

III-4.3.3 Schimmelpilze in Innenräumen – Sanierung betroffener Wohnungen und Gebäude

N. RICHARDSON und L. GRÜN

1 Einleitung

Das Thema „Schimmelpilze im Innenraum“ hat sich in den letzten Jahren zu einem häufig angefragten Thema in Gesundheitsämtern, Sachverständigenbüros und Verbraucherzentralen entwickelt. Dabei steht neben Fragen der gesundheitlichen Relevanz eines Schimmelpilzschadens oder der Ursache des Schimmelpilzwachstums verstärkt auch die Frage nach der Notwendigkeit und Angemessenheit von Sanierungsmaßnahmen zur Diskussion. In der Vergangenheit wurde Schimmelpilzwachstum in Gebäuden als eine Begleit- oder Folgeerscheinung von Baumängeln gesehen und entsprechend gehandelt. Die Klärung der Ursache von Feuchtigkeit in der Bausubstanz ist traditionell eine Tätigkeit von Bausachverständigen.

Schimmelpilzwachstum in Innenräumen ist auch ein hygienisches Problem. Obwohl in Innenräumen erfahrungsgemäß weitaus geringere Schimmelpilzkonzentrationen auftreten als an belasteten Arbeitsplätzen (z. B. Kompostierungsanlagen), belegen wissenschaftliche Untersuchungen, dass zwischen Feuchtigkeit/Schimmelpilzwachstum in Wohnungen und gesundheitlichen Beschwerden bei den Bewohnern ein eindeutiger Zusammenhang besteht. Vor diesem Hintergrund gehen Umweltmediziner heute davon aus, dass Schimmelpilze eine Ursache gesundheitlicher Probleme sein können. Da es derzeit nicht möglich ist, Richt- oder Grenzwerte zur gesundheitlichen Bewertung von Schimmelpilzbelastungen festzulegen, betrachtet das Umweltbundesamt Schimmelpilzbelastungen in Innenräumen als ein hygienisches Problem, das aus Gründen der gesundheitlichen Vorsorge zu beseitigen ist (vgl. Kap. 4.3.1, Anl. 2 und dieses Kap., Anl. 1). Die Untersuchung von Innenräumen auf Schimmelpilzquellen als mögliche Ursache von belästigenden Gerüchen und gesundheitlichen Beschwerden sind Aufgabenstellungen, denen Umweltmediziner, Innenraum-Hygieniker und Baubiologen nachgehen. Um einem „Wildwuchs“ an Untersuchungsmethoden und spekulativen Bewertungen von Befunden entgegenzutreten, wurden in den letzten Jahren eine Reihe von Empfehlungen und Forschungsberichten veröffentlicht (*Landesgesundheitsamt Baden –Württemberg, 2001: Analytische Qualitätssicherung im Bereich der Innenraumluftmessung biologischer Schadstoffe; Umweltbundesamt, 2002: Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen; Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg u. a. 2003: Standar-*

disierung von Nachweismethoden für Schimmelpilze im Innenraum zur Vorbereitung von bundesweiten Ringversuchen, Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg u. a. 2004: Erhebung von Hintergrundwerten für die Bewertung von Schimmelpilzen im Innenraum. Neu auch der Leitfaden zur Sanierung von Schimmelpilzbefall des Umweltbundesamtes aus dem Jahr 2005 (siehe Anlage 1)). Die Arbeitsgruppe „Planung von Innenraumluftmessungen“ in der Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN erarbeitet derzeit eine Richtlinie VDI 4300 Bl. 10: „Messstrategie für Schimmelpilze im Innenraum“. Für eine Qualitätsüberwachung bei der Bestimmung von Schimmelpilzen wird seit kurzer Zeit das Mittel des Ringversuchs (SEIDL et al. 2005) erfolgreich eingesetzt. Diese Qualitätssicherungsmaßnahmen wurden notwendig, da die Untersuchungsergebnisse und Bewertungen in entscheidendem Maße von den Untersuchungsmethoden (Messstrategie, Probenahme, Nachweisverfahren) abhängig sind.

Kriterien zur Bewertung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen aus hygienischer Sicht wurden vom Umweltbundesamt 2002 in einem „Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen“ veröffentlicht (vgl. Kap. 4.3.1, Anl. 2). In diesem Leitfaden werden unter anderem auch Kriterien zur Bewertung von Schimmelpilzvorkommen in Materialien, Stäuben und der Luft vorgeschlagen.

Die vom Umweltbundesamt (UBA 2002) formulierte Empfehlung, dass mit Schimmelpilzen belastetes Material aus Innenräumen möglichst vollständig zu beseitigen ist, hat in Sachverständigenkreisen, bei Versicherungen, bei Handwerkern und bei Wohnungsgesellschaften Verunsicherung und heftige Diskussionen ausgelöst. Denn die lange Zeit übliche Praxis, einen Schimmelpilzschaden mit einem Fungizid zu behandeln und zu überstreichen, ist nicht im Sinne dieser Empfehlung.

Die entstandene Unsicherheit, ab welcher Größenordnung Schimmelpilzschäden wie und durch welchen Fachmann zu sanieren sind, hat dazu geführt, dass auf der einen Seite bei dem Nachweis von geringsten Sporenmengen große Sanierungen durchgeführt wurden und auf der anderen Seite „alte Hasen“ nicht umdenken und Schäden wie bisher als rein bautechnische Aufgabenstellung verstehen, die ohne beson-

dere Vorkehrungen zu beseitigen sind. Das führt dazu, dass der von Sachverständigen vorgeschlagene Aufwand und die Kosten für eine Schimmelpilzsanierung sehr unterschiedlich sein können. Für Versicherungsgesellschaften wird der Schimmelpilzschadensfall nicht mehr kalkulierbar, infolgedessen sind Streitigkeiten vorprogrammiert. Vor diesem Hintergrund ist es unerlässlich, sich über notwendige und angemessene Kriterien für die Sanierung von Schimmelpilz-

schäden und die Beurteilung eines Sanierungserfolges zu verständigen.

Dieser Beitrag versteht sich als Diskussionsbeitrag, in dem Vorschläge zur hygienischen Bewertung von Schimmelpilzwachstum bei der Bestandsaufnahme, Sanierungsplanung und Sanierungsdurchführung beschrieben werden.

2 Sanierungsgründe

Schimmelpilzwachstum an Bauteilen oder Bauprodukten in Gebäuden kann sich in sichtbaren Schäden an der Bausubstanz oder indirekt durch Folgeerscheinungen bemerkbar machen.

Aus bautechnischer Sicht wird Schimmelpilzbefall aus folgenden Gründen zum Problem:

1. Schimmelpilzbefall ist sichtbar und stört das Erscheinungsbild eines Gebäudes.
2. Die Bausubstanz wird durch mikrobielle Zersetzung von Bauprodukten nachhaltig geschädigt (Zersetzung von Dämmschichten aus organischen Materialien wie z. B. pflanzlichen Fasern, Zersetzung von Trennschichten aus Cellulose sowie Gipskartonschalen und Tapeeten).

Neben den bautechnischen Gründen für eine Sanierung von Bauteilen nach Schimmelpilzwachstum gibt es hygienische Gründe schimmelpilzbelastete Bauteile zu sanieren:

1. Mögliche gesundheitliche Beeinträchtigungen der Nutzer durch allergene oder toxische Bestandteile von Mikroorganismen und deren Stoffwechselprodukten.
2. Geruchsimmissionen durch mikrobielle Stoffwechselaktivitäten.

Die hygienischen Aspekte von Schimmelpilzwachstum in Gebäuden sind erst in den letzten 10 Jahren verstärkt in den Blickpunkt gerückt. Gesundheitliche Beeinträchtigungen können sowohl von sichtbarem als auch von nicht sichtbarem, verdecktem Schimmelpilzwachstum an der Bausubstanz ausgehen. Außerdem kann in Gebäuden ein aus hygienischer Sicht nicht tolerierbares Schimmelpilzwachstum vorliegen, ohne dass dies aus bautechnischer Sicht mit einer sichtbaren oder nachhaltigen Schädigung der Bausubstanz einhergeht.

3 Bautechnische Aspekte einer Schimmelpilzsanierung

Schimmelpilzbefall in Innenräumen setzt grundsätzlich voraus, dass es in den betroffenen Innenräumen durch singuläre Ereignisse (z. B. Leitungsschaden) oder durch unregelmäßig wieder eintretende Ereignisse (z. B. Eindringen von Regen, nutzungsbedingte Freisetzung von Feuchtigkeit im Gebäude, z. B. Kondensationsschaden) zu einer Durchfeuchtung der Bausubstanz kommt. Aus diesem Grunde besteht die Notwendigkeit, die Ursache des Feuchteintrages zu ermitteln und nachhaltig zu beseitigen. Die weiteren Schritte bestehen darin, die Bausubstanz in Hinblick auf eine nachhaltige Schädigung zu untersuchen und dekora-

tive Schäden (sichtbare Schäden) zu beseitigen. Untersuchungen zur Feststellung nachhaltiger Schädigungen der vorhandenen Bausubstanz beschränkten sich in der Vergangenheit in aller Regel auf eine Prüfung von Holzbauteilen auf holzerstörende Pilze (siehe Kasten). Diese Pilze sind gesundheitlich in der Regel jedoch wenig bedeutsam.

Nach dem heutigen Wissenstand ist es notwendig, Schimmelpilzschäden auch unter gesundheitstechnischen Anforderungen zu sanieren.

Holzerstörende Pilze

Bei den holzerstörenden Pilzen handelt es sich überwiegend um Makropilze (Basidiomyceten) mit großen deutlich sichtbaren Fruchtkörpern und Myzelien. Sie werden üblicherweise nach der Art der Ausbildung des Myzels, nach dem bevorzugten Auftreten und nach der Art des von ihnen verursachten Schadensbildes eingeteilt.

Für das verbaute Holz sind Pilze, die Braunfäule hervorrufen, von besonderer Bedeutung. Die Bezeichnung rührt von der tiefbraunen Verfärbung des befallenen Holzes her. Darüber hinaus weist das geschädigte Holz häufig einen charakteristischen würfelförmigen Zerfall (Würfelbruch) auf. Zu den Braunfäulepilzen gehören der „Echte“ Hausschwamm

(*Serpula lacrimans*), der Kellerschwamm (*Caniophora puteana*), der Weiße Porenschwamm (*Poria vaillantii*) und die Blättlinge (*Gloeophyllum spp.*). Bei konstruktiven Holzbauteilen wie z. B. im Dachstuhl oder bei Holzbalkendecken kann ein Befall mit holzerstörenden Pilzen zu einer Verminderung der Tragfähigkeit der Bauteile und Einsturzgefahr führen. In Altbauten mit konstruktiven Holzbauteilen sollten im Rahmen von Modernisierungsmaßnahmen vorhandene Holzbauteile auch in Hinblick auf einen Befall mit holzerstörenden Pilzen geprüft werden. 11 Bundesländer haben die Meldepflicht für Befall von Hausschwamm abgeschafft. Dort, wo keine besondere Meldepflicht besteht, sind bei auftretendem Befall von Echem Hausschwamm die gleichen Maßnahmen zur Bekämpfung nach DIN 68 800-4 erforderlich, wie in Bundesländern mit besonderer Meldepflicht (Hamburg, Hessen, Saarland, Sachsen und Thüringen).

4 Gesundheitstechnische Aspekte einer Schimmelpilzsanierung

Für die Erforderlichkeit einer Schimmelpilzsanierung kann keine Gefährdungsbeurteilung auf der Basis konkreter toxikologischer Daten vorgenommen werden. Schimmelpilzhaltige Stäube sind potente Inhalationsallergene (s. TRGS 907). Das sensibilisierende Potenzial von schimmelpilzhaltigen Stäuben kann derzeit nicht in Form von Schwellenwerten bewertet werden. Aus Gründen der gesundheitlichen Vorsorge gilt deshalb das Minimierungsgebot (s. TRGS 540, UBA 2002).

Aus dem Minimierungsgebot ergeben sich folgende über die bautechnischen Anforderungen hinausgehende Erfordernisse für die Durchführung von Schimmelpilzsanierungen:

1. Schutz der Personen, die schimmelpilzkontaminiertes Baumaterial bearbeiten (Arbeitsschutz).
2. Schutz von Personen, die sich in angrenzenden Räumen aufhalten (Abschottung des Sanierungsbereichs zur Verhinderung von Staubeinträgen).
3. Reinigungsmaßnahmen zur Beseitigung von schimmelpilzhaltigen Stäuben im Sanierungsbereich.

5 Sanierungsplanung

Bei der Erfassung von Schimmelpilzschäden ist grundsätzlich eine Ortsbegehung zur Bestandsaufnahme durchzuführen. Hierbei werden Einzelheiten zur Gebäudebeschaffenheit, Raumausstattung usw. erfasst. Im Rahmen einer Ortsbesichtigung ist die Raumschubstanz, insbesondere die Oberfläche kritischer Bauteile visuell zu überprüfen, u. U. auch durch Endoskopie.

Zusätzlich sind die möglichen Voraussetzungen für ein Schimmelpilzwachstum abzuklären. Erhoben werden dabei wichtige physikalische Parameter wie Temperatur und Feuchtigkeit im Raum und auf Materialien. Wird erhöhte Feuchtigkeit festgestellt, ist mit Bauexperten die Ursache zu finden und ggf. z. B. bei Rohrbrüchen umgehend abzustellen. Bei unklaren Befunden können in Zusammenarbeit mit Bausachverständigen weitergehende bauphysikalische Untersuchungen eingesetzt werden, z. B. Feuchtigkeitsmessungen, Thermographie oder Blower-Door-Verfahren.

