

ENTWURF ZUR ÖFFENTLICHEN DISKUSSION

08. Juli 2013

HANDLUNGSEMPFEHLUNG zur Beurteilung von Feuchteschäden in Fußböden

Diese Empfehlung richtet sich an Sachverständige für Schimmelpilze, Bausachverständige, (Versicherungssachverständige) und andere Fachleute, die in ihrer täglichen Praxis vor der Entscheidung stehen, ob ein Fußboden aufgrund eines Feuchteschadens aus hygienischer Sicht ausgebaut werden muss. Sie gibt auch Verbraucherzentralen und zuständigen Behörden vor Ort wichtige Informationen für die Beratungstätigkeit und enthält nützliche Hinweise für Auftraggeber und Betroffene, um gutachterliche Empfehlungen kontrollierbar und nachvollziehbar zu machen. Sie ersetzt nicht die Verantwortung der jeweiligen gutachterlichen Entscheidung im Einzelfall.

Die Empfehlung gilt für dauerhaft genutzte Räume gemäß VDI 6022 Blatt 3 (Nutzung regelmäßig länger als zwei Stunden am Tag oder mehr als 30 [± volle]¹ Tage im Jahr). Für nicht dauerhaft genutzte Räume muss der Sachverständige unter Berücksichtigung der Gegebenheiten vor Ort entscheiden, ob auch andere Beurteilungsmaßstäbe zielführend sein können.

1 EINLEITUNG

Feuchteschäden und mikrobielles Wachstum in Innenräumen können gesundheitliche Auswirkungen auf die Bewohner haben. In den Schimmelpilzleitfäden des Umweltbundesamtes wird daher vorsorglich empfohlen, bei der Sanierung von Feuchteschäden, Material mit mikrobiellem Wachstum zu entfernen, um eine Exposition der Raumnutzer zu vermeiden (Leitfäden Umweltbundesamt, 2002, 2005). Grundsätzlich unerlässlich für den langfristigen Erfolg einer Sanierung ist es, die Ursachen des Feuchteschadens zu beseitigen.

Schwierig wird die Bewertung von Feuchteschäden, wenn Materialien innerhalb der Baukonstruktion feucht geworden sind und beurteilt werden muss, ob ein Rückbau erforderlich ist. Für die Bewertung spielen dann nicht nur hygienisch-mikrobiologische sondern auch bauphysikalische Aspekte eine Rolle. So verlieren manche Dämmmaterialien bei Durchfeuchtung und anschließender Trocknung ihre spezifischen Eigenschaften (z. B. Wärmedämmung, Schalldämmung) und müssen daher unabhängig vom mikrobiellen Wachstum bei Feuchteschäden ersetzt werden (siehe Kapitel 2).

Fußbodenkonstruktionen sind besonders häufig von Feuchteschäden betroffen. Gleichzeitig bedeutet ein Rückbau von Materialien in der Fußbodenkonstruktion einen weitgehenden Eingriff, der finanziell aufwändig ist und die Raumnutzer vor große logistische Probleme stellt. Die Entscheidung zum Rückbau hat also weit reichende Konsequenzen und sollte daher auf

¹ Ergänzung IRK

nachvollziehbaren Kriterien beruhen. Die Kriterien sollen dabei insbesondere den Schutz der Raumnutzer berücksichtigen, aber auch übertriebene Bewertungen und unnötige Rückbaumaßnahmen vermeiden. Die Empfehlungen in den Schimmelpilzleitfäden hinsichtlich Dämmmaterialien konnten auf Basis des damaligen Kenntnisstandes nicht so detailliert ausgearbeitet werden, um in der Praxis ein einheitliches Vorgehen zu sichern.

Von der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes UBA wurde eine erweiterte Hilfestellung erarbeitet, wie Fußböden mit Feuchteschäden beurteilt werden können. Dabei wurden Erfahrungen aus der Praxis berücksichtigt, die es ermöglichen, in vielen Fällen eine schnelle Beurteilung ohne aufwändige Untersuchungen herbeizuführen. So zeigte sich, dass in bestimmten Fällen eine Entscheidung, ob feucht gewordenes Material ausgebaut werden muss ohne mikrobiologische Analysen, getroffen werden kann. Diese Fälle wurden in einer ersten Bewertungsstufe anhand von vier Szenarien zusammengefasst (siehe Kapitel 2).

In allen anderen Fällen muss eine mikrobiologische Materialanalyse erfolgen deren Ergebnisse zusammen mit weiteren Aspekten in einer zweiten Bewertungsstufe zur Beurteilung herangezogen werden (siehe Kapitel 3). Die Auswahl und Gewichtung der einzelnen Aspekte entspricht der Erfahrung aus der Praxis.

Zur Beurteilung der mikrobiologischen Ergebnisse ist eine fachgerechte Probenahme (siehe Kapitel 4) und eine standardisierte Aufarbeitung der Proben (siehe Kapitel 5) erforderlich.

Die beiden Bewertungsstufen bilden eine Einheit. Die Bewertungsstufe 2 darf nicht ohne die Bewertungsstufe 1 verwendet werden. Zunächst wird durch Beantwortung der Fragen in der ersten Bewertungsstufe der Feuchteschaden eindeutigen, gut erfassbaren Szenarien zugeordnet. Damit erfolgt eine schnelle Entscheidung, ob weitere Maßnahmen wie z. B. technische Trocknung oder Laboranalytik sinnvoll und notwendig sind. Nur wenn keines dieser Szenarien zutrifft, erfolgt in der zweiten Bewertungsstufe eine Beurteilung aufgrund mikrobiologischer Untersuchungsergebnisse und weiterer Aspekte.

Die Beurteilung erfordert sehr viel Sachverstand und sollte nur von erfahrenen Sachverständigen durchgeführt werden, da sonst grobe Fehleinschätzungen in die eine oder andere Richtung möglich sind. Ziel ist es mit diesem Schema eine einheitliche Beurteilung typischer Schadensfälle zu erreichen. Es wird aber in der Praxis Einzelfälle geben, die nicht mit diesem Schema abgedeckt werden können. Unbedingte Voraussetzung ist daher auf allen Stufen die Erfahrung hinsichtlich Schimmelpilzsanierung von entsprechend geschulten Fachleuten.

Abweichungen von den Empfehlungen sollten begründet werden.

Die vorliegende Bewertungshilfe ist eine Empfehlung, die im Rahmen einer Validierungsphase aktualisiert und fortgeschrieben werden muss.

Die einzelnen Bewertungsschritte sind in einem Fließschema im Anhang nochmals kurz zusammengefasst.

2 BEWERTUNGSSTUFE 1

Die Bewertungsstufe 1 im Rahmen der Beurteilung von Materialien in Fußböden bei Feuchteschäden beinhaltet sowohl mikrobiologische als auch technische Ausschlusskriterien, bei denen aufgrund der Eindeutigkeit des Schadens eine detaillierte gutachterliche Bearbeitung des jeweiligen Schadensfalles und eine mikrobiologische Analyse nicht notwendig sind. In der Bewertungsstufe 1 werden aus der Erfahrung in der Praxis vier eindeutige

Szenarien beschrieben, bei denen schnell entschieden werden kann, ob ein Rückbau des Fußbodens nach einem Feuchteschaden notwendig ist oder nicht.

a) Szenario: Rückbau nicht erforderlich durch schnelle Trocknung

Ein Rückbau von feuchtebelasteten Baustoffen in Estrichaufbauten ist in der Regel nicht notwendig, wenn es sich um ein aktuelles, einmaliges, kurzzeitiges Ereignis ohne Vorschaden mit nicht fäkalhaltigem Wasser handelt und die betreffenden Baustoffe aufgrund ihrer mineralischen oder dichten Struktur mikrobiell gering anfällig sind und eine ausreichende Trocknung innerhalb von ca. 3 Wochen sichergestellt werden kann. Ein signifikantes mikrobielles Wachstum auf dem Baumaterial ist bei diesem Szenario nicht zu erwarten, so dass kein hygienisches Risiko besteht. In diesen Fällen ist eine mikrobiologische Untersuchung nicht erforderlich, kann jedoch aus juristischen Gründen sinnvoll sein.

b) Szenario: Rückbau aus technischen Gründen erforderlich

Der Rückbau eines Estrichs ist dann zu empfehlen, wenn eine Trocknung aus technischen Gründen nicht möglich oder aus ökonomischen Erwägungen nicht vertretbar ist. Dies trifft insbesondere auf Materialien zu, die durch die Feuchteeinwirkung und/oder beim Trocknen ihre spezifischen Eigenschaften verlieren wie z. B. Zellulosefasern oder (gealterte) künstliche Mineralfaser (Materialintegrität nach Sichtprobe beurteilen) sowie Materialien, die in dünnen Schichten nur langsam und damit kostenaufwändig und in dicken Schichten meist gar nicht getrocknet werden können wie z. B. Sand, Lehm oder Perlite.

Bei diesen Materialien ist also nicht die mikrobielle Besiedlung ausschlaggebend für die Entscheidung zum Rückbau sondern es sprechen technische Gründe gegen eine sinnvolle Trocknung und Weiternutzung. Daher ist eine mikrobiologische Untersuchung für dieses Szenario nicht notwendig.

Der Austausch eines Estrichs ist dann zu empfehlen, wenn eine Trocknung aus technischen Gründen nicht möglich oder aus ökonomischen Erwägungen nicht vertretbar ist.

Ersteres trifft insbesondere auf Materialien zu, die durch die Feuchteeinwirkung und/oder beim Trocknen ihre spezifischen Eigenschaften verlieren wie z. B. Zellulosefasern oder künstliche Mineralfaser (Materialintegrität nach Sichtprobe beurteilen). Ökonomischer kann der Austausch bei Materialien sein, die bei dünnen Schichten nur langsam und bei dicken Schichten sehr langsam und damit kostenaufwändig getrocknet werden können wie z. B. Sand, Lehm oder Perlite.

Bei Verbundestrich ist zu unterscheiden, ob eine Trennlage zwischen Estrich und Beton vorhanden ist, welche mikrobiell besiedelt ist oder werden kann, oder nicht.

Da kein Hohlraum vorhanden ist, kann eine technische Trocknung im Unterdruckverfahren nicht durchgeführt werden. Soweit Trennlagen (Pappe, Ölpapier etc.) vorhanden sind, ist der Rückbau zu empfehlen, da diese häufig mikrobiell besiedelt sind. Selbst wenn zum Zeitpunkt der Untersuchung die Trennlage nicht relevant mikrobiell besiedelt ist, ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass sich aufgrund der langen Trocknungszeiten von einigen Wochen eine Besiedlung entwickelt.

