



# Schimmel

**bau • umwelt • gesundheit**

## **Handlungsanweisung mit Bewertungsgrundlagen**

**für den Umgang mit  
Schimmelschäden  
in Gebäuden der Stadt Nürnberg**



## **Stadt Nürnberg**

### **Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg Umweltanalytik Nürnberg**

Herr Nix, Frau Tekeser SUN/U-2/3  
Gebäudeuntersuchungen und Bauchemie  
Adolf-Braun-Straße 13/15  
90317 Nürnberg  
Tel.: 231-2976/3287  
Fax: 231-2989  
e-mail: [norbert.nix@stadt.nuernberg.de](mailto:norbert.nix@stadt.nuernberg.de)  
e-mail: [edith.tekeser@stadt.nuernberg.de](mailto:edith.tekeser@stadt.nuernberg.de)

### **Gesundheitsamt**

Frau Sturm, Frau Dr. Günther,  
Gh/MD-Umw  
Umweltmedizin  
Burgstraße 4  
90317 Nürnberg  
Tel.: 231-7619/2427  
Fax: 231-3847  
e-mail: [constanze.sturm@stadt.nuernberg.de](mailto:constanze.sturm@stadt.nuernberg.de)  
e-mail: [katja.guenther@stadt.nuernberg.de](mailto:katja.guenther@stadt.nuernberg.de)

### **Hochbauamt**

Herr Tilgner H/B-BAUM  
Bautechnisches Umweltmanagement  
Marientorgraben 11  
90402 Nürnberg  
Tel.: 231-4214/8205  
Fax: 231-5628  
e-mail: [bernd.tilgner@stadt.nuernberg.de](mailto:bernd.tilgner@stadt.nuernberg.de)

**Stand März 2008**

<b><u>ALLGEMEINES, STOFFINFORMATIONEN.....</u></b>	<b>5</b>
<b>VORKOMMEN .....</b>	<b>5</b>
<b>LEBENSBEDINGUNGEN VON SCHIMMELPILZEN</b>	<b>6</b>
<b>TOXIKOLOGIE .....</b>	<b>8</b>
ALLERGIEN .....	8
TOXISCHE WIRKUNGEN .....	9
INFEKTIONEN .....	9
SONDERFALL: GESUNDHEITLICHE BEEINTRÄCHTIGUNG DURCH ABWASSER/OBERFLÄCHENWASSER .....	9
<b>GRENZWERTE, RICHTWERTE.....</b>	<b>10</b>
<b><u>PROBENAHEME UND BESTIMMUNG VON SCHIMMELPILZEN IN DER INNENRAUMLUFT.....</u></b>	<b>11</b>
<b>ORTSBEGEHUNG - BESTANDSAUFNAHME ...</b>	<b>12</b>
ERHEBUNG VON RANDBEDINGUNGEN .....	12
STARKER SICHTBARER SCHIMMELPILZBEFALL.....	13
KEIN / WENIG SICHTBARER SCHIMMELBEFALL.....	13
<b>MESSUNG DER SCHIMMELPILZKONZENTRATION IN DER INNEN- UND AUßENLUFT .....</b>	<b>14</b>
BESTIMMUNG DER SCHIMMELPILZE IN MATERIAL- UND OBERFLÄCHENKONTAKTPROBEN.....	14
OBERFLÄCHENKONTAKTPROBEN.....	14
MATERIALPROBE.....	14
MIKROSKOPISCHE BEGUTACHTUNG .....	15
HAUSSTAUBANALYSE.....	15
MIKROBIELLE FLÜCHTIGE ORGANISCHE VERBINDUNGEN (MVOC) .....	15
SCHIMMELHUND .....	15
<b>AUSWERTUNG DER NÄHRBÖDEN .....</b>	<b>15</b>
<b><u>BEURTEILUNG (NACH UBA) ..</u></b>	<b>17</b>
<b><u>BEWERTUNG .....</u></b>	<b>18</b>
<b><u>SANIERUNG .....</u></b>	<b>20</b>
<b>ERMITTLUNG DER URSACHE DER FEUCHTIGKEIT ALS GRUNDLAGE FÜR JEDEN SCHIMMELPILZBEFALL .....</b>	<b>21</b>
<b>UNTERSUCHUNGSMETHODEN ZUR URSACHENERFORSCHUNG.....</b>	<b>23</b>
ELEKTRISCHE FEUCHTEMESSGERÄTE .....	23
THERMOGRAVIMETRISCHES STANDARDVERFAHREN.....	23
RAUMKLIMAAUFZEICHNUNGEN .....	23
BLOWERDOOR - VERFAHREN .....	24
INFRAROT-THERMOGRAPHIE .....	25
<b>MÖGLICHE URSACHEN VON SCHIMMELSCHÄDEN .....</b>	<b>26</b>
KONSTRUKTIVE URSACHEN .....	26
MANGELHAFTHE AUSFÜHRUNG, LECKAGEN .....	27
AUßERGEWÖHNLICHE URSACHEN.....	27
AUSWIRKUNGEN VON BAUMAßNAHMEN .....	27
NUTZERBEDINGTE URSACHEN .....	27