Nach unserer Erfahrung ist es so, dass Unklarheiten darüber bestehen, wann Baubiologen oder Innenraumhygieniker und wann Bausachverständige oder sachkundige Handwerker einzuschalten sind. Insbesondere bei kleinen Schäden der Kategorie 1 (Bewertung nach UBA 2002) wer-

den Sanierungen durch Bewohner und Eigentümer in Eigenleistung oder durch sachkundige Handwerker durchgeführt.

Unser Vorschlag zur Einschaltung von Experten beruht auf den Schadenskategorien des UBA (2002), die deshalb von nächst vorgestellt werden (vgl. Kap. 4.3.1, Anlage 2):

Kategorie 1: Normalzustand bzw. geringfügiger Schaden. Keine bzw. sehr geringe Biomasse; z. B. geringe Oberflächenschäden < 20 cm.

Kategorie 2: Geringer bis mittlerer Schaden. Mittlere Biomasse; oberflächliche Ausdehnung < 0,5 m², tiefere Schichten sind nur lokal begrenzt betroffen.

Kategorie 3: Großer Schaden. Große Biomasse; große flächige Ausdehnung > 0,5 m², auch tiefere Schichten können betroffen sein.

Je nach Schadensausmaß sollten Experten wie folgt zugezogen werden:

Ist die Ursache eines Schadens aus der Kategorie 1 bekannt und behoben und ist das Bauteil abgetrocknet, kann die Sanierung der Schäden durch die Eigentümer oder Bewohner nach Vorgaben des Schimmelpilzleitfadens des Umwelt-

bundesamtes durchgeführt werden. Ist der Schaden wiederholt aufgetreten, noch Feuchtigkeit vorhanden oder die Ursache unklar, sollte die Bausubstanz durch einen Bau-sachverständigen überprüft werden. Die Sanierung kann

trotzdem durch die Eigentümer oder Bewohner oder auch durch sachkundige Handwerker durchgeführt werden. Der Erfolg der Maßnahme wird durch die Bewohner/Eigentümer oder den sachkundigen Handwerker kontrolliert.

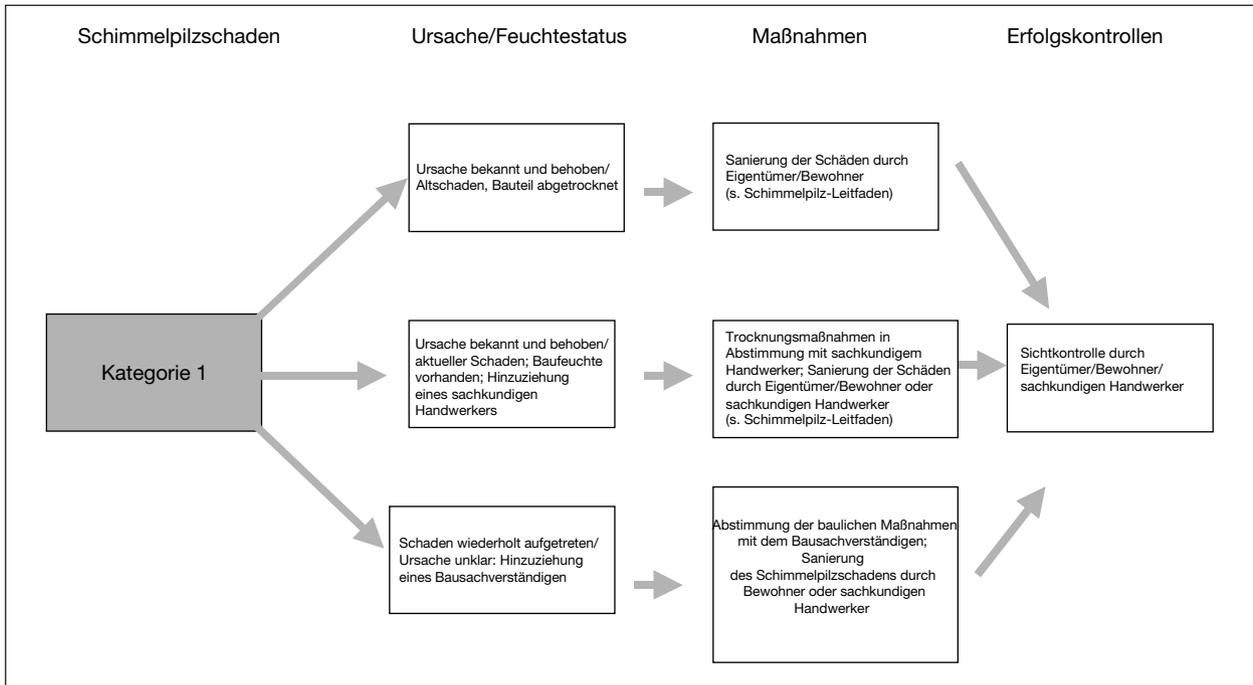


Abb. 1: Ablaufschema bei einem Schimmelpilzschaden der Kategorie 1

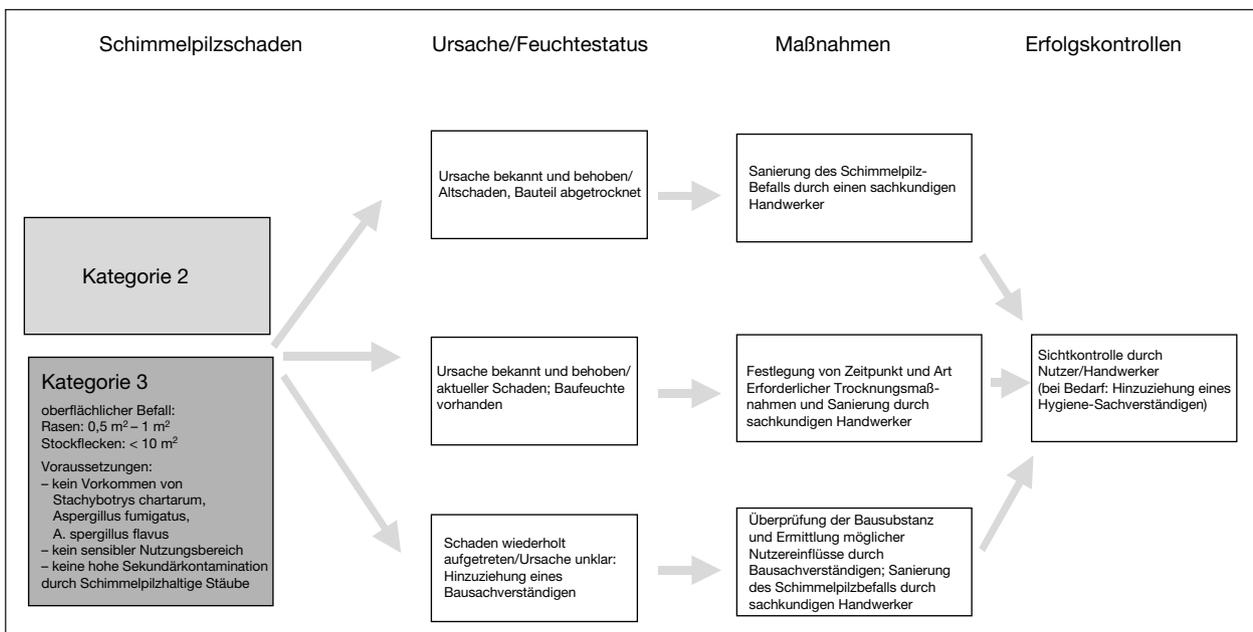


Abb. 2: Ablaufschema bei einem Schimmelpilzschaden Kategorie 2 und Kategorie 3 (oberflächlicher Befall)

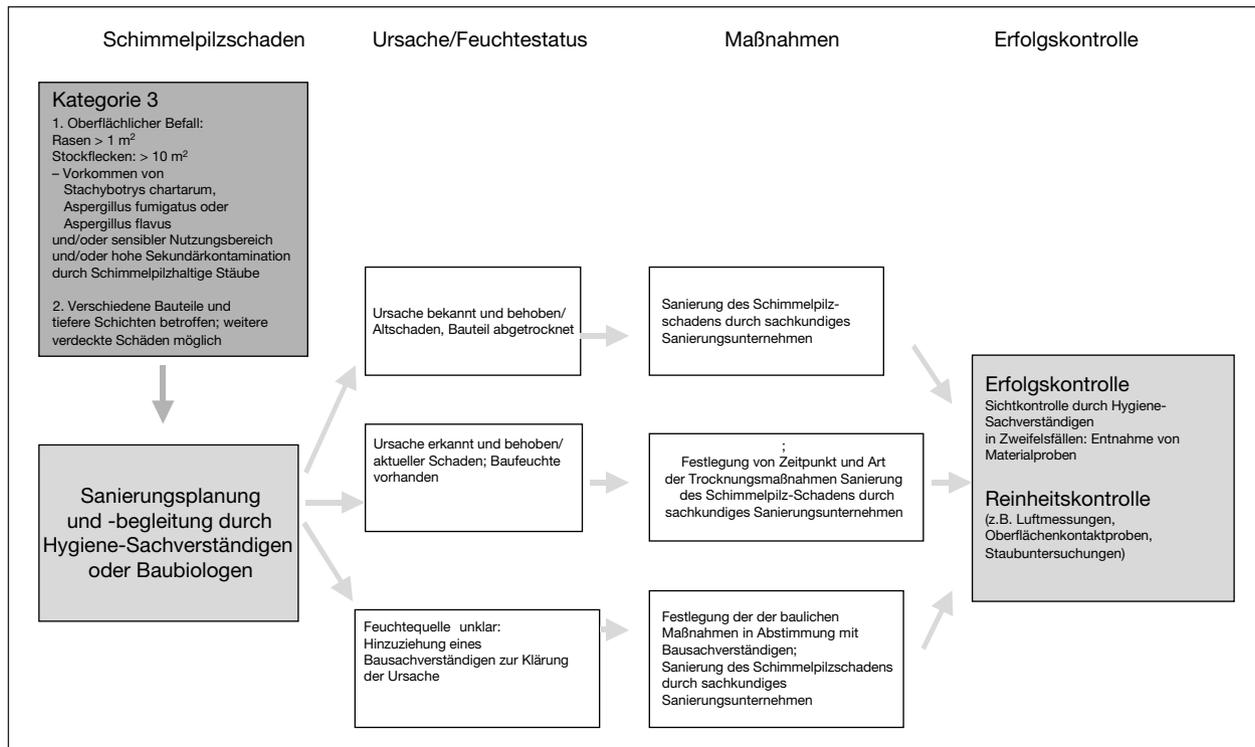


Abb. 3: Ablaufschema bei einem Schimmelpilzschaden der Kategorie 3 (erhebliches Ausmaß)

Schäden aus der Kategorie 2, deren Ursache bekannt und behoben ist, sollten immer durch sachkundige Handwerker saniert werden. Ist der Schaden wiederholt aufgetreten oder die Ursache unklar, sollte die Bausubstanz durch einen Bausachverständigen überprüft und dann die Sanierung durch einen sachkundigen Handwerker durchgeführt werden.

Bei Schäden aus der Kategorie 3 ist wie bei Kategorie 2 vorzugehen, **wenn**

- der Schimmelpilzbefall nur oberflächlich und überschaubar ist (wie z.B. an Fliesenflächen oder Beton),
- keine kritischen Schimmelpilzarten wie *Stachybotrys chartarum*, *Aspergillus fumigatus* oder *Aspergillus flavus* vorliegen,
- der Raum kein sensibler Nutzungsbereich ist, sondern eine Garage oder ein Kellerraum,
- nicht von einer hohen Belastung durch schimmelpilzhaltige Stäube auszugehen ist.

Als Erfolgskontrolle wird eine Sichtkontrolle durch Nutzer/Handwerker oder bei Bedarf auch durch einen Hygiene-Sachverständigen/Baubiologen empfohlen.

Liegt dagegen ein Schaden der Kategorie 3 vor, bei dem keines der o. g. einschränkenden Merkmale vorliegt, sollten Innenraumhygieniker/Baubiologen eingeschaltet werden, um die Sanierungsplanung und -begleitung zu übernehmen.

Die Ursachenfeststellung sollte dabei durch einen Bausachverständigen durchgeführt werden. Für den Baubiologen stehen neben der Gefährdungsbeurteilung und der Festlegung der baulichen Maßnahmen und der Arbeitsschutzmaßnahmen auch die Festlegung der Kriterien für die Erfolgskontrolle im Vordergrund. Dabei können die Kriterien für die Erfolgskontrolle je nach Einzelfall variieren. So gelten in einem Rohbau in einigen Bereichen, z. B. beim Verbraucherschutz, weniger strenge Kriterien, als z. B. in einem Krankenhaus.

5.1 Untersuchungen bei sichtbarem Schimmelpilzschaden

Ein sichtbarer Schimmelpilzschaden kann durch fachkundige Personen in aller Regel durch in Augenscheinnahme ohne aufwändige Untersuchungsverfahren festgestellt werden. Bei größeren Schäden (Kategorien 2 und 3 des UBA Leitfadens 2002) werden Materialuntersuchungen durchgeführt. Ebenso bei Zweifeln, ob Verfärbungen oder Ausblühungen an größeren Flächen auf Schimmelpilzbefall oder andere Ursachen (Partikelablagerungen, Schwärzungen, Salzausblühungen) zurückzuführen sind. Dabei kommen als Verfahren Abklatschproben, Klebefilmpräparate oder die Suspensionsmethode zum Einsatz. Die Methoden dazu sind im Leitfaden des LANDESGESUNDHEITSAMTES BADEN WÜRTTEMBERG (2001) beschrieben.