Ist ein Verbundestrich ohne Trennlage nur wenig durchfeuchtet (Messung mit der Sonde ergibt relative Feuchtigkeitswerte unter 100%), kann man eine technische Trocknung durchführen, in dem man die Bodenbeläge entfernt und den freigelegten Estrich mit technisch getrockneter

Raumluft anspült. Bei nassem Verbundestrich ohne Trennlage ist die technische Trocknung meist nicht wirtschaftlich und es wird der Rückbau empfohlen.

Bei Verbundestrich mit im Mörtelbett verlegten Fliesen, ist der Rückbau der Fliesen ohne Entfernen des Estrichs technisch nicht sinnvoll, da der Estrich hierbei beschädigt wird und ausgebessert werden muss. Deshalb ist der Rückbau des Estrichs in der Regel wirtschaftlicher.

- c) Szenario: Rückbau aus hygienischen Gründen aufgrund mikrobiellen Wachstums erforderlich

Ein Rückbau der Fußbodenkonstruktion ist dann zu empfehlen, wenn sich eine Trocknung über einen längeren Zeitraum von über drei Monaten ab Schadensbeginn hinziehen würde bzw. hingezogen hat oder der Feuchteschaden über längere Zeiträume immer wieder aufgetreten ist (mehrmalige Feuchteereignisse) und jeweils organische Baustoffe vorliegen, die leicht von Mikroorganismen besiedelt werden können und zu einem massiven Wachstum führen können. In diesem Szenario ist eine mikrobielle Besiedlung des Fußbodenaufbaus sehr wahrscheinlich. Auch hier sind mikrobiologische Untersuchungen nicht erforderlich, können jedoch im individuellen Bedarfsfalle für eine letztgültige Entscheidung oder aus juristischen Gründen in Erwägung gezogen werden. So kann der Auftraggeber, nachdem dieser über die genannten fachlichen Aspekte informiert wurde, entscheiden, ob mikrobiologische Untersuchungen durchgeführt werden sollen.

- d) Szenario: Rückbau aus hygienischen Gründen aufgrund von Geruchsbildung erforderlich

Der Rückbau aus hygienischen Gründen eines Fußbodenaufbaus ist dann zu empfehlen, wenn sich eine auffällige Geruchsbildung einstellt und der Sachverständigen diese begründbar dem Feuchteschaden zuordnen kann. Dies kann durch Zersetzungsprozesse in feuchten Materialien oder durch den Eintrag von verunreinigtem Wasser verursacht werden. Eine Untersuchung auf mikrobielle Belastungen (u. a. etwaige Fäkalkeime bei Feuchteschäden mit fäkal belastetem Wasser) ist dabei nicht erforderlich, da nicht die vermeintliche Infektionsgefahr sondern die Geruchsbelastung sowie der Eintrag von Nährstoffen und Biomasse hier entscheidend für die Empfehlung zum Rückbau aus hygienischen Gründen ist. Geruchsbelastungen können auch noch nach einer Sanierung mit Desinfektion aber ohne Beseitigung der betroffenen Materialien auftreten. Geruchsbinder stellen keine nachhaltige Lösung dar. Weitere Empfehlungen zu Abwasserschäden finden sich im VDB Informationsblatt (VDB, 2010).

In allen anderen Schadensfällen in denen z. B. die Art und Dauer der Durchfeuchtung nicht den genannten Szenarien entsprechen, sind mikrobiologische Untersuchungen und eine weitere gutachterliche Beurteilung entsprechend der Bewertungsstufe 2 (siehe Kapitel 3) durchzuführen.

3 BEWERTUNGSSTUFE 2

Wenn keines der vier Szenarien zutrifft, wird eine mikrobiologische Untersuchung (Kriterium I) empfohlen. Zusätzlich sollten weitere Aspekte (Kriterien II-VII, siehe 3.1) einbezogen werden, um eine Entscheidung über notwendige Maßnahmen treffen zu können.

Als Basiskriterien werden zunächst die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen und die Durchlässigkeit des Fußbodens herangezogen. Zusätzlich zu berücksichtigende Kriterien sind die Art der Materialien im Estrich (III), die Art der Trittschalldämmung (IV), das Alter des Schadens (V), die Art des Feuchteschadens (VI) und die Ergebnisse der Feuchtemessungen (VII).

Im Fließschema im Anhang werden alle Entscheidungswege zusammengefasst dargestellt.

3.1 Erläuterung der Kriterien

Im Folgenden werden die Basiskriterien I und II sowie die zusätzlich zu berücksichtigenden Kriterien III-VII näher erläutert:

I. Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen

Die Materialproben für die mikrobiologische Untersuchung müssen unter Beachtung der Probenahmeanleitung (siehe Kapitel 4) genommen und nach einer einheitlichen Methode (siehe Kapitel 5) im Labor aufgearbeitet werden, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu ermöglichen.

Das Vorkommen von Schimmelpilzarten oder -gattungen, die typisch für Feuchteschäden sind (Feuchteindikatoren), ist neben der Konzentration ein wichtiger Hinweis auf eine Besiedlung des Materials.

Bisher liegen nur für kultivierbare Schimmelpilze für einzelne Materialien ausreichend Daten vor, um überblicksmäßige Konzentrationsbereiche für die Kategorien angeben zu können (siehe Kapitel 5.2).

Unabhängig von der Kultivierung, liefert die Mikroskopie zur Beurteilung der Probe wichtige Hinweise. Werden in der Mikroskopie nur Sporen und kein Myzel oder Sporenträger festgestellt, handelt es sich wahrscheinlich um eine Kontamination des Materials ohne dass die Schimmelpilze auf dem Material gewachsen sind. Wird dagegen viel Myzel mit Sporenträgern nachgewiesen, hat ein Wachstum im Material stattgefunden (siehe Kapitel 5).

Ist der Fußbodenaufbau sehr stark durchnässt, haben Bakterien einen Wachstumsvorteil gegenüber Schimmelpilzen. Ergänzende Messungen (z. B. Auswertung der Bakterienkonzentration und Zusammensetzung, Gesamtzellzahl, ATP) können hier zusätzliche Informationen liefern. Diese Methoden sind aber noch nicht standardisiert und allgemein validiert. Sie müssen daher von dem durchführenden Labor selbst validiert werden. In den Prüfberichten sollten Informationen zur Validierung angegeben werden.

Für Bakterien können noch keine allgemein gültigen Konzentrationen für die einzelnen Kategorien angegeben werden (siehe Kapitel 5.2).

Ein Nachweis für eine eindeutige Besiedlung mit Mikroorganismen liegt bei einer Materialprobe (Polystyrol, Mineralfaser) vor, wenn:

- eine Schimmelpilzkonzentration (insbesondere von Feuchteindikatoren) über 10^5 KBE/g nachweisbar ist und/oder
- mikroskopisch ein eindeutiges Wachstum mit Bakterien oder Schimmelpilzen (mit viel Myzel, Sporenträgern und vielen dazugehörenden Sporen) erkennbar ist.

Ein Nachweis für eine geringe Besiedlung mit Mikroorganismen liegt bei einer Materialprobe (Polystyrol, Mineralfaser) vor, wenn:

- eine Schimmelpilzkonzentration zwischen 10^4 KBE/g und 10^5 KBE/g nachweisbar ist und/oder

- mikroskopisch vereinzelt Bakterien oder Schimmelpilze (mit wenig Myzel und wenig Sporen) erkennbar sind.

Kein Nachweis für eine Besiedlung mit Mikroorganismen liegt bei einer Materialprobe (Polystyrol, Mineralfaser) vor, wenn:

- eine Schimmelpilzkonzentration unterhalb von 10^4 KBE/g nachweisbar ist und
- mikroskopisch keine Bakterien oder Schimmelpilze (mit vereinzelter/ keinem Myzel und vereinzelter Sporen) erkennbar sind.

Sind – auch in hoher Konzentration - nur Sporen ohne Myzel und Sporenträger vorhanden, handelt es sich ebenfalls nicht um eine Besiedlung sondern um eine Kontamination des Materials aus einem angrenzenden Schimmelpilzschaden oder aus der Luft.

Wenn bei mehreren, aus dem Schadensbereich entnommenen Proben (siehe auch Kapitel 4, Probenahme) unterschiedliche Ergebnisse für die Besiedlung mit Schimmelpilzen oder Bakterien erhalten werden, muss geprüft werden, ob der Schadensbereich richtig eingeschätzt wurde oder ob es Ursachen für ein nicht gleichartiges Wachstum im Schadensbereich gibt und z.B. unterschiedliche Feuchtegehalte im Material vorliegen. Für die endgültige Beurteilung muss diese Unsicherheit berücksichtigt werden. Ggf. müssen weitere Proben analysiert werden.

Zusätzlich muss beachtet werden, dass über offene Randfugen Schimmelpilze von einem Schimmelschaden an der Wand oder über Hausstaub in die Bodenkonstruktion eingetragen werden können und dort in oberen Schichten am Rand ein Schimmelpilzwachstum in der Fußbodenkonstruktion vortäuschen können.

Die quantitativen Auswertungen bei Materialanalysen sind mit einer hohen Unsicherheit behaftet (siehe auch Kapitel 5). In Ringversuchen wurde für die Gesamtkonzentration kultivierbarer Schimmelpilze eine Standardabweichung von 30 %-50 % festgestellt. Die Zahlenangaben sind daher als Größenordnungen und nicht als Grenzwerte zu verstehen. So liegt beispielsweise eine Probe mit einer Schimmelpilzkonzentration von $7,8 \times 10^4$ KBE/g in der gleichen Größenordnung wie eine Probe mit $1,2 \times 10^5$ KBE/g.

II. Durchlässigkeit der Bodenbeläge und Randanschlüsse und daraus resultierendes Expositionsrisiko

Findet ein Feuchtigkeitseintrag und Schimmelpilzwachstum in der Trittschalldämmung im Fußbodenaufbau statt, beeinflusst die Dichtigkeit des Bodenbelags das Expositionsrisiko über die Raumluft.

Die Durchlässigkeit wird als **hoch** eingestuft bei Holzfußböden (z. B. Dielenböden, Parkettböden) bei denen durch das Fugenbild ggf. biogene Partikel wie Schimmelpilzsporen aus der Bodenkonstruktion in die Raumluft gelangen können. Teppichböden auf solchen Böden lassen in der Regel bei einem diffusionsoffenen Trägermaterial Gerüche und je nach Engmaschigkeit auch Partikel in die Raumluft übergehen.

Eine **mittlere** Durchlässigkeit wird angenommen bei undurchlässigen Bodenbelägen mit dichten Fugen, wie elastischen Oberböden oder Fliesen, die aber keine fachgerecht dichten Randanschlüsse angebracht haben. An den Randanschlüssen besteht das Risiko, dass es zu Einträgen aus der Fußbodenkonstruktion in die Raumluft kommen kann.

Eine **geringe** Durchlässigkeit wird angenommen bei undurchlässigen Bodenbelägen wie Fliesen und elastischen Oberböden (z. B. PVC, Linoleum) mit dichten Fugen und dichten Randanschlüssen. Es ist davon auszugehen, dass Partikel wie z.B. Schimmelpilzsporen, aber auch Gerüche deutlich schlechter in die Raumluft gelangen können.