<b>PLANUNG DER SANIERUNG .....</b>	<b>28</b>
GEFÄHRDUNGEN UND SCHUTZMAßNAHMEN BEI DER SANIERUNG .....	29
GEFÄHRDUNGSEINSCHÄTZUNG FÜR DIE SANIERER .....	29
GEFÄHRDUNGSEINSCHÄTZUNG FÜR DIE/DEN GEBÄUDENUTZER IM RAHMEN DER SANIERUNG .....	30
GEFÄHRDUNG DURCH EINGESETZTE CHEMIKALIEN .....	30
ARBEITSSCHUTZMAßNAHMEN .....	31
<b>DURCHFÜHRUNG DER SANIERUNG UND BESEITIGUNG DER SCHIMMELBEFALLENE TEILE .....</b>	<b>36</b>
VORBEREITUNG DER ARBEITEN/ INTERIMSMAßNAHMEN	36
ENTFERNUNG DES MIT SCHIMMELPILZEN BEFALLENE MATERIALS .....	36
SAUGFÄHIGE BAUMATERIALIEN.....	37
BESCHICHTETES MATERIAL UND KERAMISCHE BELÄGE ..	37
BEFALLENE EINRICHTUNGSGEGENSTÄNDE .....	38
BEFALLENE PUTZ-OBERFLÄCHEN .....	38
REINIGUNG .....	39
DESINFIZIERENDE REINIGUNG IM ZUSAMMENHANG MIT EINER BAUTROCKNUNG .....	40
<b><u>BESEITIGUNG DER URSACHE DES BEFALLS .....</u></b>	<b>41</b>
NEUBAUFEUCHTE .....	41
HOHE RAUMLUFTFEUCHTIGKEIT.....	41
HOHE FEUCHTIGKEITSPRODUKTION .....	41
UNZUREICHENDE LÜFTUNG .....	42
UNZUREICHENDES HEIZEN .....	42
MANGELNDE LUFTZIRKULATION HINTER EINRICHTUNGSGEGENSTÄNDEN.....	42
<b><u>BAUSCHÄDEN UND BAUMÄNGEL .....</u></b>	<b>43</b>
WANDOBERFLÄCHEN-TEMPERATUREN ZU NIEDRIG.....	43
FEUCHTIGKEIT IM KELLERBEREICH.....	43
FORMEN DER SANIERUNG .....	44
<b><u>ABNAHME DER SANIERUNGSLEISTUNGEN....</u></b>	<b>45</b>
SCHADENSKONTROLLE .....	45
REINHEITSKONTROLLE.....	46
URSACHENBESEITIGUNGSKONTROLLE .....	46
<b><u>VORBEUGENDE MAßNAHMEN GEGEN SCHIMMELPILZBEFALL</u></b>	<b>47</b>
<b>BAULICHE MAßNAHMEN .....</b>	<b>47</b>
<b>RICHTIGE LÜFTUNG .....</b>	<b>48</b>
BAD .....	48
KÜCHE .....	49
NICHT ODER WENIG BEHEIZTE RÄUME .....	49
IN ABWESENHEIT .....	49
BEI KELLERRÄUMEN .....	49
<b><u>LITERATURVERZEICHNIS .....</u></b>	<b>50</b>

Schimmelbefall ist einer der ältesten Bauschäden, bereits in der Bibel (drittes Buch Mose, Kapitel 14, Vers 34 – 48) wird von einem Schimmelschaden in Lehmhütten und der „Anweisung zur Sanierung“ berichtet. Dieses „Gesetz über Aussatz an Häusern“ enthält erstaunlich detaillierte Anweisungen zur Sanierung von schimmelbelasteten Lehmhütten. Natürlich können derartige Empfehlungen nicht so ohne weiteres in die heutige Zeit übertragen werden. Heute handelt es sich nicht mehr nur um einfache Lehmhütten, sondern die Bauweisen sind zwischenzeitlich derart vielfältig geworden, dass sowohl die Ursachen für Schimmelbefall als auch die erforderlichen Sanierungsmethoden kaum zu erfassen sind.



Schimmelbildung im Wohnzimmer einer städtischen Sozialwohnung

Das Problem Schimmelbildung in Wohnungen und Aufenthaltsräumen ist ein globales Problem. Im tropischen Monsunklima, wie in Taiwan, sind Wasserschäden und Schimmelpilzbildung sehr häufig, aber auch in kalten Gebieten wie Skandinavien wird in 27% der Gebäude erhöhte Feuchtigkeit gefunden. In verschiedenen Gebieten der USA sind feuchte Wohnungen keine Seltenheit und aus den Niederlanden sind Statistiken bekannt die von 15% der Wohnungen mit Schimmel und Milbenproblemen berichten. Die letzten Statistiken aus Deutschland sprechen von 14,5% bis 19% aller untersuchten Wohnungen in Baden Württemberg mit einer aerogenen Schimmelbelastung in Innenräumen.