Für weiterführende Fragestellungen, die bei Sanierungen eine Rolle spielen, z. B. Feststellung von Sekundärkontamination durch Ausbreitung von der Primärquelle liefern weitere Untersuchungen von Oberflächen mittels Klebefilmpräparat oder von angrenzenden Räumen durch Staub- oder Luftuntersuchungen zusätzliche Informationen.

Bei Bagatellschäden (Kategorie 1) sind i.d.R. keine Materialuntersuchungen notwendig.

Untersuchungen bei nicht sichtbaren Schimmelpilzschäden werden in der Regel mit Raumluftmessungen und ggfs. mit Staubuntersuchungen durchgeführt. Diese Messmethoden können Hinweise auf Innenraumquellen geben. Sollten Hinweise auf Quellen vorliegen, so sind diese vor der Sanierungsplanung mit geeigneten Maßnahmen zu finden. Eine Richtlinie mit detaillierten Beschreibungen der Verfahrensweisen ist derzeit in Vorbereitung (VDI 4300 Blatt 10: Messstrategie für Schimmelpilze in Innenräumen).

5.2 Befallsbestätigung

Ob es sich bei einer optisch festgestellten Auffälligkeit um Schimmelpilzbefall handelt, kann durch mikroskopische Untersuchungen beantwortet werden. Zum analytischen Einsatz kommen hier Klebefilmpräparate oder eine direkte Materialmikroskopie. Mit dieser Methode kann entschieden werden, ob ein Schimmelpilzbefall vorliegt. Dabei können charakteristische Sporen wie *Stachybotrys chartarum* und *Chaetomium* oder Sporen der Gattungen *Aspergillus* und *Penicillium* erkannt werden. Auf diese Weise kann außerdem festgestellt werden, ob ein Schimmelpilz auf dem Material gewachsen ist d.h. ob Hyphen oder Sporenträger sich ausgebildet haben oder ob nur Sporen wie bei einer Sekundärkontamination auf dem Material sedimentiert sind.

Abklatsch- oder Abstrichuntersuchungen sind i.d.R. nicht geeignet da in vielen Fällen eine Abgrenzung zu Staub bzw. sedimentierten Sporen nicht sicher möglich ist. Außerdem setzen Abklatsch- und Abstrichproben voraus, dass die Pilze kultivierbar sind. Es kommt deshalb zu Fehlbefunden, wenn z. B. bereits vorher Maßnahmen mit einem fungiziden Mittel zur Abtötung der Pilze durchgeführt wurden. Geeignet ist diese Methode dann, wenn durch Kultivierungsverfahren die genaue Art festgestellt werden soll und ein Fungizid-Einsatz ausgeschlossen werden kann.

5.3 Bestimmung des Schadensausmaßes

In der Praxis ist die Bestimmung des Schadensausmaßes i.d.R. nicht allein durch die visuelle Inspektion möglich. Optisch nicht befallenes Material nahe einer Schadensstelle sollte durch Mikroskopie oder Kultivierung (Suspensionsverfahren) untersucht werden, um den Schadensbereich abzugrenzen. Um die Analysekosten gering zu halten, wird in der Praxis bei übersichtlichen Schäden vom letzten sichtba-

ren Schimmelpilzbefallsbereich noch 50 cm Fläche mehr entfernt, um so den nicht-sichtbar befallenen Bereich ebenfalls zu entfernen.

Bei unübersichtlichen Schäden empfiehlt sich die Probnahme von Material, um den Schadensbereich einzugrenzen. Dabei ist die Bestimmung des Schadensausmaßes in der Fläche und ggf. der Tiefe für die Bewertung des Schadens sowie für die Sanierungsplanung erforderlich.

Ein oberflächlicher Pilzbewuchs ist weniger kritisch zu bewerten als einer, der in die Tiefe von Putz und anderen Materialien vorgedrungen ist. Zur Bestimmung der Tiefe eines Befalls in porösem Material wie Putz oder Dämmschicht unter einem Estrich können Bohrkern- oder schichtweise entnommenes Material mit der Suspensionsmethode (oder in Einzelfällen auch mit der Mikroskopiemethode) untersucht werden.

Für die Untersuchung der Schadensausdehnung in der Fläche werden Proben in verschiedenen Abständen zum Schadenszentrum entnommen. Für diese Untersuchungen eignen sich Klebefilmpräparate oder die Untersuchung des Materials.

5.4 Feststellung von Sekundärkontaminationen

Neben dem direkten Befall des Materials mit Schimmelpilzen, der mittels Klebefilmpräparate festzustellen ist, ist auch zu prüfen, ob Materialien nur sekundär mit Sporen belastet sind. Dabei wird das Material ebenfalls mittels Klebefilmpräparate untersucht. Sind auf dem Klebefilm mikroskopisch Myzel, Sporangien und Cluster von Sporen festzustellen, so ist von einem direkten Befall des Materials auszugehen. Werden dagegen nur vereinzelt Sporen nachgewiesen, so ist das Material sekundär belastet und es reicht aus, die Oberflächen lediglich zu reinigen.

Im Vorfeld von Sanierungen ist es sinnvoll angrenzende Räume auf Sekundärbelastungen zu überprüfen. Nur wenn im Vorfeld eine Prüfung vorgenommen wurde, kann bei unsachgemäßer Abschottung des Sanierungsbereiches der Sanierer als Verursacher der Sekundärkontamination und des damit verbundenen Reinigungsaufwandes herangezogen werden. Als Analysemethoden eignen sich dann Luft- und Staubproben.

5.5 Befallsbewertung / Feststellung der Sanierungsnotwendigkeit

Für die Bewertung eines Schimmelpilzbefalls ist neben der Fläche, der Schimmelpilzzusammensetzung und der Eindringtiefe zu berücksichtigen, ob ein aktueller Schimmelpilzschaden oder ein Altschaden vorliegt. Bei einem aktuellen Schimmelpilzschaden ist zu erwarten, dass in hoher Konzentration Sporen an die Raumluft abgegeben werden

und dass es relativ schnell zu Veränderungen in der Zusammensetzung kommen kann. Ein Altschaden kann dagegen bereits in einem Zustand sein, bei dem zumindest keine nennenswerte Sporenverbreitung mehr auftritt.

Mit der Auswertung von Klebefilmkontaktproben kann in der Regel eingeschätzt werden, ob es sich um einen aktuellen oder einen alten, abgetrockneten Schaden handelt. Bei einem Altschaden sind die Mycelstrukturen oft nicht mehr in Takt oder infolge von Milbenaktivitäten nur noch bruchstückhaft nachweisbar. Unabhängig von der Untersuchung des Befalls sollte auf jeden Fall über Feuchtemessungen festgestellt werden, ob aufgrund erhöhter Feuchtigkeit noch mit einem Fortschreiten des Befalls zu rechnen ist.

In der Praxis ergibt sich häufig die Schwierigkeit, die untersuchten Proben zu bewerten. Alt-Staubablagerungen können bei der Verwendung der Suspensionsmethode zu einer hohen Konzentration an Schimmelpilzen im untersuchten Material führen, ohne dass ein direkter Befall vorhanden ist. Aus diesem Grund werden zur Befallsbestätigung Klebefilmkontaktproben oder die direkte Materialmikroskopie eingesetzt. Sind im Material Myzel und Sporenträger und/oder Sporencluster zu erkennen, kann das Material als mit Schimmelpilzen bewachsen bewertet werden. Einzelne Sporen auf dem Material sind dagegen nicht aussagekräftig. Die Direktmikroskopie eignet sich jedoch nur bedingt bei porösen Materialien mit großen Oberflächen wie Styropor oder Putz. Liegen Indizien für einen mikrobiellen Befall vor, der sich durch die Mikroskopie nicht bestätigt, ist zur Absicherung zusätzlich die Suspensionsmethode einzusetzen.

Eine weitere Schwierigkeit ergibt sich daraus, dass Baustoffe in ihrer Nutzungsphase durch Partikelablagerungen und Nutzereinflüsse verschmutzt werden. Sind neuwertige Dämmstoffe (z. B. Polystyrol, Mineralwolle-Dämmstoffe) nahezu steril, so weisen diese Materialien nach einer Standzeit von 10, 20 oder mehr Jahren in einem Gebäude unterschiedliche „Hintergrundbelastungen“ auf. Um zu unterscheiden, ob eine festgestellte mikrobielle Belastung eines Materials in Zusammenhang mit einem konkreten Schadensereignis steht oder der Befund auf eine „altersgemäße“ Verschmutzung des Materials zurückzuführen ist, empfiehlt es sich, eine vergleichende Untersuchung eines Referenzmaterials (gleicher Baustoff, Entnahmestelle außerhalb des Schadensbereiches im Objekt) durchzuführen.

Grundsätzlich sind nur solche Materialuntersuchungen aussagekräftig, die an repräsentativen Stellen eines Bauteils entnommen wurden. In der Praxis kommt es immer wieder vor, dass Gutachter bei einem Feuchteschaden im Fußbodenbereich den Randdämmstreifen an einem schwimmenden Estrich beproben und daraus Rückschlüsse auf den Zustand der Trittschall-Dämmschicht ziehen. Aufgrund unserer Erfahrung ist der Randdämmstreifen nicht geeignet, eine mikrobielle Belastung des Fußbodenaufbaus nachzuweisen. In den Randstreifen sammeln sich Altstäube und nicht selten dringen auch geringe Mengen Putzwasser ein,

so dass dort lokal begrenzt sehr hohe Schimmelpilzkonzentrationen nachweisbar sein können. Die Gesamtkonzentration an Schimmelpilzen in einem Bereich der mit Altstäuben belastet ist (und der üblicherweise nicht saniert wird) kann Größenordnungen erreichen, wie sie bei feuchtegeschädigten Materialien mit Schimmelpilzwachstum festzustellen sind. Ob ein Schimmelpilzwachstum stattgefunden hat, kann dann nur anhand des Artenspektrums beurteilt werden.

Im Rahmen einer Sanierungsplanung kann sich auch die Frage stellen, ob unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit der Kosten nicht auch ein Material, an dem Schimmelpilzwachstum aufgetreten ist und die betroffene Biomasse als gering eingeschätzt wird, im Gebäude verbleiben kann. Diese Frage kann sich beispielsweise dann stellen, wenn in der Trittschall-Dämmschicht eine erhöhte Schimmelpilzkonzentration festgestellt wurde, an dem Material augenscheinlich jedoch kein sichtbarer Befall erkennbar ist. Sofern unter Nutzungsbedingungen keine Schimmelpilzsporen in die Innenraumluft freigesetzt werden und auch keine belästigenden Gerüche festzustellen sind, besteht nach Einschätzung der Autoren kein Grund das Bauteil zu erneuern.

In der Tabelle 1 werden Schimmelpilzkonzentrationen nach einem Wasserschaden im Erdgeschoss aus einem Styropor-Fußbodenaufbau (EG und Vergleich OG) aufgeführt und dem Eintrag an Schimmelpilzsporen in die Raumlufte gegenübergestellt. Ebenfalls aufgeführt werden die Schimmelpilzkonzentrationen der Randdämmstreifen aus den beiden Geschossen. Deutlich zu erkennen ist, dass es bei Schimmelpilzkonzentrationen in der Trittschalldämmung von $8,9 \times 10^4$ KBE/g zu keinem relevanten Eintrag an Sporen in die Raumlufte kommt. Ebenfalls zu erkennen ist, dass der Randdämmstreifen in beiden Geschossen ähnlich hoch mit Schimmelpilzen belastet ist, obwohl im OG kein Wasserschaden aufgetreten ist. Die Sporenkonzentrationen im OG sind auf Altstäube zurückzuführen und mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit ist ein Teil der Schimmelpilzkonzentrationen im EG auch auf Altstäube zurückzuführen. Da die Artenzusammensetzung sich geringfügig unterscheidet, kann eine Belastung auch durch den Wasserschaden im EG aufgetreten sein, der sich in der Summe der Sporenbelastung jedoch nicht von einem Altstaub unterscheidet und dann nach Ansicht der Autoren auch nicht zu sanieren ist.

Die exemplarisch aufgeführten Daten entsprechen den Erfahrungen der Autoren aus Untersuchungen der letzten 5 Jahre im Bereich von mit Schimmelpilzen belasteten Hohlräumen.

Im Schimmelpilzleitfaden des Umweltbundesamtes (UBA 2002) heißt es:

„Schimmelpilzwachstum im Innenraum stellt ein hygienisches Problem dar, das aus Vorsorgegründen nicht toleriert werden kann. Bei nachweislichem Schimmelpilzwachstum

Tab. 1: Gegenüberstellung von mit Schimmelpilzen belastetem Material und der Auswirkung auf die Raumluft. Der Wasserschaden in dem exemplarischen Fall hat im EG stattgefunden, dabei ist Wasser in den Fußbodenaufbau gelaufen.