III. Material im Estrich

Die Anfälligkeit der Materialien im Fußbodenaufbau für Feuchte und mikrobielle Besiedlung ist ein weiteres wichtiges Bewertungskriterium. Die aufgeführten Materialien sind dabei nur Beispiele, um die genannten Kategorien zu verdeutlichen und schließen andere Materialien nicht aus. Auch kann es innerhalb einer Materialart mehr oder weniger anfällige Baumaterialien geben. So sind z. B. ungepresste, nicht behandelte Weichholzfaserplatten sehr leicht besiedelbar während gepresste und bituminierte Weichholzfaserplatten deutlich schlechter besiedelt werden.

Bei starker Verschmutzung mit Haus- oder Baustaub können auch Materialien die nur geringe Mengen an oder keine Nährstoffe enthalten, bei Feuchtigkeit relativ schnell besiedelt werden.

● **Leicht zu besiedelnde Materialien:** Trockenbauelemente wie Gipskarton, Gipsfaserplatte, Weichholzfaserplatten, Weichfasermatten und ähnliches. Diese Materialien zeichnen sich dadurch aus, dass Feuchtigkeit gut aufgenommen wird und ein Schimmelpilzwachstum innerhalb kürzester Zeit stattfinden kann.

◐ **Weniger gut zu besiedelnde Materialien:** Dazu zählen viele Holzwerkstoffe, Spanplatten, OSB-Platten und ähnliches. Im Vergleich zu Gipskarton oder ähnlichen Trockenbauelementen ist diese Untergruppe etwas weniger gut zu besiedeln. Je nach Art des Holzwerkstoffes, der Menge des Wassers und der Einwirkzeit kann eine Besiedlung mit Mikroorganismen trotzdem noch verhältnismäßig schnell erfolgen.

○ **Schwer zu besiedelnde Materialien:** Dieses Material zeichnet sich dadurch aus, dass ein hoher Anteil an anorganischen Materialien verwendet wird. In der Praxis hat sich gezeigt, dass Baustoffe wie Gussasphalt, Zementestrich, Anhydrit- oder Calciumsulfat-Estrich eher schlecht besiedelt werden, bzw. dass die Mikroorganismen einen deutlich längeren Zeitraum für eine Besiedlung benötigen. Trockenbauelemente sind in dieser Bewertungskategorie ausgeschlossen.

IV. Art der Trittschall- und Wärmedämmung

In der Regel findet sich das eingetragene Wasser zwischen Oberkante der Rohbetondecke bzw. Bodenplatte und der Trittschall- und Wärmedämmung. Die Trittschall- und Wärmedämmung ist damit das Material, welches durch den Feuchtigkeitseintrag am ehesten gefährdet wird. Je nach Anfälligkeit dieser Materialien gegenüber Feuchtigkeit findet schnell oder eher weniger schnell eine mikrobielle Besiedlung statt.

● **Leicht zu besiedelnde Materialien:** Dazu zählen Baustoffe wie Kokosdämmplatten, Sisalkonstruktionen, Zellulose u. ä. Dieses Material nimmt viel Feuchtigkeit auf. Durch die Zusammensetzung besteht die Gefahr eines schnellen Schimmelpilzwachstums.

Einige dieser Materialien sind bereits in der Bewertungsstufe 1 mit erfasst, da sie technisch schwer zu trocknen sind. Sie werden hier trotzdem erneut aufgeführt, da es in

der Praxis vorkommt, dass solche Materialien trotzdem getrocknet werden sollen (z.B. aus Denkmalschutzgründen).

In einigen älteren Fußbodenkonstruktionen befinden sich zwischen Rohbetondecke bzw. Bodenplatte und Estrich Trennlagen aus Pappe, Papier oder getränktem Ölpapier sowohl in Estrichaufbauten mit als auch ohne Dämmung. Diese „zellulosehaltigen“ Trennlagen sind bei Feuchteschäden sehr anfällig für mikrobielles Wachstum.

● **Weniger gut zu besiedelnde Materialien:** Dazu zählen Dämmstoffe wie künstliche Mineralfasern, Polyurethan, XPS (Extrudierter Polystyrol-Hartschaum), EPS (Expandierter Polystyrol-Hartschaum) u. ä. Diese Materialien nehmen Feuchtigkeit vergleichsweise schlechter auf. Auch zeigt die Praxis, dass diese Materialien viel schlechter mit Schimmelpilzen bewachsen werden können, als z. B. die Materialien aus der Gruppe „leicht zu besiedelndes Material“. Mit einem relevanten Schimmelpilzwachstum in solch einer Trittschalldämmung ist erst nach > 3 Monaten zu rechnen.

○ **Kein Trittschall:** Es sind keine zusätzlichen Nährstoffe für Schimmelpilze vorhanden. Die Trocknung ist aber in diesem Fall erschwert.

V. Nährstoffeintrag

Um die Sanierungsdringlichkeit zu beurteilen, ist es notwendig die Schadensursachen festzuhalten. Dabei wird insbesondere die Qualität des beteiligten Wassers berücksichtigt. Größere Schäden mit Abwasser in der Baukonstruktion werden bereits in der Bewertungsstufe 1 abgehandelt (4. Szenario) und sind daher nachfolgend nicht mehr berücksichtigt.

● **Hoher Nährstoffeintrag durch Regen- oder Grauwasser:** Diese Art von Einträgen zeigt eine hohe mikrobielle Verschmutzung und zusätzlich kann durch die eingetragenen Nährstoffe ein mikrobielles Wachstum begünstigt werden.

○ **Geringer Nährstoffeintrag durch Trinkwasser- oder Grundwasserschäden:** Solche Schäden gehen in der Regel mit höheren Wassermengen einher. Ursachen für diese Wasserschäden können u. a. undichte wasserführende Leitungen oder Abdichtungsmängel sein. Das Wasser ist aber mikrobiologisch nicht besonders stark kontaminiert. Auch bei bauphysikalischen Ursachen ist das Wasser in der Regel nicht mikrobiologisch kontaminiert. Bei Kondensation im Baumaterial ist der Eintrag von Feuchte meist eher zeitweise und in der Regel niedriger als bei den o. g. Eintragspfaden.

VI. Schadensalter

Je länger ein Schaden nicht entdeckt bzw. nicht getrocknet wird und je häufiger ein Feuchteschaden eintritt (mehrmaliges Ereignis), desto höher ist das Risiko eines mikrobiellen Wachstums. Die in den beiden Kategorien gewählten 3 Monate als Unterscheidungsmerkmal sind nicht als absolute Grenze zu verstehen sondern stellen nur eine Größenordnung für die Abschätzung des Schadensalters dar. In vielen Fällen ist das Alter des Schadens nicht genau bekannt, so dass eine weitere Unterteilung nicht als sinnvoll angesehen wird.

● **Älter als 3 Monate oder mehrmaliges Ereignis:** Die Wahrscheinlichkeit, dass sich unabhängig vom Baumaterial (dieser Faktor wird bereits in den Bewertungskriterien III und IV berücksichtigt) Schimmelpilzwachstum gebildet hat, wird höher eingestuft als bei kürzeren oder einmaligen Ereignissen.

○ **Einmaliges Schadensereignis und max. 3 Monate alt:** Unabhängig vom Baumaterial, (dieser Faktor wird bereits in den Bewertungskriterien III und IV berücksichtigt), liegen bei dieser Schadensart im Fußbodenaufbau nicht unbedingt optimale Verhältnisse für ein Schimmelpilzwachstum vor. Aus diesem Grund wird ein Schadensalter unterhalb von 3 Monaten als weniger anfällig für Schimmelpilzwachstum bewertet.

VII. Feuchtigkeit im Fußbodenaufbau

Quantitative Messwerte, die eine Abschätzung erlauben, ob in der Fußbodenkonstruktion Feuchtigkeitswerte vorliegen, die ein mikrobielles Wachstum ermöglichen, erhält man nur mittels Sondenmessung (siehe Kapitel 4.2.4).

Feuchtigkeit ist zwar eine notwendige Voraussetzung damit ein mikrobielles Wachstum stattfinden kann, häufig findet die Beurteilung eines Schadens aber nicht unmittelbar nach dem Schadensereignis statt. Es kann daher vorkommen, dass die Bewertung des Fußbodenaufbaus stattfindet, wenn – z.B. durch eine Trocknung - bereits keine erhöhte Feuchtigkeit mehr vorliegt. In diesem Fall kann kein weiteres mikrobielles Wachstum stattfinden. Trotzdem können aus einer vorhergegangenen Wachstumsphase hohe Konzentrationen an Schimmelpilzen oder Bakterien vorhanden sein. Sind Zeichen ehemaliger Feuchte vorhanden (Wasserflecken, Rostflecken, Salze), ist dies bei der Beurteilung zu berücksichtigen.

● **Stark erhöhte Feuchtigkeit/ Nässe:** Nässe, d.h. flüssiges Wasser ist visuell zu erkennen (ggf. kann man aus den Materialien, z.B. der Trittschalldämmung durch „Drücken“ Wassertröpfchen auspressen) oder hygrothermische Sondenmessungen (oft auch als „Ausgleichsfeuchtemessungen“ bezeichnet) bei Temperaturen von 19 bis 21°C ergeben Feuchtigkeitswerte von 80% oder höher. Mikrobielles Wachstum ist möglich.

◐ **Erhöhte Feuchtigkeit:** Hygrothermische Sondenmessungen (oft auch als „Ausgleichsfeuchtemessungen“ bezeichnet) bei Temperaturen von 19 bis 21°C ergeben Feuchtigkeitswerte zwischen 70 und 80%.

Eine Besiedlung von Baumaterialien ist unwahrscheinlich, soweit die Besiedlung nicht zu einem Zeitpunkt begonnen hat, als die Feuchtigkeit noch höher lag, da die erforderliche Feuchtigkeit für die Keimung höher sein kann als die für das Wachstum.

Allerdings steigt die relative Feuchtigkeit mit Absenken der Temperatur an, so dass sich im Falle einer Auskühlung der Dämmung hohe Werte einstellen können. Ist sichergestellt, dass im Bauteil eine Temperatur von ca. 20°C nicht nennenswert unterschritten wird, sind im Falle, dass noch keine mikrobielle Besiedlung vorliegt, Werte von 70 % bis unter 80% in der Regel nicht kritisch. Besteht aber die Gefahr, dass das Bauteil Temperaturen von unter 18°C und damit höhere Feuchtigkeit aufweist, ist eine mikrobielle Besiedlung auch bei Feuchtwerten von 70% bezogen auf 20°C möglich.

○ **Keine erhöhte Feuchtigkeit:** Hygrothermische Sondenmessungen (oft auch als „Ausgleichsfeuchtemessungen“ bezeichnet) bei Temperaturen von 19 bis 21°C ergeben Feuchtigkeitswerte unter 70%.

