einem Dachverband wie der Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute e. V. (AGÖF) vor.

Anmerkungen

Eine Vorversion des Einleitungstextes ist in den Tagungsunterlagen der 24. VDB Schimmelpilztagung 2020 enthalten. Die Ergebnisse der Beitragsdiskussion dieser Fachtagung wurden in dieser Veröffentlichung mit eingearbeitet.

Aus Gründen der einfacheren Lesbarkeit wird an einigen Stellen auf die geschlechtsspezifische Differenzierung, z. B. Nutzerinnen und Nutzer, verzichtet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung grundsätzlich für alle Geschlechter.

Literatur

- AIBau (2019). Instandsetzung von Schimmelschäden durch Abschottung – Partikeldichtheit von Baustoffen. Abschlussbericht. Aachen: Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik, gGmbH
- AWMF (2016). AWMF-Schimmelpilz-Leitlinie „Medizinisch klinische Diagnostik bei Schimmelpilzexposition in Innenräumen“. AWMF Register-Nr. 161/001 – Endfassung
- Benker, B., Warnecke, R. (2004). Deposition und Permeation [online]. Internet: <https://www.gks-sw.de/images/pdf2004/03-VDI-WF-04-DepositionPermeation%20-%20Benker%20-%20Manu.pdf> [Zugriff: 10.11.2020]
- Biostoffverordnung. Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit Biologischen Arbeitsstoffen (BioStoffV) vom 15.07.2013 (BGBl. I S. 2514), die zuletzt durch Artikel 146 des Gesetzes vom 29.03.2017 (BGBl. I S. 626) geändert worden ist
- DIN 4108-7:2011-01 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden – Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele
- DIN 4108-11:2018-11 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 11: Mindestanforderungen an die Dauerhaftigkeit von Klebeverbindungen mit Klebebändern und Klebmassen zur Herstellung von luftdichten Schichten
- DIN 18534-1:2017-07 Abdichtung von Innenräumen – Teil 1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze
- DIN 18534-2:2017-07 Abdichtung von Innenräumen – Teil 2: Abdichtung mit bahnenförmigen Abdichtungsmitteln
- DIN 18560-2:2009-09 Estriche im Bauwesen – Teil 2: Estriche und Heizestriche auf Dämmschichten (schwimmende Estriche)
- DIN EN ISO 16000-7:2007-11 Innenraumluftverunreinigungen – Teil 7: Probenahme-strategie zur Bestimmung luftgetragener Asbestfaserkonzentrationen
- DIN ISO 16000-18:2012-01 Innenraumluftverunreinigungen – Teil 18: Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen – Probenahme durch Impaktion
- DIN ISO 16000-20:2015-11 Innenraumluftverunreinigungen – Teil 20: Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen – Bestimmung der Gesamtsporenanzahl
- DIN ISO 16000-21:2014-05 Innenraumluftverunreinigungen – Teil 21: Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen – Probenahme von Materialien
- EMW filtertechnik (2020). Theorie der Partikelfiltration [online]. Diez: EMW filtertechnik GmbH. Internet: <https://www.emw.de/de/filter-campus/allgemein.html> [Zugriff: 10.11.2020]
- Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (2020). Permeationsanalytik [online]. Freising: Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung. Internet: <https://www.ivv.fraunhofer.de/de/verpackung/permeationsanalytik.html> [Zugriff: 10.11.2020]
- Gebauer, R. (2020). Schimmelvermeidung in Schwimmenden Estrichen: Sind schwimmende Estrichaufbauten noch zeitgemäß? deutsche bauzeitung 03, 2020
- Hanika, M. (2003). Zur Permeation durch aluminiumbedampfte Polypropylen- und Polyethylenterephthalatfolien, Dissertation am Lehrstuhl für Feststoff und Grenzflächenverfahrenstechnik 2003, Technische Universität München [online]. Internet: <https://mediatum.ub.tum.de/doc/601903/601903.pdf> [Zugriff: 10.11.2020]
- Haun, P. (2020). Kritische Auseinandersetzung mit den Abschottungs-Fallbeispielen des Forschungsprojektes der AIBau gGmbH. In: Tagungsband zur 24. Pilztagung 2020 – Gemeinsame Fachtagung für biogene Schadstoffe, veranstaltet vom Berufsverband Deutscher Baubiologen VDB e. V. und dem Bundesverband Schimmelpilzsanierung BSS e. V. Jesteburg: Berufsverband Deutscher Baubiologen e. V.
- Hinds, W. C. (1999). Aerosol Technology: Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particles. New Jersey, USA: Wiley
- Holbach Umweltanalytik (2018). Probenahmesystem MBASS30V3. Datenblatt [online]. Wadern: Umweltanalytik Holbach GmbH. Internet: https://www.holbach.biz/upload/mbass30v3datenblatt_de.pdf [Zugriff: 10.11.2020]
- Institut für Schädlingskunde (2020). Staubläuse – Psocoptera [online]. Reinheim: Dr. Felke – Institut für Schädlingskunde. Internet: <https://schaedlingskunde.de/schaedlinge/steckbriefe/laeuse/staublaeuse-psocoptera/staublaeuse-psocoptera/> [Zugriff: 10.11.2020]
- Kanchongkittiphon, W. et al. (2015). Indoor Environmental Exposures and Exacerbation of Asthma: An update to the 2000 Review by the Institute of Medicine. Env. Health Perspect. 123, 2015, S. 6–20
- Leicht, K., Moriske, H.-J. (2019). Anwendung der Nutzungsklassen aus dem UBA-Schimmelleitfaden von 2017. Der Sachverständige 11, 2019
- Lohmeyer, G. (1995). Praktische Bauphysik. Stuttgart: Teubner
- Pavidensa (2014). Empfehlung PAV-E 20:2014. Der Randstreifen. Ein wichtiges Bauteil! Bern: Pavidensa [online]. Internet: https://pavidensa.ch/fileadmin/user_upload/pavidensa/public/downloads/de/empfehlungen/estriche/PAV-E_20-2014_Randstreifen_bei_Estrichen.pdf [Zugriff: 10.11.2020]