Ort der Messung	Schimmelpilz-Konzentrationen
Randdämmstreifen (EG)	1,3 x 10 ⁴ KBE/g vorwiegend <i>Aspergillus versicolor</i> und <i>Penicillium</i>
Randdämmstreifen (OG)	1,9 x 10 ⁴ KBE/g vorwiegend <i>Penicillium</i> und <i>Aspergillus restrictus</i>
Trittschalldämmung, Styropor (EG)	8,9 x 10 ⁴ KBE/g vorwiegend <i>Aspergillus versicolor</i> und <i>Acremonium sp.</i>
Trittschalldämmung, Styropor (OG)	1,3 x 10 ³ KBE/g vorwiegend <i>Aspergillus versicolor</i> und <i>Penicillium sp.</i>
Raumluft (EG)	MEA: 120 KBE/m ³ (ausßen: 520 KBE/m ³) DG 18: 310 KBE/m ³ (ausßen: 380 KBE/m ³)
Raumluft (OG)	MEA: 180 KBE/m ³ (ausßen: 520 KBE/m ³) DG 18: 210 KBE/m ³ (ausßen: 380 KBE/m ³)

im Innenraum müssen fachgerechte Sanierungsmassnahmen zur Beseitigung der Schimmelpilze durchgeführt werden.“

Diese Aussage wird in der derzeitigen Sanierungspraxis sehr unterschiedlich interpretiert. Viele Sachverständige leiten daraus die Anforderung ab, dass bei Schimmelpilzwachstum stets eine Erneuerung des Bauteils notwendig ist. Vor dem Hintergrund der Erfahrung, dass zwischen Schimmelpilzbelastungen von Materialien durch Verschmutzung und Partikelanhaftungen und solchen, die auf Schimmelpilzwachstum nach Feuchteeinwirkung zurückzuführen sind, nicht immer sicher zu differenzieren ist, halten die Autoren es für unerlässlich, dass die Kriterien nachvollziehbar dargestellt werden, wenn aus hygienischer Sicht ein Bauteil mit Schimmelpilzwachstum erneuert werden soll.

Nach dem Verständnis der Autoren kann es aus hygienischer Sicht nur darum gehen, die von Schimmelpilz-belasteten Materialien ausgehenden Gesundheitsrisiken für die

Nutzer zu minimieren. Bei oberflächlich sichtbarem Befall an Innenwandflächen oder verdeckten Schäden mit großer Biomasse ist die Substanz zu entfernen, da davon auszugehen ist, dass sehr hohe Schimmelpilzkonzentrationen in den Innenraum freigesetzt werden können und diese Schäden häufig Ursache von Geruchsbildungen sind. Es gibt aber auch eine Vielzahl von kleineren Schimmelpilzquellen in Innenräumen, die erfahrungsgemäß keinen erkennbaren Einfluss auf die Schimmelpilzbelastung in Innenräumen haben (z. B. Randstreifen von Fußböden in Altbauten).

Zur Präzisierung der Vorgabe des UBA (2002) wird vorgeschlagen, ein Bauteil / Material zu entfernen, wenn Schimmelpilzbefall visuell oder olfaktorisch wahrnehmbar ist und der Befall nicht nur oberflächlich, sondern auch in der Tiefe des Materials vorliegt.

Sollte auf einem Gipskarton oder einer OSB-Platte weder per Augenschein und Nase noch mit dem Mikroskop Hinweise auf einen Befall vorliegen, ist erst ab Konzentrationen ab 10⁵ KBE/g Material der Gipskarton bzw. die OSB-Platte zu entfernen. Diese Zahlen basieren auf Erfahrungen, nach denen höhere Konzentrationen zu erwarten sind oder Myzel oder Sporenträger mikroskopisch zu erkennen sind, wenn ein relevanter Feuchteschaden vorliegt. Ist beides nicht der Fall, so ist von einem kleineren Schaden bzw. von Altstäuben oder Sekundärbelastungen auszugehen.

In der Tabelle 2 werden Kriterien für verschiedene Baumaterialien aufgeführt, die bei der Entscheidungsfindung hilfreich sind, wann ein Schimmelpilz-belastetes Material zu entfernen ist. Die Werte sind entstanden durch die Auswertung von Materialproben in Kombination mit Raumluftmessungen und aufgrund von Untersuchungen, bei denen belastetes Material (i.d.R. Trittschalldämmung im Fußbodenaufbau oder Mineralwolle im Dachbereich) im Objekt belassen wurde und die Freisetzung von Schimmelpilzbelastungen durch Raumluftmessungen geprüft wurde (siehe Kasten).

Tab. 2: Anhaltspunkte zur Entfernung von Baumaterial. Die visuelle Kontrolle ist bei nicht sichtbarem Befall durch die Mikroskopie oder die Kultivierung abzusichern.

Material	visuelle und olfaktorische Kontrolle	Mikroskopie	Kultivierung* mit Verdünnung Konzentration in KBE/g
Gipskarton	entfernen, wenn Schimmelpilz sichtbar und riechbar	entfernen, wenn Mycel und Sporangien erkennbar	ab 10 ⁵ entfernen
OSB, Spanplatten und andere Holzwerkstoffe			ab 10 ⁵ entfernen
Putz			ab 10 ⁴ entfernen
Mineralwolle-Dämmung neu			ab 10 ⁴ entfernen
Mineralwolle-Dämmung alt			ab 10 ⁵ entfernen
Trockenestrich			ab 10 ⁴ entfernen
Fußbodenaufbau mit KMF			ab 10 ⁵ entfernen
Fußbodenaufbau mit Styropor			ab 10 ⁵ entfernen
alle anderen Materialien			Konzentrationsangabe zur Zeit noch nicht möglich

* gilt nicht für Artenzusammensetzung mit *Stachybotrys chartarum*, *Aspergillus fumigatus* und *Aspergillus flavus*.

Fallbeispiel

Fallbeispiel der Untersuchung eines Trittschalls, der trotz mikrobieller Belastung getrocknet wurde. Um den Erfolg der Maßnahme zu kontrollieren, wurden Raumluftmessungen auf luftgetragene Sporen durchgeführt.

Ausgangslage: Wasserschaden in einem zum Fitnessraum ausgebauten Kellerraum eines Neubaus. Fußbodenaufbau: 10 cm Styropor, Zementestrich, Marmorfliesen.

Es wurden im Fitnessraum 2 Trittschallproben untersucht, die unterschiedlich hoch mit Schimmelpilzen belastet waren. Es wurden Konzentrationen zwischen $1,1 \times 10^3$ und $3,1 \times 10^5$ KBE/g mit den Hauptarten *Verticillium psalliotae*, *Aspergillus versicolor* und *Penicillium spp.* mit der Suspensionsmethode nachgewiesen. *Stachybotrys chartarum*, *A. fumigatus* oder *A. flavus* wurden nicht nachgewiesen. Sichtbar und geruchlich wahrnehmbar war in den beprobten Bereichen kein Schimmelpilz. Aus wirtschaftlichen Gründen (Marmorboden!) sollte der Fußbodenaufbau erhalten bleiben.

Um zu prüfen, wie hoch die Konzentration an beweglichen Sporen im Fußbodenaufbau-Trittschall war, wurde aus den Trocknungsöffnungen die Abluft auf Schimmelpilzsporen untersucht. Die Konzentrationen waren mit 550 KBE/m³ *Penicillium* auffällig, aber nicht besonders hoch und entsprachen der UBA-Kategorie „Innenraumquelle wahrscheinlich“. Die anderen im Trittschall befindlichen Arten wurden in der Abluftmessung nicht oder in geringer Konzentration nachgewiesen.

Tab. 3: Messung der Gesamtsporen auf PS 30 200 l vor der Sanierung/ Trocknung und Desinfektion. Die Konzentrationen werden bereits vor der Sanierung als nicht besonders hoch bewertet.

Bezeichnung	Pilzsporen / m ^{3a)}	
	Summe	Pilzsporen
Fitnessraum Raumluft	1950	1600 Basidiosporen
		200 Ascosporen
		100 Typ <i>Penicillium/Aspergillus</i> ^{b)}
		50 <i>Cladosporium</i>
Abluft Luft unterhalb Estrich	900	600 Basidiosporen
		250 Typ <i>Penicillium/Aspergillus</i> ^{b)}
		50 <i>Cladosporium</i>
Außenluft	3200	2400 Basidiosporen
		450 Ascosporen
		300 <i>Cladosporium</i>
		50 Typ <i>Penicillium/Aspergillus</i> ^{b)}

a) Berechnet aus einem gezählten Sporenteil bzw. für Sporen von *Epicoccum*, *Chaetomium*, *Stachybotrys*, Typ *Alternaria/Ulocladium*, Typ *Helminthosporium* aus der Gesamtzahl pro 200 l Probevolumen
 b) Mangels charakteristischer morphologischer Merkmale nicht genauer bestimmbar

Nach der Trocknung und einer anschließenden Desinfektion wurden mit gesamt 320 KBE/m³ in der Abluft deutlich geringere lebende Schimmelpilzkonzentrationen nachgewiesen im Vergleich zur Außenluft mit 970 KBE/m³. Die Artenzusammensetzung war mit dem Nachweis von 100 *Aspergillus versicolor* auffällig im Vergleich zur Außenluft (UBA-Kategorie „Innenraumquelle nicht auszuschließen“). Aufgrund der Desinfektion waren aber auch die toten Sporen und Bruchstücke beprobt worden, so dass die Kategorie „Innenraumquelle unwahrscheinlich“ festzustellen war.

Die nach Trocknung und Desinfektion zum Abschluss durchgeführte Raumluftmessung lag mit einer Konzentration von 150 KBE/m³ im Fitnessraum (Außenluft: 706 KBE/m³), 50 *Penicillium spp.* und 40 *Aspergillus versicolor* im Bereich „Innenraumquelle unwahrscheinlich“. Bei der Gesamtsporenmessung wurden weder *Aspergillus/Penicillium* noch andere Feuchteindikatoren nachgewiesen. Der Eintrag an Sporen durch den belasteten Estrich wurde aus diesem Grund als unerheblich bewertet.

6 Sanierungsdurchführung und -begleitung

Der Sanierungsumfang und die Sanierungsmaßnahmen werden im besten Fall auf der Grundlage einer wie in Kapitel 5 beschriebenen Bestandsaufnahme ermittelt. In der Sanierungspraxis fehlt häufig die Einsicht in die Notwendigkeit einer solchen fundierten Bestandsaufnahme. Kleine Schimmelpilzschäden (Kategorie 1) können gemäß den Handlungsempfehlungen des Schimmelpilzleitfadens von Privatpersonen und Laien selbst beseitigt werden. Schimmelpilzschäden der Kategorie 2 und Kategorie 3 (oberflächliches Wachstum s. Ablaufschema 2) sollten von sachkundigen Handwerkern (s. Kasten Anforderungsprofil) saniert werden. Es handelt sich dabei um Arbeiten von begrenztem Umfang, für die keine detaillierte Sanierungsplanung im Vorfeld erforderlich ist.

Eine Sanierungsplanung, wie sie im Folgenden beschrieben wird, ist ausschließlich für Schimmelpilzschäden der Kategorie 3 vorzusehen, bei denen sehr große Flächen oder unterschiedliche Bauteile betroffen sind (s. Ablaufschema 3). Bei kleineren Schäden der Kategorie 3 (oberflächliches Wachstum s. Ablaufschema 2) sollten Hygieniker beteiligt werden, wenn der Schaden in einem Raum mit besonders sensibler Nutzung (z. B. Kindergärten und Krankenhäuser) vorliegt oder wenn Schimmelpilzarten nachgewiesen werden, denen aus gesundheitlicher Sicht eine besondere Bedeutung zukommt (z. B. *Stachybotrys chartarum*, *Aspergillus fumigatus*). Je nach Problemstellung ist eine Zusammenarbeit mit Sachverständigen aus dem Baubereich unerlässlich. Mit der Durchführung der Sanierungsarbeiten sollten nur ausgewiesene Fachfirmen beauftragt werden (s. Kasten Anforderungsprofil).

Anforderungsprofil: „sachkundiger Handwerker“

- Sachkenntnis Schimmelpilze des vor Ort eingesetzten Personals durch qualifizierende externe Schulung (Nachweise anfordern)
- Technische Sachkunde Bautrocknung
- Bau und Funktion von Containments
- Geräte und Ausrüstungen zum staubarmen Bearbeiten von Bauteilen (z.B. Saugergeräte mit Filterklasse H, Oberflächenfräsen mit integrierter Absaugung)
- Sachkenntnis über die Verwendung von Desinfektionsmitteln
- Sachkenntnis Feinreinigung

Das Ziel einer Schimmelpilzsanierung ist:

1. die Feuchtequelle festzustellen und zu beseitigen,
2. den Schimmelpilzbefall an der Bausubstanz möglichst weitgehend zu entfernen oder – falls dies nicht mit vertretbarem Aufwand möglich ist – einzukapseln und vor Feuchtigkeit zu schützen
3. die Bausubstanz so wiederherzustellen, dass das Risiko eines erneuten Schadens minimiert ist.