Ergänzend kann mit gravimetrischer Messung (sog. Darr-Wäge-Methode) überprüft werden, ob die Materialfeuchte des Estrichs im Bereich der Material-Ausgleichsfeuchtigkeit liegt. Gravimetrische Feuchteanalysen der Dämmmaterialien sind technisch nicht möglich, da auch bei hoher relativer Feuchte nur geringe Wassermengen im Material vorhanden sind und daher sehr große Mengen an Material gewogen werden müssten.

3.2 Beurteilung anhand der Kriterien

In der zweiten Bewertungsstufe werden zunächst als Basiskriterien (siehe 3.1) die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung (I) und die Durchlässigkeit der Fußbodenkonstruktion (II) herangezogen. Bei **eindeutiger Besiedlung** gelangt man ohne Berücksichtigung der Kriterien III-VI bereits zu einem Ergebnis (siehe Fließschema im Anhang):

- Wird eine eindeutige Besiedlung bei einem Fußboden mit hoher oder mittlerer Durchlässigkeit nachgewiesen, wird ein Rückbau aus hygienischen Gründen empfohlen.
- Wird eine eindeutige Besiedlung bei einem Fußboden mit geringer Durchlässigkeit nachgewiesen, wird ebenfalls ein Rückbau empfohlen, obwohl eine Exposition der Raumnutzer nicht gegeben ist. Dadurch soll vermieden werden, dass es bei einer möglichen späteren Öffnung der Fußbodenkonstruktion (z.B. durch einen Handwerker bei Reparatur- oder Erweiterungsbaumaßnahmen) zu einer unerwünschten Exposition kommt.

Alternativ kann eine deutliche Kennzeichnung des Schadens z. B. im Baukataster erfolgen, um ein späteres ungesichertes Öffnen zu vermeiden.

In allen anderen Fällen müssen **weitere fünf Kriterien** (III-VII) zusätzlich beurteilt werden (siehe 3.1 und Fließschema im Anhang), um eine Entscheidung über notwendige Maßnahmen treffen zu können.

Bei der Beurteilung mit Hilfe der zusätzlichen Kriterien III bis VII wird berücksichtigt wie viele Kriterien dafür sprechen, dass ein mikrobielles Wachstum mit Exposition der Raumnutzer vorliegt oder ob aufgrund der Gegebenheiten später mit einem verstärkten mikrobiellen Wachstum gerechnet werden muss. Je mehr Kriterien als kritisch oder weniger kritisch beurteilt werden (siehe Tabelle), desto eher spricht dies für einen Rückbau des Fußbodens. Kriterien, die als weniger kritisch eingestuft werden, sprechen insbesondere bei Vorliegen weiterer ungünstiger Faktoren für einen Rückbau aus hygienischen Gründen. So kann sich eine erhöhte Feuchte im Bauteil bei einem Absenken der Temperatur nochmals erhöhen (siehe VII) und weniger gut zu besiedelnde Materialien können bei längerer Feuchte zu mikrobiellem Wachstum führen (siehe III und IV).

Tabelle 1: Beurteilung der Kriterien III-VII

Kriterium	Beurteilung	
	kritisch ● weniger kritisch ◐	gut ○
III Estrich	leicht zu besiedeln ● weniger gut zu besiedeln ◐	schwer zu besiedeln
IV Trittschall	leicht zu besiedeln ● weniger gut zu besiedeln ◐	kein Trittschall
V Nährstoffeintrag	hoch ●	gering
VI Schadensalter	mehr als 3 Monate oder mehrmaliges Ereignis ●	weniger als drei Monate oder einmaliges Ereignis
VII Feuchte	stark erhöht ● erhöht ◐	nicht erhöht

Bei **geringer Besiedlung** und hoher oder mittlerer Durchlässigkeit des Fußbodens wird bei Vorliegen von mindestens drei kritischen Kriterien ein Rückbau aus hygienischen Gründen empfohlen, da ein weiteres Wachstum der Mikroorganismen wahrscheinlich ist. Beim Vorliegen von vier weniger kritischen Kriterien (oder der Summe aus weniger kritischen und kritischen Kriterien) wird ebenfalls ein Rückbau aus hygienischen Gründen empfohlen.

Bei geringer Durchlässigkeit des Fußbodens wird ebenfalls ein Rückbau aus hygienischen Gründen empfohlen, obwohl eine Exposition der Raumnutzer nicht gegeben ist. Dadurch soll vermieden werden, dass es bei einer möglichen späteren Öffnung der Fußbodenkonstruktion (z.B. durch einen Handwerker bei Reparatur- oder Erweiterungsbaumaßnahmen) zu einer unerwünschten Exposition kommt. Alternativ kann eine deutliche Kennzeichnung des Schadens z. B. im Baukataster erfolgen, um ein späteres ungesichertes Öffnen zu vermeiden. Dies setzt voraus, dass die Undurchlässigkeit des Fußbodens dauerhaft gewährleistet ist.

Liegen weniger oder keine kritischen Kriterien vor, sollte der Sachverständige nach den individuellen Umgebungs- und Expositionsbedingungen mögliche Gefährdungspotentiale für die geforderte Raumlufthygiene abschätzen sowie geeignete Maßnahmen zur Prävention (z.B. Estrichrandreinigung, Abschottung mit Dokumentation) festlegen und begründen. Der Sachverständige bewertet dann nach Sachlage vor Ort und kann auch Risikobereiche hinsichtlich einer Schimmelpilzinfektion wie z. B. Krankenhäuser und sensiblen Bereiche wie z. B. Schulen oder Kindergärten entsprechend würdigen.

Wird **keine Besiedlung** nachgewiesen und es liegen trotzdem mehr als drei dieser kritischen Kriterien (oder in der Summe vier kritische und weniger kritische) vor, sollten weitere

mikrobiologische Untersuchungen erfolgen, da dies kein plausibles Ergebnis ist. Dass kein Wachstum erfolgt ist, wenn für ein Wachstum günstige Bedingungen vorlagen oder vorliegen ist sehr unwahrscheinlich und sollte durch weitere Proben, ggf. durch einen anderen Probenehmer oder ein zweites Untersuchungslabor, bestätigt werden.

Beim Vorliegen weniger oder keiner der kritischen Kriterien kann davon ausgegangen werden, dass trotz eines Schadensereignisses kein eindeutiges, relevantes mikrobielles Wachstum vorliegt und das Material durch Feuchte und mikrobielle Besiedlung nicht weiter gefährdet ist. Obwohl ein Schadensereignis stattgefunden hat, ist nicht davon auszugehen dass relevante Mengen an Schimmelpilzen entstanden sind. Ein Rückbau aus hygienischen Gründen ist daher nicht notwendig.

4 PROBENAHE

4.1 Grundsätzliches

Die Untersuchung mikrobieller Schäden mittels Materialproben kann nicht auf Basis eines starren Schemas erfolgen. Sowohl die Aufgabenstellungen als auch die Schäden selbst können extrem unterschiedlich sein. In den folgenden Empfehlungen werden Hilfestellungen für eine fachgerechte Probenahme zur mikrobiologischen Analyse gegeben und Mindestqualitätsstandards formuliert. Die Empfehlungen stellen aber keine allgemeingültige Bedienungsanleitung dar, sondern müssen je nach Gegebenheiten angepasst werden. Für viele Fragestellungen, wie z. B. die Ursachensuche, sind darüber hinausgehende Untersuchungen erforderlich. Aufgrund der Komplexität der Aufgabenstellung bei der Untersuchung mikrobieller Schäden ist unbedingt die Erfahrung entsprechend qualifizierter und in der Praxis erprobter Fachleute einzubeziehen.

Für Untersuchungen, bei denen Materialproben (siehe 4.3) entnommen werden müssen, gilt der Grundsatz, dass für fachlich fundierte Aussagen in der Regel mehrere Proben entnommen werden müssen.

Mit nur einer einzigen Probe besteht die Gefahr, dass Sanierungsempfehlungen für Flächen abgeleitet werden, oder eine Sanierung für nicht erforderlich gehalten wird, das Ergebnis jedoch nicht repräsentativ ist, sondern den Zustand nur einer sehr kleinen, vom Ausmaß her möglicherweise nicht relevanten Stelle wieder gibt.

Ein weiterer Grundsatz ist, dass bei der Probenahme sorgsam darauf zu achten ist, dass kein verstaubtes oder verschmutztes Material entnommen wird und dass die Entnahme mit gereinigtem, desinfiziertem Werkzeug erfolgt. Bei einer der Probenahme folgenden Analyse mittels Kultivierung von Mikroorganismen kann eine Verunreinigung mit lose an den Oberflächen anhaftenden Sporen ein Wachstum von Schimmelpilzen vortäuschen. Die Folge wäre, dass ein Rückbau aus hygienischen Gründen der Fußbodenkonstruktion empfohlen wird, obwohl z.B. nur eine Verunreinigung der Randfuge durch eine benachbarte, mit Schimmelpilzen bewachsene Wand stattgefunden hat (siehe auch Kapitel 3, Bewertungskriterium VII).

Bei der Probenahme sind auch Maßnahmen zum Umgebungsschutz und zum Arbeitsschutz erforderlich. Beides ist nicht Bestandteil dieser Empfehlung. Zu diesen Themen wird auf die Vorschriften zum Arbeitsschutz und die Empfehlungen der Berufsgenossenschaft (BG Bau 2005) verwiesen.

4.2 Strategie bei der Untersuchung mikrobieller Schäden

In der Regel werden Materialproben entnommen und analysiert, um zwei Fragen zu klären:

- Liegt ein relevanter mikrobieller Befall d. h. relevantes mikrobielles Wachstum im Material vor?
- Wie groß ist das Schadensausmaß?

Um das Ausmaß eines Schadens abzuschätzen, ist eine fachgerechte Probenahme hinsichtlich Probenahmestellen, beprobtem Material und Anzahl der Proben eine grundlegende Voraussetzung. Dabei muss sowohl die Ausdehnung des Schadens in der Fläche als auch in der Tiefe berücksichtigt werden. Außerdem müssen die Schadensart, mit Ursache (siehe Kapitel 4.2.1) und Schadensalter (siehe Kapitel 4.2.2) sowie das betroffene Material (siehe Kapitel 4.2.3) berücksichtigt werden. Bei aktuellen Feuchteschäden, wird das Ausmaß des Schadens über Feuchtemessungen (siehe Kapitel 4.2.2) festgestellt werden. Ist der Schaden bereits länger abgetrocknet, kann das Ausmaß höchstens noch aufgrund der Ursache, des Schadensalters und anhand baulicher Kriterien abgeschätzt werden.

Weitere Hinweise zur Probenahmestrategie finden sich in der VDI Richtlinie 43000 Blatt 10 und in der Norm DIN ISO 16000-19.