- Rack, G. (1963). Kleemannia (Acarina, Ameroseiidae), ein neuer Wohnungslästling. Ent. Mitt. Zool. Staatsinst. Zool. Mus. Hamburg 2 (44), 1963, S. 407–413
- Rack, G. (1969). Massenvorkommen von Neoseiulus barkeri Hughes, 1948 (Acarina, Phytoseiidae) und sechs weiterer Milbenarten in einem Neubau. Anz. Schädling. 43, 1969, S. 184–186
- Rack, G. (1971). Milben in Neubauten. Prakt. Schädling. 23 (11), 1971, S. 149–152
- Rack, G. (1972). Weitere Beobachtungen über Milben in Neubauten mit Beschreibung einer neuen Art, Ameroseius pseudoplumosus sp. n. (Acarina, Mesostigmata). Ent. Mitt. Zool. Mus. Hamburg 4 (77), 1972
- Scholl, W., Kraiß, S. (1995). IBP-Mitteilung 282: Wie Holzbalkendecken schwingen. Stuttgart: Fraunhofer-Institut für Bauphysik
- Thumulla, J., Kroczeck, C. (2020). Sanierung von Schimmelschäden durch Abschottung – Luft- und Partikeldichtheit von Bauteilen. In: Tagungsband der 24. VDB Schimmelpilztagung 2020. Jesteburg: Berufsverband Deutscher Baubiologen e. V.
- Tielke, B. (2014). Desinfektion bei Schimmelpilzbefall und die nicht haltbaren Argumente der Desinfektionsgegner. Der Bausachverständige 1, 2014
- Umweltbundesamt (2017). Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelfall in Gebäuden. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt
- VDI 4300 Blatt 2:1997-12. Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Meßstrategie für polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH), polychlorierte Dibenzo-p-dioxine (PCDD), polychlorierte Dibenzofurane (PCDF) und polychlorierte Biphenyle (PCB). Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure
- VDI 4300 Blatt 4:1997-08. Messen von Innenraumluftverunreinigungen – Meßstrategie für Pentachlorphenol (PCP) und γ -Hexachlorcyclohexan (Lindan) in der Innenraumluft. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure
- Warscheid, T. (2018). 2. Podiumsdiskussion am 17.04.2018, Aachener Bausachverständigentage 2018. Aachen: Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik
- Warscheid, T. (2019). Schimmel ohne Auswirkungen in Innenräumen kann bleiben, Aachener Bausachverständigentage 2019. Aachen: Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik
- WHO Regional Office for Europe (2009). WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould. Genf: World Health Organization
- Wikipedia (2020). Baustoff. Internet: <https://de.wikipedia.org/wiki/Baustoff> [Zugriff: 10.11.2020]
- Wikipedia (2020). Düsenströmung. Internet: <https://de.wikipedia.org/wiki/D%C3%BCsenstr%C3%B6mung> [Zugriff: 10.11.2020]
- WISSEN Wiki (2019). Wasserdampfdurchlässigkeit. Internet: <https://wissenwiki.de/Wasserdampfdurchl%C3%A4ssigkeit> [Zugriff: 10.11.2020]
- Zöller, M. et al. (2019a). Schotten dicht – das reicht! B+B Bauen im Bestand 2, 2019
- Zöller, M. et al. (2019b). Antwort der Autoren auf den Leserbrief „Schotten dicht das reicht nicht“ des Bundesverband Schimmelpilzsanierung BSS e.V. B+B Bauen im Bestand 6, 2019, S. 19
- Zöller, M. et al. (2020a). Schotten dicht – das reicht! deutsche bauzeitung 06, 2020
- Zöller, M. et al. (2020b). Und sie funktionieren doch. B+B Bauen im Bestand 4, 2020