Anforderungsprofil: „sachkundige Sanierungsunternehmen“

- Sachkenntnis Schimmelpilze des vor Ort eingesetzten Personals (Nachweise anfordern)
- Sonstige Kriterien vgl. „sachkundige Handwerker“
- Sachkunde gemäß BGR 128 (Arbeiten in kontaminierten Bereichen) oder gemäß TRGS 519 (Asbest, Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten) des vor Ort eingesetzten Personals (Nachweise anfordern)
- Geräte und Ausrüstungen zum Arbeiten in kontaminierten Bereichen (z.B. Saugergeräte mit Filter der Filterklasse H; Einrichtungen für einen technischen Luftwechsel und vorgegebene Unterdruckhaltung)
- Sachkenntnis von speziellen Sanierungsverfahren (s. 6.1)

Alle drei angeführten Aspekte sind im Rahmen einer Sanierungsplanung zu berücksichtigen. In der vorliegenden Betrachtung stehen die hygienischen Aspekte im Zusammenhang mit einer Schimmelpilzsanierung im Vordergrund. Untersuchungen zur Klärung der Ursachen von Feuchteschäden in Gebäuden fallen traditionell in das Sachgebiet von Bauschadensgutachtern oder Bauphysikern. Sofern die Quelle oder Ursache der Feuchtigkeit unklar ist, sollte spätestens nach der Bestandsaufnahme ein(e) entsprechend qualifizierte(r) Bausachverständige(r) hinzugezogen werden. In der Praxis ist die Ursache des Feuchteintrages zum Zeitpunkt der Sanierungsplanung häufig bereits behoben. Sofern dies jedoch noch nicht geschehen ist, müssen die baulichen Maßnahmen mit einem Bausachverständigen abgestimmt sein. Auch wenn die Ursache der Baufeuchtigkeit – z. B. an wasserführenden Leitungen – bereits beseitigt wurde, ist im Vorfeld der Sanierungsplanung abzuklären, ob die Bausubstanz soweit abgetrocknet ist, dass ein weiteres Schimmelpilzwachstum im Schadensbereich während und nach der Sanierung sicher ausgeschlossen ist. Ergeben die Baufeuchtemessungen, dass die Bausubstanz noch nicht ausreichend trocken ist, sind Trocknungsmaßnahmen unverzichtbar. Die Art der einzusetzenden Technik zur Trocknung und auch der optimale Zeitpunkt der Trocknung im Sanierungsfortgang können von Fall zu Fall sehr unterschiedlich sein. Liegt eine Durchfeuchtung und Schimmelpilzwachstum an Bauteilen mit hohem organischem Materialanteil vor, empfiehlt es sich, die betroffenen Bauteile vor Einleitung der Trocknungsmaßnahmen auszubauen. Betrifft die Durchfeuchtung Mauerwerk und anorganische Bausubstanz, ist den Trocknungsmaßnahmen erste Priorität zu geben.

Folgende Aspekte sind im Vorfeld der Durchführung einer Schimmelpilzsanierung festzulegen:

1. **Arbeitsverfahren und -abfolge**
2. **Schutz der Personen, die schimmelpilzkontaminiertes Baumaterial entfernen oder reinigen (angemessene Arbeitsschutzmaßnahmen)**

Folgende Faktoren sind beispielsweise dabei zu berücksichtigen

- Größe der Fläche, Eindringtiefe und Artenzusammensetzung des Schimmelpilzbefalls
- voraussichtliche Staub- bzw. Aerosolentwicklung bei den Sanierungsarbeiten
- Art des Staubes (z. B. Feinstaub, Grobstaub) bzw. Aerosol
- Raumgröße
- Ausmaß der Kontamination mit mikrobiell kontaminiertem Wasser

3. Abschottung des Sanierungsbereichs zum Schutz von außenstehenden Personen und Sachgütern (Errichten von Containments)

Folgende Faktoren sind dabei zu beachten:

- Gesundheitszustand der Nutzer
- Ausmaß der Gefahr der Verbreitung der biologischen Arbeitsstoffe und gegebenenfalls der chemischen Gefahrstoffe im Objekt
- Reinigungsmöglichkeit der Gegenstände im Objekt

4. Erfolgskontrolle und Reinigungsmaßnahmen zur Beseitigung von schimmelpilzhaltigen Stäuben im Sanierungsbereich vor Wiedereingebrauchnahme

6.1 Arbeitsverfahren und -abfolge

Bei der Beseitigung von Schimmelpilzschäden an der Baubsubstanz kommen aus bautechnischer Sicht Verfahren in Betracht, wie sie üblicherweise bei Abbrucharbeiten an entsprechenden Bauteilen zum Einsatz kommen (z. B. Stemmarbeiten, Abschleifen von Oberflächen). Je nach Art des Arbeitsverfahrens können dabei sehr hohe Konzentrationen von Schimmelpilzsporen in die Luft freigesetzt werden (s. Tab. 5). Aus diesem Grund sollten bei gleichwertigen Arbeitsverfahren nur solche zum Einsatz kommen, die als „staubarm“ einzustufen sind (s. Tab. 6). Da die Freisetzung von Schimmelpilzsporen in die Raumluft auch bei Verwendung „staubarmer“ Arbeitsverfahren nicht ganz vermieden werden kann, sind spezielle Arbeitsschutzmaßnahmen zu berücksichtigen und Maßnahmen zu veranlassen, die eine Verschleppung der Sporen in unbelastete Bereiche verhindern (s. Abschn. 6.3).

6.1.1 Stemmarbeiten

Schimmelpilzbefall tritt bei bestimmten Schadensursachen bevorzugt in Raumecken und Kantenbereichen auf. Neben dem Einsatz von Fräsen mit integrierter Absaugung kann im Bereich von Technikinstallationen und Raumecken auf das manuelle Abtragen von Putzflächen nicht verzichtet werden.

6.1.2 Hochdruckwasserstrahlverfahren

Beim Hochdruckwasserstrahlverfahren werden die Schimmelpilzstrukturen durch den Wasserstrahldruck mecha-

nisch abgelöst. Das Verfahren ist für Beton- oder Fliesenflächen in Feuchträumen mit vorhandenem Bodenablauf geeignet. In bewohnten Räumen wird dieses Verfahren aber nicht eingesetzt.

6.1.3 Heißdampfverfahren

Beim Heißdampfverfahren wird Wasserdampf (ca. 120 °C) mit Druck auf die Bauteiloberfläche ausgebracht. Die Myzelstrukturen werden dadurch inaktiviert und abgelöst. Zusammen mit dem an der Bauteiloberfläche kondensierten Wasser können die Schimmelpilzstrukturen abgesaugt oder abgewischt werden. Das Verfahren ist geeignet für Schimmelpilzbefall von glatten Oberflächen, wie z. B. Beton, Stein und Putz (s. auch Kap. III–4.4.11). Nach der Behandlung der Flächen können Maßnahmen zur Beschleunigung der Trocknung der behandelten Bauteile erforderlich sein.

6.1.4 Oberflächenabtrag mit Fräsgeräten

Oberflächenfräsen mit integrierter Absaugung sind eine staubarme Alternative zum manuellen Abstemmen von Putzflächen. Das Verfahren eignet sich auch zur Beseitigung von Schimmelpilzbefall an porösem Stein oder Beton.

6.1.5 Hochdruckwasserstrahltechnik

Von Beton und Mauerwerk können schimmelpilzbelastete Beschichtungen (z. B. Farbschichten) mittels Hochdruckwasserstrahltechnik vollständig entfernt werden. Gleichzeitig werden die mineralischen Oberflächen gereinigt. Der Wasserstrahl wird dabei über rotierende Düsen innerhalb des Werkzeugs auf das Bauteil gerichtet. Die Abtragtiefe kann über den Wasserstrahl Druck reguliert werden. Durch einen speziellen Andrückmechanismus des Flächenabtragswerkzeugs („Hochdruck-Krake“) ist sichergestellt, dass weder Spritzwasser noch kontaminiertes Material in die Umgebung freigesetzt werden können. Die Flächen können in der Regel ohne weitere Vorbehandlung (Desinfektion) neu beschichtet werden. Auch bei diesem Verfahren muss die Restfeuchte im Mauerwerk gut abtrocknen können; es ist zu prüfen, ob Maßnahmen zur Beschleunigung der Trocknung der behandelten Bauteile erforderlich sind.

6.1.6 Sprühextraktionsverfahren

Das Sprühextraktionsverfahren kann zur Reinigung sekundärbelasteter Teppiche, textiler Bodenbeläge und Polster eingesetzt werden. Unter Druck wird eine Reinigungslösung auf den Teppich gesprüht und die Lösung zusammen mit dem Schmutz sofort wieder aus dem Flächenaufsatz aufgesaugt. Die Schmutzflotte wird in einem Absaugbehälter aufgefangen.

Das Sprühextraktionsverfahren ist eine mechanisch sanfte Methode der Teppich- und Polsterreinigung. Nach einer solchen Reinigung ist für eine rasche Trocknung zu sorgen.

6.1.7 Desinfektionsmaßnahmen

Für die Flächendesinfektion ist eine Verwendung von 70–80 %-igem Ethylalkohol aufgrund der Brand- und Explosionsgefahr nicht geeignet. Bei einer Verwendung von Hypochlorit-haltigen Desinfektionsmitteln kann es zu einer Freisetzung von giftigem Chlorgas kommen. Derartige Mittel sollten nur in beschränktem Umfang und unter guten Lüftungsverhältnissen verwendet werden. Für großflächige Verwendungen sind Desinfektionsmittel mit Wasserstoffperoxid zu bevorzugen. Da auch Wasserstoffperoxid auf Augen und Haut reizend wirkt, sollte der Peroxidgehalt im Desinfektionsmittel möglichst nicht über 10 % liegen.

Die Frage, ob und in welchen Bereichen Desinfektionsmittel sinnvoll eingesetzt werden können, ist im Rahmen der Sanierungsplanung zu entscheiden. Welches Desinfektionsmittel zum Einsatz kommt, ist abhängig von der Art der zu behandelnden Fläche und den räumlichen Gegebenheiten.

Informationen zu möglichen Gefahren bei der Verwendung von Desinfektionsmitteln sind den Sicherheitsdatenblättern zu entnehmen.

6.1.8 Beschichtungssysteme

Zur Sanierung von Schimmelpilzbefall an Putzen oder Mauerwerk werden eine Vielzahl von Spezialfarben und Sanierputzen mit speziellen chemischen Zusätzen angeboten. Bei einigen Produkten kann nach Angaben der Hersteller auf eine Beseitigung des Schimmelpilzbefalls vor Auftragen der Beschichtungen verzichtet werden. Da neben den Mikroorganismen häufig auch Stoffwechselprodukte der Mikroorganismen in den betroffenen Bauteilen vorhanden sind, die in die Raumluft übertreten können und in der Regel Ursache des mit einem mikrobiellen Befall einhergehenden Geruchs sind, ist diesen Sanierungsverfahren aus luft-hygienischer Sicht mit einiger Skepsis zu begegnen.

Tab. 4: Reinigungsverfahren für unterschiedliche Oberflächen (GABRIO et al. 2004)

Arbeitsverfahren	Struktur der Oberfläche		
	glatt, nicht saugend	porös	textil
Reinigungsverfahren			
trocken wischen/abfegen	nicht geeignet	nicht geeignet	nicht geeignet
nass abwaschen	geeignet	bedingt geeignet	nicht geeignet
Dampfreinigung	bedingt geeignet	geeignet	nicht geeignet
Waschmaschine	nicht geeignet	nicht geeignet	bedingt geeignet
Sprüh-Extraktion	nicht geeignet	geeignet	geeignet
Storch Hochdruck-Krake	nicht geeignet	bedingt geeignet	nicht geeignet
Absaugen (K1-, H-Filter)	bedingt geeignet	bedingt geeignet	bedingt geeignet

Tab. 5: Schimmelpilzkonzentrationen (KBE/m³) bei „nicht-staubarmen“ Arbeitsverfahren (Konzentrationen, die exemplarisch während der beschriebenen Tätigkeiten bei personenbezogenen Messungen ermittelt wurden)

Tätigkeiten im Rahmen einer Schimmelpilzsanierung	Schimmelpilz-Exposition der Arbeiter in KBE/m ³
Einrichten des Schwarzraumes; diverse Aufbauarbeiten am Schott, Holzbalken zuschneiden, Folie verkleben und tackern	1,3 x 10 ³
Abschlagen von Putz an Fensterstürzen und -leibungen, Demontage von Rabitz (Wände nicht befeuchtet)	210 x 10 ³
Stemmarbeiten zum Entfernen von kontaminierten Kleinflächen im Decken- und Fenstersturz-bereich	53 x 10 ³
Verfüllen von Bauschutt und Abtransport	48–62 x 10 ³ (Mehrfachmessung)
Aufschneiden und Demontage von Rabitzwänden und Trennen von Versorgungsleitungen	10 x 10 ³
Demontage eines sekundärkontaminierten Lüftungsgerätes	90 x 10 ³
Reinigungsarbeiten	3,8–5,3 x 10 ³
Zusammenfegen von Bauschutt	190 x 10 ³
Absaugen von Baustaub	4,2 x 10 ³
Abreißen einer Fußleiste mit dahinter liegenden Schimmelpilzbefall mit <i>Stachybotrys chartarum</i>	26 x 10 ³

Tab. 6: Schimmelpilzkonzentrationen (KBE/m³) bei „staubarmen“ Arbeitsverfahren (Konzentrationen, die exemplarisch während der beschriebenen Tätigkeiten bei personenbezogenen Messungen ermittelt wurden)

Tätigkeiten im Rahmen einer Schimmelpilzsanierung	Schimmelpilz-Exposition der Arbeiter in KBE/m ³
Demontage von kontaminierten Einrichtungsgegenständen nach Besprühen mit Restfaserbindemitteln	1,3–1,5 x 10 ³
Demontage von sekundärkontaminierten Mineralwollgedämmstoffen nach Befeuchtung	0,5–2,2 x 10 ³
Demontage von Haustechnik und Versorgungsleitungen nach Befeuchtung	0,5–2,7 x 10 ³
Entfernen von primär- und sekundärkontaminierten Teppichbodenbelägen nach Aufbringen von Restfaserbindemitteln	0,5–1,1 x 10 ³
Entfernen von schimmelpilzbelastetem Putz – Abfräsen des Putzes (Oberflächenfräse mit integrierter Absaugung, Filterklasse H)	3,0 x 10 ³
Entfernen von schimmelpilzbelastetem Gipskarton – Anfeuchten der Schnittstellen, Demontage mit Schneider, ohne Absaugung	2,5 x 10 ³

Tab. 7: Schimmelpilzkonzentrationen in der Raumluft Sanierungsbereichen (Durchschnittskonzentrationen, die bei Schimmelpilzsanierungen als Tagesmittelwerte während der Sanierungsdurchführung gemessen wurden)