4.2.1 Schadensursachen

Die Ursachen können im Hinblick auf die Ausdehnung des Schadens in drei Gruppen eingeteilt werden: Neubau-Restfeuchte, Havarien (Leckagen, Überschwemmung, Löschwasser etc.) und hygrothermische Schäden

Bei Feuchteschäden durch Neubau-Restfeuchte handelt es sich in der Regel um ausgedehnte Bereiche. Zu geringe Trocknungszeiten während der Bauphase können zu einer hohen Neubau-Restfeuchte führen. Eine Diffusion dieser Feuchtigkeit aus dem Bauteil kann z.B. durch dampfdichte Oberflächenbeläge oder fehlende Raumlüftung behindert werden. Mit zunehmender Dauer der Feuchtigkeit im Bauteil erhöht sich das Risiko, dass ausgedehntes mikrobielles Wachstum auftritt. Das Ausmaß des Wachstums kann nicht sicher vorhergesagt werden und hängt vor allem von der Restfeuchtigkeit, den verbauten Materialien, der anfänglichen Belastung der Materialien mit Mikroorganismen und der Zeit ab.

Erfahrungsgemäß ist in den ersten Monaten nach Errichtung eines Gebäudes nach den anerkannten Regeln der Technik kein relevantes mikrobielles Wachstum durch Restfeuchte zu erwarten. Größere Mengen an Staub oder Schmutz auf oder unter Dämmlagen können aber relativ schnell zu einem flächigen oder punktuellen mikrobiellen Wachstum führen.

Bei Havarien kann nach Kenntnis der Ursache der Wasserverlauf und die Wasserverteilung oft abgeschätzt werden. Es kann sich, je nach Menge an ausgetretenem Wasser und dessen Verbreitungsmöglichkeit (sowohl als flüssiges Wasser als auch als Wasserdampf), um sehr weit ausgedehnte Schäden, aber auch um lokal eingrenzbar Schäden handeln.

Bei hygrothermischen Schäden handelt es sich in der Regel um lokal begrenzte Schäden ohne mikrobielles Wachstum in tieferen Schichten.

4.2.2 Schadensalter

Das Schadensalter ist, wenn möglich zu berücksichtigen. Zusammen mit der Materialzusammensetzung (siehe 4.2.3) kann dabei abgeschätzt werden, ob mit einem

relevanten mikrobiellen Wachstum zu rechnen ist. Mindestens zu dokumentieren ist, ob es sich um einen neuen oder alten Schaden, um ein mehrmaliges Schadensereignis oder einen Schaden unbekanntes Alters handelt.

4.2.3 Material

Es liegen noch nicht genügend Daten vor, um bei allen Materialien eine Abschätzung vorzunehmen, wie rasch eine Besiedlung stattfindet. Es ist daher auch nicht immer möglich anhand des Schadensalters genau einzuschätzen, wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, dass bereits ein mikrobielles Wachstum vorliegt. Es gibt große Unterschiede in der Besiedelbarkeit der Materialien (siehe Kapitel 3, Bewertungskriterium I.).

Bei manchen Materialien - z.B. bei Spanplatten - macht sich mikrobielles Wachstum relativ häufig durch Geruchsbelastungen bemerkbar. Liegt ein typischer Geruch vor, sind Proben nicht erforderlich, um das Sanierungserfordernis festzustellen (siehe Kapitel 2). Bei einigen Materialien -z.B. bei Polystyrol - ist auch bei starkem mikrobiellen Wachstum kaum etwas zu riechen oder nur ein für Mikroorganismen untypischer Geruch feststellbar.

4.2.4 Feuchtigkeitsmessungen

Feuchtigkeitsmessungen werden zum einen durchgeführt, um das Ausmaß eines Schadens festzustellen. Zum anderen wird die Feuchtigkeit im Material bestimmt, um zu entscheiden, ob ein Wachstum von Mikroorganismen möglich ist.

Zur ersten orientierenden Messung und einer Übersicht über die Verteilung der Feuchtigkeit im Objekt ist der Einsatz von leitfähigkeitsbasierten oder kapazitiven Messgeräten hilfreich, die zerstörungsfrei und ohne besonderen Zeitaufwand durchführbar sind. Mit diesen Methoden kann abgeschätzt werden, in welchen Bereichen eine erhöhte Feuchtigkeit vorliegt. Hierbei erhält man aussagekräftige qualitative Vergleichswerte zwischen trockenem und feuchtem Bereich. Allerdings erhält man wegen der nicht unerheblichen Materialeinflüsse auf den Messwert keinen verwertbaren quantitativen Wert für die Materialfeuchte. Daher ist die Einschätzung, ob mikrobielles Wachstum stattfinden kann, mit dieser Messmethode nicht möglich.

Hinsichtlich mikrobiologischer Fragestellungen bezieht man sich nicht auf den absoluten Wassergehalt im Bauteil (Darr-Methode) sondern auf die Ausgleichs-feuchtigkeit in der Gasphase, die im Gleichgewichtszustand der relativen Materialfeuchte entspricht (Wasseraktivität, a_w -Wert).

Schimmelpilze können bei Raumtemperatur (ca. 20 °C) je nach Substratangebot und Schimmelpilzart ab einer permanenten Feuchtigkeit von 70 % - 80% relativer Materialfeuchte wachsen. Um in Fußböden messtechnisch festzustellen, ob dieser kritische Wert erreicht oder überschritten wurde, müssen Sondenmessungen in der Konstruktion bzw. in der Dämmschicht vorgenommen werden. Für diese Messungen müssen Bohrungen in den Fußboden eingebracht werden, d.h. diese Messungen sind nicht zerstörungsfrei. Um einen Schaden mit diesen Messungen aussagekräftig erfassen zu können, sind mehrere Messungen an verschiedenen Stellen erforderlich. Um die Feuchtigkeit direkt an Oberflächen (z. B. Wänden) zu erfassen, sind Datenlogger geeignet.

Bei der Interpretation der Messwerte ist darauf zu achten, dass die relative Feuchtigkeit von der vorliegenden Temperatur abhängig ist. Aus diesem Grund muss bei Temperaturen, die deutlich über 20°C liegen, mittels des aus den Messwerten abgeleiteten absoluten Feuchtigkeitswertes

die für 20°C geltende relative Feuchtigkeit ermittelt und als Maßstab benutzt werden. Außerdem ist darauf zu achten, dass die Messwerte bei Temperaturen unter 10 °C sehr ungenau sind und die Messungen ggf. bei höheren Temperaturen wiederholt werden müssen.

Für Sondenmessungen in der Konstruktion zur Bestimmung der relativen Ausgleichsfeuchte muss eine Bohrung gesetzt werden, die dem Durchmesser der Sonde entspricht. Nach der Bohrung ist das Bohrloch mit einem Staubsauger staubfrei zu saugen. Danach wird die Messsonde in das Bohrloch eingeführt und der verbleibende Spalt so abgedichtet, dass zwischen Bohrloch und Umgebung kein Luftaustausch stattfinden kann. Werden die Löcher frisch gebohrt, ist sorgfältig darauf zu achten, dass die durch das Bohren eingebrachte Wärme zum Zeitpunkt der Messwerterfassung komplett abgeklungen ist.

Andere Messverfahren sind für derartige Untersuchungen ungeeignet. Die gravimetrische Messung (Darr-Methode) und die Calciumcarbidmethode ist zur Erfassung der relativen Materialfeuchte ungeeignet, denn es wird hierbei in erster Linie flüssiges Wasser im Material erfasst, aber nicht die Feuchtigkeit in der Gasphase.

Feuchtemessungen und deren Bewertung erfordern viel Sachverstand und sollten nur durch entsprechend geschulte Fachleute mit bauphysikalischen Kenntnissen durchgeführt werden. Bei der Anwendung sowohl der leitfähigkeitsbasierten als auch der kapazitiven Messung kann es sonst leicht zu Fehlinterpretationen kommen.

4.2.5 Anzahl der Proben

Wenn eine Probenahme für notwendig erachtet wird, ist es wichtig eine ausreichende Anzahl an Proben zu nehmen, um ein möglichst repräsentatives Ergebnis zu bekommen. Je nach Größe des Schadens werden Proben an mehreren Stellen entnommen. Dabei muss meist ein Kompromiss zwischen wirtschaftlichen Aspekten und Repräsentativität gefunden werden.

Für normale Wohnräume (bis ca. 20 m²) werden mindestens 2 Proben aus dem Schadensbereich, möglichst weit voneinander entfernt entnommen.

Falls technisch eine Teilsanierung sinnvoll ist, dann sollten Proben vom Rand, Mitte und halber Strecke zwischen Rand und Mitte genommen werden, um den Sanierungsbereich einzugrenzen.

Sind größere Räume (> 20 m²) oder mehrere Räume betroffen, muss durch die Anzahl der Proben sichergestellt werden, dass die Ergebnisse repräsentativ sind.

Der / die Sachverständige muss dann eine gründliche Planung zur Probenahme aufgrund der Gegebenheiten vor Ort und der Schadensart vornehmen. Dabei muss die Anzahl der Proben auf Basis der Schadensursache, der Gebäudekonstruktion, der Fragestellung und der Raumaufteilung im Einzelfall festgelegt werden. Bei bekannter Ursache und gleicher Baukonstruktion der betroffenen Bereiche, ist es auch bei großen Schäden ausreichend, wenige repräsentative Räume zu beproben. Bei unbekannter Ursache oder unterschiedlicher Baukonstruktion müssen entsprechend mehr Proben genommen werden.

Referenzproben können zur Ursachenklärung sehr wichtig sein, aber auch zur Klärung, ob sich zwei Ursachen überlagert haben und ob bereits eine Vorbelastung vorlag. Hierzu ist es erforderlich aus einem mit Sicherheit nicht vom aktuellen Schaden betroffenen Bereich Referenzproben zu entnehmen. Die Anzahl der Referenzproben richtet sich nach der Größe des Schadens, wobei 2 bis 3 Referenzproben in der Regel ausreichen; bei sehr kleinen Schäden ggf. auch eine Probe.

4.3 Probenahme

Die Proben sollten aus dem Teil der Konstruktion entnommen werden, in dem erhöhte Feuchtigkeit feststellbar ist oder bekanntermaßen vorlag. Es ist hierbei darauf zu achten, dass diejenigen Stellen beprobt werden, wo die höchste relative Feuchtigkeit vermutet wird, z.B. die Unterseite von Dämmlagen in Fußböden.

Außerdem ist darauf zu achten, dass bei Aufbauten das Material entnommen wird, welches mikrobiell besiedelt werden kann, d.h. die Dämmmaterialien und nicht die Estriche oder der Beton.

Die Größe der Probe ist von der angestrebten Analytik und dem Material abhängig.

Für die Kultivierung und insbesondere für die Mikroskopie ist eine möglichst zusammenhängende Materialprobe mit einem Durchmesser von möglichst 5 cm oder größer erforderlich.