Ort der Messung	Schimmelpilz-Konzentrationen im Sanierungsbereich
Abgeschotteter Sanierungsbereich	0,55–21 x 10 ³ KBE/m ³
Schleusenbereich (Material)	0,7–8,7 x 10 ³ KBE/m ³
Schleusenbereich (Personen)	0,5–6,5 x 10 ³ KBE/m ³
Sanierungsbereich während des Betriebes von HEPA Raumluft-Standfiltern ausgerüstet	<i>Stachybotrys</i> und <i>Chaetomium</i> : 35–500 Sporen/m ³

6.2 Arbeitsschutzmaßnahmen

Tätigkeiten bei der Bausanierung sind in der Regel *nicht gezielte Tätigkeiten* mit biologischen Arbeitsstoffen der Risikogruppe 1. Nach § 7 Biostoffverordnung müssen auch für *nicht gezielte Tätigkeiten* mit biologischen Arbeitsstoffen Gefährdungsbeurteilungen durchgeführt und die erforderlichen Schutzmaßnahmen festgelegt werden. Wesentliche Grundlage für die Gefährdungsbeurteilung ist eine ausreichende Informationsbeschaffung über die geplanten Tätigkeiten. Ist ein Schimmelpilzbefall mit Spezies der Risikogruppe 1 (s. Technische Regel für biologische Arbeitsstoffe TRBA 460) zu sanieren, reichen die in der TRBA 500 beschriebenen Hygiene-Maßnahmen als Mindestmaßnahmen aus. Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung müssen darüber hinaus jedoch auch sensibilisierende und toxische Wirkungen von Schimmelpilzen berücksichtigt werden. Schimmelpilzhaltige Stäube sind gemäß Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 907 „Verzeichnis sensibilisierender Stoffe“ als allergen eingestuft. Deshalb muss bei der Sanie-

rung schimmelbelasteter Bausubstanz grundsätzlich auch die TRGS 540 „Sensibilisierende Stoffe“ beachtet werden. Die Gefahr des Auftretens von sensibilisierenden und toxischen Wirkungen hängt insbesondere von der Menge und Art der bei der Sanierung zu erwartenden Stäube ab. Beurteilungsgrundlage sind Häufigkeit, Art und Dauer von schimmelpilzhaltigen Staubexpositionen.

Aus den Tabellen 5 und 6 ist zu entnehmen, welchen Einfluss das eingesetzte Arbeitsverfahren auf die Schimmelpilzkonzentration und die resultierende Exposition der Arbeiter hat. Aus Gründen des Arbeitsschutzes (Minimierungsgebot gemäß TRGS 540) müssen für Schimmelpilzsanierungen Arbeitsverfahren ausgewählt werden, mit denen die Freisetzung von Staub und Schimmelkeimen in die Luft so gering wie möglich ist. Dieses ist vor allem durch technische und organisatorische Maßnahmen sicherzustellen. Eine Reduzierung der zu erwartenden Freisetzung von schimmelpilzhaltigen Stäuben kann z. B. durch folgende Maßnahmen erreicht werden:

- Verwendung von Sprühextraktionsverfahren anstatt klassischer Verfahren wie Abschlagen oder Stemmen
- Verwendung von Maschinen und Geräten mit integrierter Absaugung
- Befeuchten der zu bearbeitenden Oberflächen
- Auftragen von „Restfaserbindemitteln“ auf Tapeten, Putzen und Teppichböden, bevor diese entfernt werden
- Absaugen von Befallsflächen vor Abtrag der Oberfläche

In Hinblick auf den Arbeitsschutz sind Verfahren wie z. B. Stemmarbeiten sowie Abbürsten oder Sandstrahlung von befallenen Oberflächen als nicht empfehlenswert einzuschätzen. In der Sanierungspraxis kann jedoch nicht immer ganz auf den Einsatz solcher Verfahren verzichtet werden. Aus der Tabelle 5 ist jedoch zu entnehmen, dass bei der Durchführung dieser Arbeiten sehr hohe Schimmelpilzkonzentrationen auftreten können. Vor diesem Hintergrund ist

es nachvollziehbar, dass die zu treffenden Arbeitsschutzmaßnahmen im Rahmen einer Schimmelpilzsanierung von den Berufsgenossenschaften (Bau-BG: Sanierung von schimmelpilzbelasteten Räumen – Handlungsinformation, 2004) weniger von der Größe der zu bearbeitenden Fläche

als von der zu erwartenden Staubexposition abhängig gemacht wird. Danach sind die Arbeiten im Rahmen einer Sanierung schimmelpilzbelasteter Bausubstanz (Risikogruppe 1) je nach Arbeitsverfahren und erwarteter Expositionsdauer einer von drei Belastungsstufen zuzuordnen:

Tab. 8: Kriterien zur Ermittlung der Belastungsstufe gemäß Empfehlung der Bau- BG (2004):

Vermutete Sporenbelastung bei dem eingesetzten Arbeitsverfahren	Dauer der Exposition	
	Kurz (< 2 h)	Lang (> 2h)
Gering	Belastungsstufe 1 Keine Gefährdung durch sensibilisierende Wirkung; Arbeitsschutz: Allgemeine Hygiene nach TRBA 500	Belastungsstufe 1 Keine Gefährdung durch sensibilisierende Wirkung; Arbeitsschutz: Allgemeine Hygiene nach TRBA 500
Hoch	Belastungsstufe 2 Gefährdung über die Atemwege durch Sporenkonzentrationen; Einrichten eines Schwarz-/Weißbereichs; neben allgemeiner Hygiene nach TRBA 500 Atemschutz (P2) und andere persönliche Schutzausrüstungen erforderlich	Belastungsstufe 3 Containment erforderlich mit Be- und Entlüftung des Schwarzbereichs; Atemschutz; arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung der Arbeiter; Atemschutz der Schutzstufe TM2P oder TH2P

6.2.1 Arbeitsschutz bei Belastungsstufe 1

Bei Arbeitsverfahren, bei denen keine oder nur eine geringe Freisetzung von schimmelpilzhaltigen Stäuben auftritt, ist gemäß der Handlungsinformation – *Sanierung von schimmelpilzbelasteten Räumen* (Bau-BG, 2004) grundsätzlich kein spezieller Atemschutz erforderlich. Bei den Arbeiten

freigesetzte Stäube sind mit Industriesaugern mit Filterpatronen der Kategorie H entsprechend DIN EN 60335-2-65 am Ort der Entstehung zu erfassen. Außerdem sind die allgemeinen Hygieneanforderungen gemäß den Vorgaben aus der TRBA 500 zu beachten.

TRBA 500: Allgemeine Hygienemaßnahmen – Mindestanforderungen

Technische und bauliche Maßnahmen
Bei der Einrichtung von Arbeitsstätten sind im Hinblick auf die Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen folgende Anforderungen zu berücksichtigen:

- Leicht zu reinigende Oberflächen für Fußböden und Arbeitsmittel (z. B. Maschinen, Betriebseinrichtungen) im Arbeitsbereich, soweit dies im Rahmen der betrieblichen Möglichkeiten liegt
- Maßnahmen zur Vermeidung/Reduktion von Aerosolen, Stäuben und Nebel
- Waschgelegenheiten sind zur Verfügung zu stellen
- Vom Arbeitsplatz getrennte Umkleidemöglichkeiten.

Organisatorische Maßnahmen

- Vor Eintritt in die Pausen und nach Beendigung der Tätigkeit sind die Hände zu waschen
- Mittel zum hygienischen Reinigen und Trocknen der Hände sowie ggf. Hautschutz- und Hautpflegemittel müssen zur Verfügung gestellt werden
- Es sind Möglichkeiten zu einer von den Arbeitsstoffen getrennten Aufbewahrung der Pausenverpflegung und zum Essen und Trinken ohne Beeinträchtigung der Gesundheit vorzusehen
- Arbeitskleidung und persönliche Schutzausrüstung sind regelmäßig und bei Bedarf zu reinigen oder zu wechseln
- Straßenkleidung ist von Arbeitskleidung und persönlicher Schutzausrüstung getrennt aufzubewahren
- Arbeitsräume sind regelmäßig und bei Bedarf mit geeigneten Methoden zu reinigen
- Pausen- oder Bereitschaftsräume bzw. Tagesunterkünfte sollten nicht mit stark verschmutzter Arbeitskleidung betreten werden
- Abfälle mit biologischen Arbeitsstoffen sind in geeigneten Behältnissen zu sammeln
- Mittel zur Wundversorgung sind bereitzustellen.

Persönliche Schutzausrüstung
Im Einzelfall kann aufgrund der Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung zusätzlich zu den technischen und baulichen sowie den organisatorischen Maßnahmen der Einsatz von persönlicher Schutzausrüstung zeitweilig notwendig werden:

- Hautschutz
- Handschutz
- Augenschutz/Gesichtsschutz
- Partikelschutzfilter.

6.2.2 Arbeitsschutz bei Belastungsstufe 2

Bei Arbeitsverfahren, bei denen hohe Schimmelpilzstaubkonzentrationen freigesetzt werden können, ist zusätzlich die zu erwartende Dauer der Exposition zu berücksichtigen. Die Belastungsstufe 2 liegt vor, wenn hohe Schimmelpilzstaubexpositionen bei der Sanierung erwartet werden, die Dauer der Exposition jedoch nicht länger als 2 Stunden anhält.

Als technische und organisatorische Maßnahme ist eine Schwarz-/Weißtrennung des Arbeitsbereichs vorzusehen. Je nach Sanierungsumfang können dafür unterschiedliche Maßnahmen erforderlich sein. Bei kleinen Räumen kann es ausreichen, den Raum abzudichten. Als Schleusen können vorhandene örtliche Gegebenheiten wie z. B. angrenzende kleinere Flure geeignet sein. Bei Sanierungsbereichen innerhalb großer Räume empfiehlt es sich den Sanierungsbereich abzuschotten. Der Zugang kann über Einwegschleusen erfolgen. Je nach erwarteter Schimmelpilzmenge in der Atemluft und Grad der Verunreinigung im Sanierungsbereich können aufwändigere Schleusen (z. B. Dreikammerschleusen) erforderlich sein.

Die Arbeits- bzw. Schutzkleidung muss getrennt von der Straßenkleidung aufbewahrt werden. Getränke, Lebensmittel und Tabakwaren dürfen nicht in den Sanierungsbereich eingebracht werden. Der Übergang vom belasteten Schwarz-Bereich in den unbelasteten Weißbereich hat über eine Schwarz-Weiß-Trennung zu erfolgen. Verunreinigte Schutzkleidung (Einmalanzüge) ist im Bereich der Schleusen abzulegen und muss in speziell dafür vorgesehenen Aufbewahrungsbehältern entsorgt werden. Im Weiß-Bereich müssen Wasch- und Umkleidemöglichkeiten zur Verfügung stehen.

Werkzeuge und andere Arbeitsmittel sind innerhalb des Schleusenbereichs zu reinigen. Zum Schutz der Arbeiter im Sanierungsbereich sind persönliche Schutzausrüstungen erforderlich, die über die Vorgaben der TRBA 500 hinausgehen. Im Schwarzbereich ist Einwegschutzkleidung der Kategorie III Typ 5 zu tragen. Die Kapuzen der Einwegkleidung müssen im Schwarzbereich getragen werden, um eine Verschleppung von Stäuben über die Haare zu minimieren.

Es sind Halbmasken mit P2-Filtern oder FFP-Masken zu tragen, wobei die Halbmasken mit P2-Filtern den FFP-Masken vorzuziehen sind (s. auch BGR 190). Die Träger der Masken müssen arbeitsmedizinisch nach G 26 untersucht worden sein.

Beim Tragen von Halbmasken ist bei den Arbeiten mindestens eine Korbbrille zu tragen. Der Augenschutz kann auch durch das Tragen einer Vollmaske gewährleistet werden.

Der Handschuh muss auf die Art der Belastung (Staub oder Flüssigkeit) sowie das Arbeitsverfahren abgestimmt sein. Hinweise zur Auswahl geeigneter Schutzhandschuhe sind den Informationsschriften der Bau-BG zu entnehmen. Me-

dizinische Einmalhandschuhe oder Handschuhe aus Leder/Textil-Kombinationen sind als Handschutz ungeeignet.

Das Schuhwerk muss abwaschbar sein. Geeignet sind Gummistiefel der Ausführung S5.

6.2.3 Arbeitsschutz bei Belastungsstufe 3

Sind die Tätigkeiten aufgrund der zu erwartenden Exposition der Belastungsstufe 3 zuzuordnen, müssen zusätzliche technische Maßnahmen zu den für die Belastungsstufe 2 beschriebenen Vorgaben veranlasst werden. Bei Arbeiten der Belastungsstufe 3 ist eine mechanische Be- und Entlüftung des Schwarzbereichs sicherzustellen. Bei der Abluftführung ist sicherzustellen, dass keine Gefährdung Dritter entsteht. In einem solchen Fall ist die Abluft zu filtern.

Desweiteren fordert die Bau-BG bei Arbeiten der Belastungsstufe 3 einen erhöhten Atemschutz. Es sind gebläseunterstützte Atemschutzmasken der Schutzstufe TM2P oder TH2P vorzusehen. Die Träger der Masken müssen gemäß G26 arbeitsmedizinisch untersucht sein.