Werden die Proben mittels elektrischem Gerät entnommen, z.B. Bohrmaschine mit Kernbohrer, dann ist wegen der möglichen Staubfreisetzung besonders auf den Umgebungsschutz zu achten (Geräte mit Absaugung einsetzen). Außerdem darf durch das Bohren das Probenmaterial nicht stark erwärmt werden. Direkt an der Kontaktfläche zwischen Bohrer und Material können hohe Temperaturen auftreten, die zu einem Absterben der Mikroorganismen führen. Bei Bohrkernen sollte deshalb ein Kern mit möglichst 5 cm Durchmesser oder größer entnommen werden; ggf. muss durch langsamere Bohrgeschwindigkeit eine zu starke Materialerhitzung vermieden werden.

Für Polystyrol sollte ein Bohrkern von mindestens 3, wenn möglich von 5 cm Durchmesser genommen werden. Bei der Probenahme von Polystyrol aus der Trittschalldämmung ist darauf zu achten, dass das Polystyrol nicht durch den sich über der Dämmung befindlichen Estrich verunreinigt wird. Dazu ist z. B. mit einem Kernbohrer mit Absaugung die Estrichschicht bis zur Trennfolie zu durchbohren und zu entfernen. Das entstandene Bohrloch ist staubfrei zu saugen. Danach wird die Trennfolie mit einem Paketmesser durchtrennt und entfernt. Anschließend wird mit einem geeigneten desinfizierten Werkzeug ein Bohrkern (Durchmesser 3 -5 cm) aus der Trittschalldämmung entnommen. Die Oberseite des Materialkerns wird deutlich erkennbar markiert und der gesamte Bohrkern wird als Probe ins Labor geschickt. In der Regel ist bei eingedrungener Feuchtigkeit die Bohrkernunterseite am stärksten von Mikroorganismen besiedelt. Im Labor wird daher der unterste 1 cm des Bohrkerns für die Kultivierungsanalysen verwendet. Für die Mikroskopie wird eine Probe direkt von der Oberfläche der Bohrkernunterseite verwendet.

Bei Mineralwolle sollte versucht werden, ein zusammenhängendes Materialstück von mindestens 5 cm³ zu erhalten. Auch hier sollte die Oberseite z.B. mit einem Aufkleber markiert werden. Bei dünnen Schichten Mineralwolle, wird das gesamte Materialstück analysiert, bei dickeren Lagen nur der unterste erste Zentimeter, da dort die Feuchtigkeit primär auftritt.

Die Proben sollten sofort nach der Probenahme in einer sterilen Dose oder Tüte dicht verpackt werden. Die Verpackung muss sicherstellen, dass die vorhandene Feuchtigkeit nicht bzw. nur unwesentlich entweichen kann, so dass die Probe im entnommenen Zustand das Labor erreicht. Die Proben sind entsprechend der VDI 4300 Blatt 10 zu transportieren und zu lagern.

5 MIKROBIOLOGISCHE ANALYSE

Bisher liegen nur für kultivierbare Schimmelpilze in Polystyrolproben und eingeschränkt auch für Mineralfasern ausreichend Daten vor, um Konzentrationsbereiche für die Bewertungskategorien (siehe Kapitel 5.2 und 3, VIII.) angeben zu können. In Ringversuchen hat sich gezeigt, dass reproduzierbare Ergebnisse nur erzielt werden, wenn die vorgegebene Methodenvorschrift (siehe Kapitel 5.1) genau eingehalten wird. Neben der Kultivierung (siehe Kapitel 5.1) sollte immer eine mikroskopische Untersuchung (siehe Kapitel 5.2) der Proben erfolgen. Weitere Untersuchungen wie Gesamtzellzahl-Bestimmung oder ATP-Messungen können zusätzliche Informationen liefern.

Ein Problem bei der Bewertung ist das Fehlen von allgemein anerkannten Hintergrundkonzentrationen als Grundlage für die Beurteilung von mikrobiellem Wachstum in Baustoffen. Um die Konzentration von Schimmelpilzen und Bakterien in Materialproben zu bewerten, liegt eine Reihe von Veröffentlichungen vor, die auf statistischen Auswertungen einzelner Laboratorien beruhen. Detaillierte Hintergrundwerte zur Beurteilung von mikrobiellem Wachstum in Baumaterialien fehlen bislang aber. Dazu hat das Umweltbundesamt in einem Forschungsvorhaben orientierende Untersuchungen durchgeführt, dessen endgültige Ergebnisse Ende 2013 erwartet werden.

5.1 Bestimmung kultivierbarer Schimmelpilze und Bakterien

Um reproduzierbare Ergebnisse für die angegebenen Beurteilungskategorien zu erzielen, muss die Methodenvorschrift genau befolgt werden. Die dargestellte Methodik wurde in einem Ringversuch von mehreren Laboren angewendet und kann daher als praktikables Beispiel gesehen werden, um verlässliche und vergleichbare Ergebnisse zu erzielen. Eine entsprechende ISO Norm (16000-21) ist in Bearbeitung

5.1.1 Geräte und Materialien

Analysenwaage: 0,01 g Ablesegenauigkeit

Schütteltisch: Horizontalrundschüttler, mindestens 200 UpM

Reagenzglasschüttler (z. B. Vortexschüttler)

ggf. Waring Blender

Ansatzkolben: Schikanekolben, steril, Glas, 250 ml

Verdünnungsröhrchen: Glasröhrchen, steril, ca. 10 cm hoch (Höhere Reagenzgläser machen ggf. Probleme beim Pipettieren mit den automatischen Pipetten)

Drigalskispatel: Edelstahl

Petrischalen: steril, 9 cm (bei laborinterner Herstellung der Nährmedien)

Pipetten: automatische Pipetten für 100 µl und 500 µl

Pipettenspitzen: für 100 µl und 500 µl, steril

Metallspatel, Metalllöffel etc.

Brutschrank/Brutraum: (25 ± 2) °C

5.1.2 Lösungen und Medien

Verdünnungspuffer:

3,52 g Kaliumdihydrogenphosphat KH_2PO_4
7,27 g Dinatriumhydrogenphosphat-Dihydrat $\text{Na}_2\text{HPO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
4,3 g Natriumchlorid NaCl
0,1 ml Tween 80/ 0,01%

ca. 800 ml destilliertes H_2O zugeben,

den pH-Wert der Pufferlösung kontrollieren und ggf. einstellen. (Sollwert $7,0 \pm 0,1$). Die Lösung auf 1.000 ml mit destilliertem Wasser auffüllen.

Nährmedien Schimmelpilze (siehe VDI 4300 Blatt 10):

Malzextraktagar mit Chloramphenicol (MEA)

DG18-Agar mit Chloramphenicol (DG18)

Nährmedium Bakterien (siehe VDI 4253 Blatt 3):

Caso- bzw. TSA-Agar mit Natamycin (CASO)

Für Actinomyceten wird auf Gauze mit Natamycin meist eine höhere Konzentration und Diversität erfasst (UFOPLAN UBA 2008).

5.1.3 Aufarbeiten der Proben

Die Materialproben werden sofort bei Ankunft im Labor hinsichtlich Feuchtigkeit, Verfärbungen, Größe sowie weiterer Besonderheiten, wie z.B. Geruch, beschrieben.

Von den Proben wird im Labor derjenige Bereich untersucht, der dem Feuchteschaden am nächsten gelegen war, d. h. wo ein mikrobielles Wachstum am wahrscheinlichsten aufgetreten ist (siehe auch Kapitel 4.3). Bei Bohrkernen von Polystyrol wird der unterste cm abgeschnitten. Bei Mineralwolle-„Bohrkernen“ wird bei dünnen Lagen die gesamte Probe, bei dickeren Lagen ungefähr der unterste cm verwendet.

Die Mineralwolleprobe wird durch „Zerzupfen“ homogenisiert.

Proben aus kompakten Materialien werden entweder manuell oder mit Hilfe von Pressen, Mühlen und anderen Werkzeugen (auf Kontaminationsgefahr achten) so weit wie möglich zerkleinert. Die einzelnen Teilstücke sollten $< 0,2$ cm Kantenlänge haben.

Von der Probe wird je nach Material ca. 1 g – 10 g in einem Alu-Schälchen (steril) abgewogen und in einen Schikanekolben überführt. Zur Probe werden 50 ml - 100 ml Puffer gegeben. Die Puffermenge richtet sich nach dem verwendeten Material und der Materialmenge. Während nicht schwimmfähige Proben wie z.B. Putz- und Mineralfaserproben vollständig mit Puffer bedeckt werden, ist die Pufferzugabe bei Polystyrolproben so zu wählen, dass beim Schütteln ein gutes Waschergebnis gewährleistet ist. Als Anhaltspunkt gilt 50-100 ml Puffer zu 1 Gramm Polystyrol in einem 250-ml-Kolben. Die Probe wird 15 Minuten bei 200 UpM geschüttelt².

² Die bisherigen Ringversuche zum quantitativen Nachweis von Schimmelpilzen aus Materialien wurden mit dieser Methode durchgeführt. Die Kriterien zur Beurteilung der Ergebnisse in Kapitel 5.2 beziehen sich daher auf diese Nachweismethode. Erste Untersuchungen zur Resuspendierung mit Hilfe eines Stomachers haben für Schimmelpilze in einigen Proben höhere Konzentrationen im Vergleich zum Schikanekolben ergeben. Für Bakterien aus Materialproben wurden vergleichbare Konzentrationen bei beiden Methoden gemessen. Weitere Vergleichsuntersuchungen sind wünschenswert.

Die Suspension in den Schikanekolben stellt die Ausgangssuspension für die Verdünnungsreihe dar. Vor der Entnahme der Suspension zum Anlegen der Verdünnungsreihe oder zur Probenaufgabe auf die Nährmedien wird die Suspension jedes Mal kurz von Hand aufgeschüttelt (10 Kreisschüttelbewegungen).

Je nach Material sollte der pH-Wert der Ausgangssuspension überprüft werden. Dies ist insbesondere bei Putz-Proben wichtig. Liegt der pH-Wert im sauren oder alkalischen Bereich, muss die Probe neutralisiert werden.

Die Verdünnung der Ausgangssuspension erfolgt entsprechend der vermuteten Konzentration an Schimmelpilzen oder Bakterien; üblicherweise bis zu einer Verdünnungsstufe von 10^{-3} für Schimmelpilze und von 10^{-4} für Bakterien. Hierzu werden 0,5 ml der Ausgangssuspension in ein Verdünnungsröhrchen, das bereits mit 4,5 ml Puffer befüllt wurde, überführt und auf einem Vortexmixer ca. 3 x 3 Sek. durchmischt.

Die entstandene Suspension (10^{-1}) wird auf einem Vortexmixer ca. 3 x 3 Sek. durchmischt und 0,5 ml der Suspension werden in das mit 4,5 ml Puffer vorbereitete Röhrchen der folgenden Verdünnungsstufe (10^{-2}) überführt. Für die weiteren Verdünnungsschritte wird entsprechend verfahren.

Je Verdünnungsstufe werden 100 µl der aufgeschüttelten (manuell bzw. mit Vortexmixer) Suspension auf die jeweiligen Agarmedien pipettiert und ausgespatelt. Es werden mindestens zwei parallele Platten pro Verdünnungsstufe und Medium angesetzt. Zur Flüssigkeitsentnahme bei den Verdünnungsschritten und bei der Beschickung der Nähragarplatten soll die Pipettenspitze nur ca. 5 mm unterhalb der Suspensionsoberfläche eintauchen.

Die Agarplatten werden insgesamt 10 Tage bei $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$ inkubiert und ausreichend oft kontrolliert.

5.1.4 Auswertung der Kultivierungsuntersuchungen

Die Auswertung der bewachsenen Agarmedien erfolgt für Schimmelpilze nach VDI 4300 Blatt 10. Bakterien werden routinemäßig nicht differenziert. Auch bei den CASO Platten empfiehlt sich eine mehrfache Kontrolle während der Inkubationszeit, da viele Bakterien sehr schnell, andere - insbesondere Actinomyceten - dagegen sehr langsam wachsen.

Aus der Anzahl der Kolonien wird unter Berücksichtigung des Verdünnungsfaktors der Ausgangssuspension die Konzentration pro g Probe berechnet.

5.2 Mikroskopische Untersuchung

In den folgenden Kapiteln werden Hinweise für eine sinnvolle mikroskopische Auswertung der Materialproben gegeben.

5.2.1 Aufarbeitung der Proben zur mikroskopischen Analyse

Die Aufarbeitung der Proben wird in Anlehnung an die VDI 4300 Bl. 10 vorgenommen.

Die Materialproben werden sofort bei Ankunft im Labor hinsichtlich Feuchtigkeit, Verfärbungen, Größe sowie weiterer Besonderheiten, wie z.B. Geruch, beschrieben. Optional kann zur Auffindung von optischen Auffälligkeiten ein Auflichtmikroskop verwendet werden.

Von Materialproben können Folienkontaktproben, Dünnschnitte oder Zupfpräparate angelegt werden. Das Anlegen von Folienkontaktproben ist mit einem geringen Aufwand verbunden

und viele Materialproben können mit dieser Methode ausreichend gut beurteilt werden. In Einzelfällen kann die Verwendung von Dünnschnitten notwendig sein. Insbesondere bei sehr feuchten Proben kann die Übertragung von Mikroorganismen vom Material auf den Folienkontakt erschwert sein. Weiterhin kann eine Besiedlung im Lückengefüge von Materialien häufig in Dünnschnitten besser als mit Folienkontakten erfasst werden.

Die Proben werden in Milchsäureanilinblau (0,16 g Anilinblau in 100 ml Milchsäure 85 %) eingebettet, um vor allem Mikroorganismen blau einzufärben und so den Kontrast im mikroskopischen Bild zu steigern. Der Farbstoff sollte mindestens 10 Minuten einwirken, bevor eine mikroskopische Analyse vorgenommen wird.

Zur Anfertigung von Dünnschnitten werden mit einer Rasierklinge möglichst dünne flächige Materialschnitte angefertigt. Die Schnittdicke muss so gewählt werden, dass die Probe lichttransparent bleibt. Je nach Fragestellung können die Schnitte in unterschiedlichen Materialtiefen durchgeführt werden. Die Materialschnitte werden auf einen Objektträger mit Milchsäureanilinblau überführt und mit einem Deckgläschen bedeckt.

Für die Beurteilung von Materialien mit Hilfe von Folienkontaktproben werden transparente Klebestreifen auf die Materialprobe gedrückt und anschließend auf einen zuvor mit Milchsäureblau vorbereiteten Objektträger gelegt. In der Regel reicht es aus, die Kontaktfolien mit der klebrigen Seite direkt in die Färbelösung zu legen, sodass ohne zusätzliches Deckgläschen die mikroskopische Bewertung durchgeführt werden kann.

5.2.2 Mikroskopische Auswertung von Materialproben

Die Erfassung von Mikroorganismen im mikroskopischen Bild setzt eine ausreichende Auflösung bzw. Gesamtvergrößerung voraus. Während ausgedehnte Pilzmyzelien und Aggregate von Mikroorganismen bereits bei der Auflösung mit dem 20fach-Objektiv erkennbar sind, ist die Erfassung von einzelnen Pilzsporen oder Bakterien nur mit deutlich höherer Auflösung möglich. Einzelbakterien haben z.T. eine Größe von weniger als einem μm und können daher nur mit der maximalen lichtmikroskopischen Auflösung (1000fache – 1250fache Vergrößerung) sicher erfasst werden. Je größer die mikroskopische Auflösung ist, desto kleiner ist allerdings das mikroskopische Sichtfeld. Für eine lückenlose Auswertung von einem cm^2 Materialfläche müssen mit einem 100fach-Objektiv ca. 3.000 mikroskopische Gesichtsfelder ausgewertet werden, während mit einem 20fach-Objektiv lediglich 130 mikroskopische Gesichtsfelder ausgewertet werden müssen.

Eine lückenlose Auswertung von Materialproben ist aufgrund der hohen mikroskopischen Auflösung nicht möglich und auch nicht notwendig. Typische Folienkontaktproben haben eine Größe von ca. 6 cm x 1,5 cm. Eine Klärung, ob eine Besiedlung vorliegt und ob diese ggf. gleichmäßig oder verstärkt in einzelnen Bereichen vorliegt, kann durch das mehrfache Durchmustern der Probe mit dem 20er Objektiv erreicht werden. Bei einer Gesamtstrecke von ca. 20 - 25 cm (vier bis fünf Objektdurchfahrten in Längsrichtung) müssen theoretisch 200 - 300 Gesichtsfelder (20er Objektiv) ausgewertet werden. Bei dieser Erstauswertung wird deutlich, ob Pilzmyzel und Aggregate von Mikroorganismen vorliegen und ob diese sich ggf. auf bestimmte Bereiche beschränken. Anschließend erfolgt eine mikroskopische Analyse mit maximaler Auflösung (100er Objektiv), entweder über die gesamte Probe verteilt oder in bereits als auffällig ermittelten Probenbereichen. Abgesehen von stärker belasteten Proben, bei denen bereits durch die Auswertung weniger Gesichtsfelder eine entsprechende Belastung sicher

festzustellen ist, müssen Proben mit einer geringen Belastung intensiver analysiert werden. Für eine abgesicherte Analyse sollten ca. 100 - 200 Gesichtsfelder analysiert werden.

Im Vordergrund der Analyse steht die Frage, ob die Proben von Mikroorganismen bewachsen oder nur kontaminiert sind. Bei einer Besiedlung können in der Regel zusammenhängende Pilzmyzelien, Actinomycetenfilamente oder typisch angeordnete Bakterienaggregate erkannt werden. Häufig können neben charakteristischen Sporen auch noch weitere Strukturen erkannt werden, die eine grobe systematische Einordnung der Pilzarten ermöglichen. Oft ist es allerdings möglich, die Gattung der am Material entwickelten Pilzart zu ermitteln oder einzugrenzen. Diese qualitative Analyse von Materialproben zusammen mit den Ergebnissen der Kultivierung kann z.B. bei der Einschätzung helfen, ob parallel ermittelte Raumluftbelastungen mit den untersuchten Materialien in Verbindung gebracht werden können.

Kontaminierte Materialien können ggf. erhöhte Sporenkonzentrationen aufweisen, enthalten aber keine oder nur geringe Myzelmengen bzw. Bakterienaggregate. Typische Kontaminationen durch Außenlufteinfluss können in der Regel aufgrund der heterogenen Sporenzusammensetzung sowie dem hohen Anteil an Sporen von Basidiomyceten, Cladosporiumarten sowie Ascomyceten erkannt werden, während Sporen der Gattungen Aspergillus und Penicillium in geringeren Konzentrationen auftreten. Sporenkontaminationen durch Feuchtigkeitsschäden zeichnen sich dagegen durch einen hohen Anteil von Sporen aus, die von Indikatoren für Feuchtigkeitsschäden stammen. Sehr häufig haben in diesen Proben wenige Sporentypen der Gattungen Aspergillus, Penicillium, Scopulariopsis einen besonders hohen Anteil.

An fabrikneuen mineralischen Materialien bzw. Kunststoffen können in der Regel mit der mikroskopischen Untersuchung aufgrund ihrer hohen Nachweisgrenze keine Myzelien oder Sporen festgestellt werden.

Durch eine anhaltende Verstaubung können Materialien zunehmend mit Sporen sowie kurzen Myzelbruchstücken kontaminiert werden. Stark verstaubte Materialien können viele diverse außenlufttypische Pilzsporen sowie vereinzelt bis mäßig viele kurze melanine Myzelbruchstücke enthalten.

An organischen Materialien aus Holz- bzw. Zellulosefasern sowie Kork und vergleichbaren Materialien werden oft vereinzelt bis mäßig viele Myzel- und Sporenkonzentrationen festgestellt. Diese Myzel- und Sporenkonzentrationen sind oft bereits mechanisch gestört und resultieren aus Belastungen, die bereits an den Rohstoffen vor der Materialfertigung gewachsen sind.

Das Auftreten von mäßig vielen Myzelien in bzw. an Materialien ohne stärkere Verstaubung ist in der Regel ein sicherer Hinweis für eine Besiedlung. Für derartige Materialien werden mit Verdünnungsuntersuchungen in der Regel KBE-Konzentrationen von mehr als 10^5 KBE festgestellt

Zusätzlich zur qualitativen Analyse muss eine grobe Einschätzung über die Konzentration der Mikroorganismen am bzw. im Material erfolgen. Diese Konzentrationseinschätzung kann nur grob durchgeführt werden, da z.B. bei einer Folienkontaktuntersuchung methodenbedingt nur ein Teil der auf der Materialoberfläche vorliegenden Myzelien und Sporen auf den Folienkontakt übertragen wird. Weiterhin liegen die Mikroorganismen selten homogen,

sondern häufig clusterartig am Material vor, sodass für statistisch abgesicherte Auswertung (niedrige Standardabweichung) ein unökonomisch hoher Aufwand betrieben werden müsste.