6.3 Einrichten von Containments

Nicht nur aus Gründen des Arbeitsschutzes sondern vor allem auch um Verschleppungen von schimmelpilzhaltigen Stäuben in angrenzende unbelastete Räume zu verhindern, ist bei Schimmelpilzsanierungen mit hohem Staubaufkommen eine staubdichte Abschottung des Sanierungsbereichs vorzunehmen. In der Tabelle 7 sind Messwerte für durchschnittliche Schimmelpilzkonzentrationen in Sanierungsbereichen aufgeführt. Eine unkontrollierte Freisetzung und Verschleppung von schimmelpilzhaltigen Stäuben kann dazu führen, dass Nutzer von Nebenräumen einer Gefährdung ausgesetzt werden und/oder Einrichtungsgegenstände durch die schimmelpilzhaltigen Stäube kontaminiert werden. Insbesondere wenn Sanierungen in eingerichteten und genutzten Räumen durchgeführt werden müssen, sind Abschottungen unverzichtbar. Durch das Einrichten von Containments wird zugleich der Bereich eingegrenzt, der nach Abschluss der Sanierung einer Feinreinigung zu unterziehen ist.

6.4 Erfolgskontrollen nach Sanierung

Die Erfolgskontrolle der Schimmelpilzsanierung erfolgt zunächst durch Sichtkontrolle. Dabei wird beurteilt, ob die schimmelpilzkontaminierte Bausubstanz vollständig entfernt wurde. Bestehen noch Zweifel, ob der Schimmelpilzbefall vollständig entfernt wurde, können eine Untersuchung von Klebefilmkontaktproben oder Materialuntersuchungen mittels Mikroskopie innerhalb von 24 Stunden zu einer eindeutigen Klärung führen.

Falls im Rahmen der Sanierung die schimmelpilzkontaminierte Bausubstanz nicht vollständig entfernt wurde – da dies mit vertretbarem Aufwand und unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit (z. B. Pavillonbauten mit begrenzter Restnutzungsdauer) nicht zu bewerkstelligen war –, sind neben der Sichtkontrolle ergänzende messtechnische Untersuchungen empfehlenswert. Im Rahmen der Erfolgskontrolle sind Überprüfungen vorzunehmen, die belegen, dass aufgrund des verbliebenen Materials in der späteren Nutzungsphase keine außergewöhnlichen Schimmelpilzkonzentrationen in den sanierten Räumen auftreten.

Neben der Kontrolle, ob die Sanierungsarbeiten im vorgegebenen oder erforderlichen Rahmen durchgeführt wurden, ist es notwendig, dass vor Wiederingebrauchnahme der Räume eine Reinheitskontrolle durchgeführt wird. Reinheitskontrollen finden im Anschluss an die Feinreinigung des Sanierungsbereichs statt. Je nach Art des Raumes

und der vorgesehenen Nutzung können neben der Sichtkontrolle zur weiteren Absicherung noch messtechnische Untersuchungen durchgeführt werden. In „sensiblen“ Nutzungsbereichen werden dazu in aller Regel Raumluftmessungen herangezogen. Da kultivierungsbasierte Untersuchungsmethoden einen Auswertzeitraum von ca. 10 Tagen benötigen, werden zur Reinheitskontrolle bevorzugt Partikeluntersuchungen mittels Direktmikroskopie verwendet. Einsatzbereiche und verfahrensspezifische Bewertungskriterien sind in der Tabelle 9 zusammengestellt. Die Reinheitskontrolle kann als ausreichend bewertet werden, wenn im kulturellen Nachweisverfahren die Sporenkonzentration einer einzelnen am Schimmelpilzschaden aufgetretenen Spezies die Außenluftkonzentration um nicht mehr als 100 KBE/m³ überschreiten und die Summe aller am Schimmelpilzschaden nachgewiesenen Einzelspezies unter 500 KBE/m³ liegt.

Tab. 9: Verfahren zur Überprüfung der Reinigungsmaßnahmen im Anschluss an eine Schimmelpilzsanierung

Sanierungsbereich/ Nutzungsart	Raumluftmessung Schimmelpilze: Direktmikroskopie	Raumluftmessung Schimmelpilze/KBE Differenzierung	Klebefilm/Direkt- mikroskopie	Oberflächen- abdruck/Belegungs- dichte nach Kultivierung und Differenzierung	Staub KBE und Differenzierung
Innenräume mit hohen Hygieneanforderungen Wohn- und Aufenthaltsräume, die von besonders zu schützenden Personengruppen genutzt werden ¹⁾	geeignet und empfehlenswert* Bewertungskriterien: $I_{typA} < A_{typA} \times 2$ $I_{\Sigma P+A} < A_{\Sigma P+A} + 800$ $I_{Chaetom} < A_{Chaetom} + 25$ $I_{Stachy} < A_{Stachy} + 10$ $I_{divers} < A_{divers} + 800$ $I_{Myzel} < A_{Myzel} + 300$	geeignet und empfehlenswert** Bewertungskriterien: $I_{Befall-Spezies} < A_{Befall-Spezies} + 100$ $I_{\Sigma Befall-Spezies} < A_{\Sigma Befall-Spezies} + 500$ $I_{typA} < A_{typA} \times 2$	nur geeignet bei <i>Stachybotrys chartarum</i> und <i>Chaetomium</i> spp. (Bewertung anhand von Referenzproben)	empfehlenswert bei Befall mit <i>Aspergillus fumigatus</i> oder <i>Aspergillus flavus</i> Bewertungskriterien: semiquantitativ, Dichte des Bewuchses, differenzierte Spezies	geeignet, empfehlenswert in Ergänzung zur Raumluftmessung Bewertungskriterien: Schimmelpilzkonzentrationen kleiner als Beurteilungswert 1 (s. Tabelle 10, Spalte 3)
Innenräume mit durchschnittlichen Hygieneanforderungen Wohn- und Aufenthaltsräume ²⁾	geeignet, jedoch in der Regel nicht erforderlich (Ausnahme <i>Stachybotrys chartarum</i> -Befall) Beurteilungskriterien: s.o.	geeignet, jedoch in der Regel nicht erforderlich Bewertungskriterien: s.o.	nur geeignet bei <i>Stachybotrys chartarum</i> und <i>Chaetomium</i> spp. (Bewertung anhand von Referenzproben)	empfehlenswert bei Befall mit <i>Aspergillus fumigatus</i> oder <i>Aspergillus flavus</i> Bewertungskriterien: s.o.	geeignet, empfehlenswert in Ergänzung zur Raumluftmessung Bewertungskriterien: Schimmelpilzkonzentrationen kleiner als Beurteilungswert 1 (s. Tabelle 10, Spalte 3)
Innenräume mit niedrigen Hygieneanforderungen Räume, die lediglich zum vorübergehenden Aufenthalt von Personen bestimmt sind	geeignet, jedoch nicht erforderlich (Ausnahme <i>Stachybotrys chartarum</i> -Befall) Beurteilungskriterien: s.o.	nicht geeignet; es gibt keine geeigneten Referenzwerte zur Bewertung	nur geeignet bei <i>Stachybotrys chartarum</i> und <i>Chaetomium</i> spp. (Bewertung anhand von Referenzproben)	empfehlenswert bei Befall mit <i>Aspergillus fumigatus</i> oder <i>Aspergillus flavus</i> Bewertungskriterien: s.o.	geeignet, jedoch in der Regel nicht erforderlich Bewertungskriterien: Schimmelpilzkonzentrationen kleiner als Beurteilungswert 2 (s. Tabelle 10, Spalte 4)

Tab. 9: Verfahren zur Überprüfung der Reinigungsmaßnahmen im Anschluss an eine Schimmelpilzsanierung (Forts.)

Sanierungsbereich/ Nutzungsart	Raumluftmessung Schimmelpilze: Direktmikroskopie	Raumluftmessung Schimmelpilze/KBE Differenzierung	Klebefilm/Direkt- mikroskopie	Oberflächen- abdruck/Belegungs- dichte nach Kultivierung und Differenzierung	Staub KBE und Differenzierung
Rohbausituationen Räume, in denen vor Nutzungs- aufnahme umfangreiche Wiederherstellungs- maßnahmen durch- zuführen sind	nicht geeignet (wegen hohem Staubaufkommen)	nicht geeignet; es gibt keine geeigne- ten Referenzwerte zur Bewertung	nur geeignet bei <i>Stachybotrys</i> <i>chartarum</i> und <i>Chaetomium</i> spp. (Bewertung anhand von Referenz- proben)	empfehlenswert bei Befall mit <i>Asper- gillus fumigatus</i> oder <i>Aspergillus</i> <i>flavus</i> Bewertungs- kriterien: s.o.	geeignet, jedoch in der Regel nicht erforderlich Bewertungskrite- rien: Schimmelpilz- konzentrationen kleiner als Beur- teilungswert 2 (s. Tabelle 10, Spalte 4)
<p>* außer bei <i>Aspergillus fumigatus</i> oder <i>Aspergillus flavus</i>-Sanierung ** außer bei <i>Stachybotrys</i>-Sanierung 1) z.B. Wohnzimmer, Schlafräume, Kinderzimmer, Unterrichtsräume, Betreuungsräume für Kinder, Krankenzimmer und -behand- lungsräume 2) z.B. Flure, Feuchträume, zeitweise genutzte Kellerräume</p> <p>Abkürzungen: KBE = Koloniebildende Einheit A = Außenluft, I = Innenluft typA = Sporentypen, die in der Außenluft erhöhte Konzentrationen erreichen, wie z.B. Ascosporen, <i>Alternaria/Ulocladium</i>, Basidiosporen oder <i>Cladosporium</i> spp. ΣP+A = Summe der Sporen vom Typ <i>Penicillium</i> und <i>Aspergillus</i> Chaetom = Summe der Sporen vom Typ <i>Chaetomium</i> spp. Stachy = Summe der Sporen vom Typ <i>Stachybotrys chartarum</i> divers = Summe diverser uncharakteristischer Sporen, die nicht dem Typ Ascosporen Typ <i>Alternaria/Ulocladium</i>, Typ Basidiosporen oder <i>Cladosporium</i> spp. angehören Myzel = Summe der Myzelstücke Befall-Spezies = Spezies, die in der schimmelpilzbelasteten Bausubstanz nachgewiesen wurde ΣBefall-Spezies = Summe der Spezies, die an der schimmelpilzbelasteten Bausubstanz nachgewiesen wurden</p>					

Zur Bewertung von Schimmelpilzkonzentrationen in Stäuben können Beurteilungswerte herangezogen werden, die von TRAUTMANN und anderen auf der Grundlage von typischen Hintergrundkonzentrationen von Schimmelpilzen in Hausstaub ermittelt wurden (TRAUTMANN et al. *Bundesgesundheitsbl-Gesundheitsforsch-Gesundheits-schutz* 1- 2005).

Der Beurteilungswert 1 entspricht der oberen Grenze (95 Perzentil) von Hintergrundkonzentrationen, die in der Regel von unbelasteten Hausstaubproben nicht überschritten

werden. Die Daten dazu wurden im Rahmen eines UBA-Forschungsprojektes ermittelt.

Der Beurteilungswert 2 ergibt sich aus dem Beurteilungswert 1 durch Multiplikation mit einem Faktor 3. Es handelt sich um einen Schätzwert. Bei Schimmelpilzkonzentrationen über dem Beurteilungswert 2 ist davon auszugehen, dass eine spezifische Belastung vorhanden ist.

Der Beurteilungswert 2 bietet sich zur Bewertung von Stäuben in Keller- und Lagerräumen sowie von Baustäuben an.

Tab. 10: Bewertungshilfe für kultivierbare Schimmelpilze im Teppichbodenstaub (nach TRAUTMANN et al. 2005-2)

Pilze	Zuordnung zur Gruppe:	Beurteilungswert 1 (KBE/g)	Beurteilungswert 2(KBE/g)
<i>Acremonium</i> spp.	1 ^b	10.000	30.000
Eine <i>Aspergillus</i> sp. (außer <i>A. versicolor</i> , <i>A. fumigatus</i> , <i>A. niger</i>)	2	10.000	30.000
<i>Aspergillus niger</i> / <i>Aspergillus fumigatus</i>	2	20.000	60.000
<i>Aspergillus versicolor</i>	1	20.000	60.000
Summe <i>Aspergillus</i>	2	100.000	300.000
<i>Chaetomium</i> spp.	1	10.000	30.000
<i>Engyodontium album</i>	1	10.000	30.000
Summe <i>Eurotium</i>	1 ^a	40.000	120.000
Eine <i>Mucorales</i> sp.	2	10.000	30.000
Summe <i>Mucorales</i>	2	20.000	60.000
Eine <i>Penicillium</i> sp.	2	30.000	90.000
Summe <i>Penicillium</i>	2	150.000	450.000
<i>Phialophora</i> spp.	1 ^b	10.000	30.000
<i>Scopulariopsis</i> spp.	1	10.000	30.000
<i>Stachybotrys chartarum</i>	1	3.000	9.000
<i>Trichoderma</i> spp.	1	10.000	30.000
<i>Wallemia sebi</i>	1 ^a	10.000	30.000
Eine andere Spezies	2	20.000	60.000
Gesamt-KBE (ohne <i>Alternaria</i> , <i>Aureobasidium</i> , <i>Cladosporium</i> , Hefen, sterile Myzelien)	2	300.000	900.000

Gruppe 1: Schimmelpilze, die insbesondere bei Feuchteschäden in erhöhter Konzentration festgestellt werden.
 Gruppe 2: Schimmelpilze, die sowohl bei Feuchteschäden als auch aufgrund mangelhafter Hygiene (z. B. verschimmelte Lebensmittel und Abfälle) auftreten können.
 a) Kann auch bei Tierhaltung mit Heu oder Stroh in erhöhter Konzentration auftreten.
 b) möglicherweise auch durch Eintrag von Erde über das Schuhwerk.