Die verschiedenen Pilzbestandteile (Sporen, Sporenträger, Myzelien) werden in der folgenden Reihenfolge ausgewertet:

- Bei vereinzelt Sporen, Sporenträger- und Myzelbruchstücken in der Material- oder Kontaktprobe wird diese mit ‚kein Befall‘ oder ‚Sekundärkontamination‘ bewertet.
- Bei mäßig vielen Sporen, zusammenhängenden Myzelien und Sporenträgern in der Material- oder Kontaktprobe wird die Bewertung der Probe mit ‚geringe Belastung‘ angegeben
- Bei sehr vielen Sporen, zusammenhängenden Myzelien und Sporenträgern in der Material- oder Kontaktprobe wird die Probe als ‚mit Schimmelpilz bewachsen‘ bewertet

Folgende Tabelle kann als Hilfestellung für flugfähige Sporen bei unterschiedlichen Materialien herangezogen werden:

Tabelle 2: Einstufung der mikrobiellen Belastung mit flugfähigen Sporen mikroskopisch ausgewerteter Materialproben

Kategorie	Sporen/Myzel/ cm ²
Keine Belastung	< 150
Geringe Belastung	150-3000
Hohe Belastung	>3000

Sporen potenzieller Toxinbildner wie *Stachybotrys chartarum*, sind unter Anwendung des Vorsorgeprinzips kritischer zu bewerten. Werden unter dem Mikroskop einzelne Sporen von *Stachybotrys* gefunden, wird die Probe als belastet bewertet.

5.3 Beurteilung der Ergebnisse

Die erhaltenen Konzentrationen an Schimmelpilzen werden zusammen mit den Ergebnissen der mikroskopischen Untersuchung unter Berücksichtigung von Feuchteindikatoren den Beurteilungskategorien zugeordnet (siehe Kapitel 3, Kriterium I und Tabelle 2.). Bei der Erfassung von geringen Schimmelpilzkonzentrationen ist das Vorkommen von Schimmelpilzarten oder -gattungen, die oft bei Feuchteschäden nachgewiesen werden (sog. Feuchteindikatoren; siehe VDI 4300 Blatt 10), ein Hinweis darauf, dass es sich um eine Besiedlung handelt.

Die angegebenen Konzentrationsbereiche beziehen sich primär auf Polystyrol-materialien und auch auf Mineralwolle. Inwieweit sie auf andere Materialien übertragen werden können, ist noch Gegenstand der Forschung. Bei Schimmelpilzen mit niedriger Sporenbildung (z.B. *Stachybotrys*, *Chaetomium*) können bereits Konzentrationen von 10⁴ als eindeutiger Nachweis einer Besiedlung gewertet werden. Die angegebenen Konzentrationsbereiche sind als Größenordnungen und nicht als Grenzwerte zu verstehen. In Ringversuchen wurde für die Gesamtkonzentration kultivierbarer Schimmelpilze in Materialproben eine Standardabweichung von 30 % - 50 % festgestellt. So liegt beispielsweise eine Probe mit einer Schimmelpilzkonzentration von 7,8 x 10⁴ KBE/g in der gleichen Größenordnung wie eine Probe mit 1,2 x 10⁵ KBE/g.

Tabelle 3: Konzentration kultivierbarer Schimmelpilze (KBE/g Material) und Ergebnisse der Mikroskopie bei Materialien für die drei Beurteilungskategorien in der Bewertungsstufe 2

Material	Nachweis einer eindeutigen Besiedlung der Materialprobe mit Schimmelpilzen	Nachweis einer geringen Besiedlung der Materialprobe mit Schimmelpilzen	Kein Nachweis einer Besiedlung der Materialprobe mit Schimmelpilzen
Polystyrol oder Mineralwolle	Kultivierung > 10 ⁵ KBE/g Mikroskopie viele Sporen sowie viel Myzel und Sporenträger	Kultivierung 10 ⁴ -10 ⁵ KBE/g Feuchteindikatoren Mikroskopie wenig Sporen sowie wenig Myzel oder Sporenträger	Kultivierung < 10 ⁴ KBE/g nur vereinzelt Feuchteindikatoren Mikroskopie nur vereinzelt/ keine Sporen, kein Myzel, keine Sporenträger oder nur Sporen ohne Myzel ^a und Sporenträger (Kontamination des Materials)

^a ggf. können Myzelbruchstücke vorhanden sein, die wie die Sporen aus einem benachbarten Schaden über die Luft übertragen wurden

In einem UFOPLAN-Vorhaben des Umweltbundesamtes wurden Hintergrundkonzentrationen für wichtige Baumaterialien ermittelt. Es zeigte sich, dass die in Tabelle 2 aus Expertenwissen abgeleiteten Konzentrationsbereiche durch die neuen Ergebnisse generell bestätigt wurden und auch für OSB- und Spanplatten anwendbar sind. Für Styroporproben aus Trittschalldämmungen im Neubau wurden im Median 10² KBE g⁻¹ Schimmelpilze gemessen. Bei der Hälfte der Proben lag die Schimmelpilzkonzentration unter der Nachweisgrenze. In drei von 20 Proben wurden Konzentrationen im Bereich von 10⁴ KBE g⁻¹ nachgewiesen. Die Konzentration von *Aspergillus versicolor* lag im Median unter der Nachweisgrenze und maximal bei 10² KBE g⁻¹. Zu Styroporproben aus Fußböden im Altbau liegen noch keine Ergebnisse vor.

Materialien mit Verschmutzungen, können bei der Kultivierung hohe Konzentrationen an Schimmelpilzen ergeben und so eine Besiedlung vortäuschen.

Die mikroskopischen Ergebnisse liefern wichtige Hinweise auf eine mögliche Besiedlung des Materials mit Schimmelpilzen. Mit mikroskopischen Untersuchungen können auch eingetrocknete bzw. abgetötete Besiedlungen erkannt werden, bei denen die Mikroorganismen nicht mehr wachstumsfähig sind. Anhand von am Material gewachsenem Schimmelpilzmyzel und Sporenträgern oder dichten Bakterienbelägen können mikrobielle Schäden eindeutig erkannt werden, während der Nachweis von Sporen allein auch durch eine Kontamination des Materials erfolgt sein kann. Auch bei einer starken Kontamination des Materials ohne Wachstum sollte die Ursache – meist benachbarte Schäden – geklärt und beseitigt werden. Ggf. ist eine Reinigung oder Entfernung des betroffenen Materials z.B. in Randfugen bei Schäden an den Wänden notwendig.

Für Bakterien können noch keine allgemein gültigen Konzentrationsbereiche für die drei Beurteilungskategorien im Punkteschema der Beurteilungsstufe 2 (siehe Kapitel 3, VIII und Tabelle 1.) angegeben werden. Erfahrungswerte einzelner Laboratorien zeigen, dass die Konzentrationen in den drei Beurteilungskategorien um ca. eine Zehnerpotenz höher liegen als die Konzentrationen von Schimmelpilzen, d.h. dass eine Besiedlung ab einer Konzentration von 10^6 KBE Bakterien/g Material anzunehmen ist.

6 Ausblick

Ziel der vorgestellten Schemata ist eine einheitliche und auf gemeinsamen Kriterien aufgebaute Beurteilung von Materialschäden bei Feuchteproblemen. Aufgrund der Komplexität der zu berücksichtigenden Faktoren gibt es sicher Einzelfälle, die nicht durch diese schematische Vorgehensweise beurteilt werden können. Daher muss die Beurteilung durch sachkundige Personen erfolgen. Offene Fragen müssen durch weitere Forschung und Erfahrungen aus der Praxis geklärt werden und die Beurteilungsschemata ggf. beim Vorliegen neuer Erkenntnisse erweitert werden.

Daher wird diese Empfehlung zunächst als Entwurf auf die Internetseite des Umweltbundesamtes gestellt. Mit dieser Vorgehensweise wird eine Einbeziehung aller Beteiligten, die in der Praxis mit dieser Empfehlung arbeiten ermöglicht. Die während dieser Erprobungsphase eingehenden Hinweise zur Verbesserung werden in der IRK diskutiert und ggf. in die Endfassung der Empfehlung aufgenommen.

7 Literatur

WHO Guidelines for indoor air quality: selected pollutants. WHO 2010.

Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen. Umweltbundesamt 2002

Leitfaden zur Ursachensuche und Sanierung bei Schimmelpilzwachstum in Innenräumen. Umweltbundesamt 2005

Gesundheitsgefährdungen durch biologische Arbeitsstoffe bei der Gebäudesanierung:
Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung nach Biostoffverordnung (BioStoffV).
Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft 2005

UFOPLAN: Untersuchungen zum Vorkommen und zur gesundheitlichen Relevanz von Bakterien in Innenräumen. Umweltbundesamt 2008

Informationsblatt zur Beurteilung und Sanierung von Fäkalschäden im Hochbau Hrsg. VDB 2010

Messen von Innenraumluftverunreinigungen - Messstrategien zum Nachweis von Schimmelpilzen im Innenraum. VDI 4300 Bl. 10 2008

Bewertungsstufe 1 Vier Schadensszenarien ohne mikrobiologische Untersuchung

Schnelle Trocknung innerhalb von 3 Wochen abgeschlossen
+ einmaliges Ereignis + Materialien, die schlecht abbaubar sind



Kein Rückbau notwendig

Technische Trocknung nicht sinnvoll wegen nicht/sehr schwer zu
trocknenden Materialien wie Schüttungen



Rückbau aus technischen Gründen
erforderlich

Technische Trocknung nicht innerhalb von 3 Monaten abgeschlossen oder mehrmaliges Ereignis
+ Materialien, die gut abbaubar sind und rasch besiedelt werden



Rückbau aus hygienischen Gründen
erforderlich

Auffällige, nicht zu beseitigende Geruchsbildung, die auf den Wasserschaden zurückzuführen ist.
Fäkalhaltiges oder stark verunreinigtes Wasser, z.B. Hochwasser



Rückbau insbesondere wegen Geruch
erforderlich

Bewertungsstufe 2 Alle nicht in Stufe 1 enthaltenen Szenarien: Mikrobiologische Untersuchung notwendig

Keine Besiedlung ↓

Durchlässigkeit Bodenbeläge
und Randabschlüsse

gering ↓

mittel ↓

hoch ↓

Kriterien III-VII prüfen

≥ 3 x ●
≥ 4x (● oder ◐)

Mikrobiologie prüfen!

Geringe Besiedlung ↓

Durchlässigkeit Bodenbeläge
und Randabschlüsse

gering ↓

mittel ↓

hoch ↓

Kriterien
III-VII prüfen

≥ 3 x ●
≥ 4x (● oder ◐)

Rückbau oder
Kennzeichnung

Kriterien
III-VII prüfen

≥ 3 x ●
≥ 4x (● oder ◐)

Rückbau

Eindeutige Besiedlung ↓

Durchlässigkeit Bodenbeläge
und Randabschlüsse

gering ↓

mittel ↓

hoch ↓

Rückbau oder
Kennzeichnung

Rückbau

IMPRESSUM

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 14 06
06813 Dessau-Roßlau
Tel.: 0340/2103-0
Telefax: 0340/2103 2285
E-Mail: info@umweltbundesamt.de
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Fachgebiet: II 1.4 Mikrobiologische Risiken

Dessau-Roßlau, 26. Juli 2013