7 Häufige Fehler bei der Schimmelpilzsanierung

Die derzeitige Praxis der Sanierung von Schimmelpilzschäden ist weit entfernt von den in diesem Beitrag skizzierten Abläufen und Überprüfungen.

Eine der häufigsten Komplikationen in Zusammenhang mit Schimmelpilzsanierungen besteht darin, dass im Rahmen von Renovierungen und Modernisierungen schimmelpilzbelastete Bausubstanz unsachgemäß bearbeitet oder entfernt wird und dabei schimmelpilzbelastete Stäube auftreten, die in angrenzende Nutzungsbereiche eindringen. In

der Folge davon ergeben sich mögliche Gesundheitsrisiken für die Bewohner. Weiterhin ergeben sich Fragen zur Nutzbarkeit der Räume (Bewohnbarkeit) und die Höhe des materiellen Schadens aufgrund einer Kontamination von Einrichtungsgegenständen mit schimmelpilzhaltigen Stäuben. Dann geht es nicht mehr darum, Maßnahmen aufzuzeigen, die aus hygienischer Sicht geboten sind sondern im juristischen Sinne festzustellen, ob und in welcher Form ein Schaden aufgetreten ist.

Die skizzierten Streitfälle sind in erster Linie auf Unkenntnis von den auf Baustellen tätigen Personen zurückzuführen. Seltener liegt der Grund darin, dass das Problem (Schimmelpilzbefall) zwar bei Aufnahme der Tätigkeit bereits bekannt ist, jedoch auf eine erforderliche Bestandsaufnahme im Vorfeld und auf Schutzmaßnahmen während der baulichen Arbeiten aus „Kostengründen“ verzichtet wurden. Im Nachhinein zeigt sich, dass die Kosten für die Behebung der entstandenen Sekundärschäden die eingesparten Kosten für eine sachgerechte Sanierung um ein Vielfaches übersteigen können. Es kommt nicht nur zu erheblichen Verzögerungen des Bauablaufes, sondern nicht selten auch zu langwierigen juristischen Auseinandersetzungen über die Art und Höhe des Schadens. Da es derzeit keine verbindlichen Kriterien dafür gibt, wann eine Schimmelpilzbelastung als „übliche“ Hintergrundbelastung zu bewerten ist und wann eine außergewöhnliche Belastungssituation vorliegt, die durch das Schadensereignis hervorgerufen wurde, können sich je nach hinzugezogenem Sachverständigen ganz unterschiedliche Bewertungen ergeben. Im Folgenden werden einige typische Beispiele angeführt:

Beseitigung dekorativer Schäden ohne Ermittlung und Beseitigung der Feuchtequelle

Obwohl in allen Veröffentlichungen, Büchern, Vorträgen, Artikeln darauf hingewiesen wird, dass bei einer Schimmelpilzsanierung die Ursachenermittlung neben der Beseitigung im Vordergrund steht, werden dekorative Schäden immer wieder ohne Ermittlung und Beseitigung der Feuchtequellen saniert. Das Überstreichen von Schimmelpilz- oder Feuchtflecken ist keine fachgerechte und nachhaltige Sanierung und entspricht nicht dem Stand des Wissens! Auch bei wiederholtem Auftreten von Schadensbildern werden keine Fachleute hinzugezogen.

Unzureichende Trocknung und unzureichende Beseitigung von Schimmelpilzbefall

Bei Sanierungen, die ohne Hinzuziehung von Fachleuten vorgenommen werden, fällt immer wieder auf, dass durch-

feuchtete Bausubstanz nicht oder nur unzureichend getrocknet wurde. Insbesondere bei Schadensfällen wie Leckagen in der modernen Bauweise (Gipskartonplatten werden für Raumtrennungen auf Betonsohle gestellt) ist häufig optisch nicht erkennbar hinter der Tapete oder unterhalb der Fußleiste großflächig Schimmelpilzbefall vorhanden.

Erhöhter Reinigungsaufwand aufgrund fehlender Abschottungen oder ungeeigneter Arbeitsverfahren

Bei Feuchteschäden in sensiblen Bereichen (Krankenhaus, Kantine etc.) findet die Sanierung häufig während des laufenden Betriebes statt. Dabei ist eine fachgerechte Abschottung des Sanierungsbereichs zum „Weißbereich“ von größter Bedeutung. Der Aufbau einer Abschottung und die Gewährleistung der Luftdichtheit gestaltet sich in der Praxis immer wieder als schwierig. Neben dem Einsatz von zu dünner Folie oder Kreppband zum Verkleben, die bei der geringsten Beanspruchung reißen, ist vor allem auch das Bewusstsein der Arbeitenden häufig nicht vorhanden, dass durch schimmelpilzhaltige Stäube angrenzende Räume und darin vorhandene Einrichtungen verunreinigt werden und damit gesundheitliche Risiken und Sachschäden entstehen können. Anders als bei den für die Asbestsanierung ausgebildeten Arbeitern können sich immer wieder einige der im Schimmelpilzbereich arbeitenden Handwerker nicht vorstellen, dass es zu einer gesundheitlichen Gefährdung kommen kann und dass es Messverfahren gibt, um Kontaminationen nachzuweisen. In einem Fall konnte durch Aufzeichnung mit einem Laserpartikelgerät während der Sanierung gezeigt werden, dass es während der Sanierung zu einer Undichtigkeit in der Abschottung gekommen war und ab einem bestimmten Zeitpunkt die Partikelkonzentration im Weißbereich stark zugenommen hat. Bei der Aufklärung dieses Phänomens bestätigten die Arbeiter, dass die Folien zeitweilig defekt waren. Folge der defekten Abschottung: Reinigung des Weißbereiches mit Zusatzkosten von 3000 € und Verzögerung der weiteren Sanierungsarbeiten.



Abb. 4: Schimmelpilz hinter einer Fußleiste, Offenlegung eines massiven Schimmelpilzbefalls nach Öffnung der Gipskarton-Schale

Folgeschäden durch mangelhafte Trocknung in eingeschlossenen Bauteilen

In einem Neubau gab es kurz nach Bezug eine Leckage im Warmwassersystem unterhalb des Parkettfußbodens. Die Trocknungsfirma hat 3 Monate getrocknet. Nach Abbau der Trocknung und drei weiteren Monaten zeigten sich Feuchtränder im Bereich der Wände und die Türrahmen sind aufgequollen. Nach umfangreichen Untersuchungen (Schimmelpilzprobenahme, Feuchtemessungen etc.) zeigte sich, dass der Putz und die Tapeten (insbesondere hinter den Fußleisten) an den aufgehenden Wänden und der Trittschall massiv (10^6 KBE/g) mit Schimmelpilzen belastet waren. Die gestellte Frage war, ob durch die Leckage höhere Schimmelpilzkonzentrationen nachzuweisen waren als vor der Leckage. Durch vergleichende Materialuntersuchungen wurde diese Frage mit ja beantwortet und der Estrich inkl. Trittschall entfernt. Dabei zeigte es sich, dass trotz 3-monatiger Trocknung und Trocknungsprotokollen in einigen Bereichen noch freies Wasser vorgelegen hat. Insbesondere in schwerer zugänglichen Bereichen (z. B. unterhalb einer Badewanne) oder im Zwischenbereich der Trocknungsöffnungen lag noch freies Wasser vor. Nach Einschätzung der beauftragten Trocknungsfirma sollte diese Feuchtigkeit kein Problem darstellen. Wird in eingeschlossenen Bauteilen nach einem Feuchteschaden gar nicht oder nur unzureichend getrocknet, besteht die Gefahr, dass relevante Folgeschäden entstehen.

8 Fazit

Das Thema „Schimmelpilze in Gebäuden“ ist seit einigen Jahren verstärkt in die öffentliche Diskussion gerückt. Da sich die gesundheitlichen Risiken, die von schimmelpilzhaltigen Stäuben ausgehen, derzeit nicht quantifizieren lassen, ist nicht nur bei Laien sondern auch bei Baufachleuten große Verunsicherung hinsichtlich der Bewertung von Schimmelpilzschäden in Innenräumen festzustellen. Während die einen das Thema weiterhin ignorieren, reagieren andere panisch. Dabei tritt in den Hintergrund, dass jedem Schimmelpilzschaden spezifische Ursachen zu Grunde liegen, die ermittelt und mit angemessenen Maßnahmen beseitigt werden können. Das Auftreten von Schimmelpilzbefall ist nur ein Symptom für einen Mischstand. Die Beseitigung des schimmelpilzbelasteten Materials ist notwendig aber bei weitem nicht hinreichend für eine nachhaltige Sanierung. Eine nachhaltige Beseitigung von Schimmelpilzbefall erfor-

Ist ein Styropor-Trittschall mehr als 3 Monate durchfeuchtet, steigt das Risiko signifikant dass der Trittschall relevant mit Schimmelpilzen belastet ist (RICHARDSON 2004).

Hinzuziehung des Sachverständigen nach Abschluss der Sanierung

Nicht selten werden Sachverständige erst nach Abschluss einer umfangreichen Sanierung hinzugezogen. Anlässe sind besondere Vorkommnisse während der Sanierungsdurchführung oder Misstrauen und Verunsicherung des Auftraggebers. Die Aufgabenstellung besteht darin zu beurteilen, ob die Sanierung fachgerecht und erfolgreich durchgeführt wurde. Für die Erfolgskontrolle notwendige Daten, wie z. B. am Wachstum beteiligte Schimmelpilzarten, Sanierungskonzept oder konkrete Vorgaben für die Sanierungsdurchführung sind in der Regel nicht verfügbar. Mit Messverfahren, die nach Sanierungen zur Reinheitskontrolle eingesetzt werden können (z. B. Raumluftmessungen zum Nachweis kultivierbarer Schimmelpilze oder der Gesamtsporenzahl) können Sekundärbelastungen zuverlässig beurteilt werden. Ein Rückschluss auf möglicherweise noch vorhandene Schimmelpilzquellen ist zu diesem Messzeitpunkt nicht möglich. Zur Klärung der Frage, ob die Schimmelpilzquelle vollständig entfernt wurde müssen statt dessen Materialien beprobt werden. Der Aufwand dazu kann ähnlich hoch sein wie bei einer frühzeitigen Einschaltung eines Sachverständigen im Vorfeld der Sanierung. Insbesondere in diesen Fällen sollten die Kriterien für die Bewertungen des Sachverständigen nachvollziehbar belegt werden.

dert eine enge und kooperative Zusammenarbeit zwischen Sachverständigen unterschiedlicher Sachgebiete, Sanierern und Handwerkern. Die Erfahrungen aus der Praxis zeigen, dass die Zusammenarbeit noch wesentlich verbessert werden kann. Wünschenswert wären Sachkundelehrgänge mit einheitlichen Lehrplänen für „Schimmelpilz-Sanierung“ sowohl für Handwerker als auch für Sanierungsunternehmen. Auch die Zusammenarbeit von Bausachverständigen und Hygienikern sollte intensiver und besser werden. Ein Mittel dazu könnten fachübergreifende Fortbildungsveranstaltungen zu diesem Thema sein.

In dem vorliegenden Beitrag wurde der Versuch unternommen, die gesundheitstechnischen Aspekte in Zusammenhang mit einer Sanierung von Schimmelpilzquellen darzustellen.

Literatur

- BAU-BG (Hrsg.): Sanierung von schimmelpilzbelasteten Räumen – Handlungsinformation. Wuppertal, 2004.
- BioStoffV: Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen (Biosstoffverordnung). BGBl. I 1999, S. 50
- GABRIO, T.: Handlungsempfehlungen für die Sanierung von mit Schimmelpilzen befallenen Innenräumen. Tagungsreader der 8. Schimmelpilztagung des VDB, Juni 2004
- LANDESGESUNDHEITSAMT BADEN – WÜRTTEMBERG: Abgestimmtes Arbeitsergebnis des Arbeitskreise „Qualitätssicherung – Schimmelpilze in Innenräumen“ Dezember 2001
- LANDESGESUNDHEITSAMT BADEN-WÜRTTEMBERG: Standardisierung von Nachweismethoden für Schimmelpilze im Innenraum zur Vorbereitung von bundesweiten Ringversuchen, Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorschutz, Dezember 2003
- RICHARDSON, N.: Orientierungshilfen zur Bewertung von Schimmelpilzbefall im Fußbodenaufbau. Tagungsreader der 8. Schimmelpilztagung des VDB, Juni 2004
- SEIDL, H.P. et al.: Ringversuch „Innenraumrelevante Schimmelpilze“. Bundesgesundheitsblatt 2005 Band 48 S. 36 – 42.
- SZEWZYK, R.: „Schimmelpilze im Innenraum.“ Bundesgesundheitsblatt 2005 Band 48 S. 1 – 2.
- TRAUTMANN C. et al.: „Hintergrundkonzentration von Schimmelpilzen in Luft.“ Bundesgesundheitsblatt 2005 Band 48 S. 12 – 20.
- TRBA 400: Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen. BArbBl. Nr. 4 (2002), S. 122
- TRBA 460: Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Einstufung von Pilzen in Risikogruppen. BArbBl. Nr. 10 (2002), S. 78
- TRBA 500: Technische Regeln für biologische Arbeitsstoffe: Allgemeine Hygienemaßnahmen: Mindestanforderungen. BArbBl. Nr. 6 (1999), S. 77
- TRGS 540: Technische Regeln für Gefahrstoffe: Sensibilisierende Stoffe. BArbBl. Nr. 2 (2000), S. 73
- TRGS 907: Technische Regeln für Gefahrstoffe: Verzeichnis sensibilisierender Stoffe. BArbBl. Nr. 2 (2000), S. 90
- UMWELTBUNDESAMT: Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen. Berlin 2002