In den letzten zwei Jahrzehnten tritt Schimmelbefall in Innenräumen vermehrt auf.

Die Aussage „Feuchteschäden und daraus resultierenden Schimmelbefall gibt es nur in Altbauten“ ist ein Trugschluss. Gerade in den letzten Jahren häufen sich auch Meldungen über Schimmel und Feuchteschäden in Neubauten direkt oder einige Zeit nach der Fertigstellung. Ebenso üblich ist das verstärkte Auftreten von Schimmel in frisch renovierten Gebäuden.

# Allgemeines, Stoffinformationen

## Vorkommen

Schimmelpilze, von denen es ca. 100.000 verschiedene Arten gibt, sind in nahezu allen Lebensräumen vorhanden. Man kann sie im Erdboden, auf abgestorbenen Pflanzen, aber auch in Gebäuden und auf Lebensmitteln finden. Zusammen mit anderen Pilzen und Bakterien tragen sie wesentlich zur Verrottung organischer Materie bei und leisten so einen unerlässlichen Beitrag zum Stoffkreislauf unseres Ökosystems. Als Vertreter der sehr artenreichen Gruppe der Pilze besitzen sie kein Chlorophyll und sind somit nicht zur Photosynthese fähig. Ihren Kohlenstoff- und Energiebedarf decken sie durch den Abbau toter organischer Substanzen.

Auf Baumaterialien und Lebensmitteln kann die überaus wichtige Fähigkeit des Bioabbaus jedoch zu beträchtlichen Schäden führen. In feuchter Umgebung wachsen Schimmelpilze auf fast allen organischen Substraten. Durch die Ausscheidung von Enzymen verändern und zersetzen die Schimmelpilze ihre Substrate und können so komplizierte chemische Substanzen bilden. Diese Eigenschaft wird in der Biotechnologie zur Antibiotikaproduktion, Lebensmittelherstellung (Edelschimmelkäse) und zur Produktion organischer Säuren und Enzyme positiv ausgenutzt.

„Schimmelpilze“ ist ein Sammelbegriff für Pilze, die typische Pilzfäden (Hyphen) und Sporen ausbilden können und dadurch für das menschliche Auge als Schimmelbelag sichtbar werden. Es handelt sich hierbei aber nicht um eine einheitliche Gruppe von Pilzen, vielmehr sind unter dem Begriff „Schimmelpilze“ Fadenpilze aus mehreren Pilzgruppen zusammengefasst. Schimmelpilze bestehen aus dem Pilzgeflecht (dem sog. Mycel) und ihren "Vermehrungsorganen", den sog. Konidienträgern (Konidien = Pilzsporen). Landläufig werden die Konidienträger häufig unrichtigerweise als der eigentliche Schimmel angesehen.

Die Schimmelpilze vermehren sich durch die Abgabe winziger Sporen (3 bis 20 µm, 1µm entspricht 1/1000 mm). Diese sind im Freien und in Innenräumen jahreszeitabhängig in unterschiedlicher Konzentration vorhanden. Sofern für sie kein günstiges Milieu besteht, können sie sich in Innenräumen nicht ansiedeln.

- ◆ Aspergillus (Gießkannenschimmel)
- ◆ Penicillium (Pinselschimmel)
- ◆ Stachybotrys
- ◆ Cladosporium (Schwärzepilz)
- ◆ Alternaria (Schwärzepilz)

Häufige Schimmelpilzgattungen

Die einzelnen Schimmelpilze werden mit lateinischen Doppelnamen bezeichnet, wobei der erste Teil des Namens für die übergeordnete Pilzgattung (z.B. Aspergillus, Penicillium) steht und der zweite Teil die Pilzart (Aspergillus fumigatus, Penicillium chrysogenum) benennt.

## Lebensbedingungen von Schimmelpilzen

Das Schimmelpilzwachstum ist entscheidend von den 5 folgenden Faktoren abhängig:

- ◆ Feuchtigkeit
- ◆ Temperatur
- ◆ pH-Wert des Substrates
- ◆ Nährstoffangebot
- ◆ Luftsauerstoff

Wachstumsbedingungen für Schimmelpilze

### Feuchtigkeit:

Schimmelpilze können nur wachsen wenn eine bestimmte Mindestfeuchte vorhanden ist. Die Durchfeuchtung des Substrates ist hierbei ohne Bedeutung, ausschließlich entscheidend ist das frei verfügbare Wasser. Schimmelpilze wachsen bereits ab einer relativen Luftfeuchte von ungefähr 80% an der Oberfläche des Materials, das heißt das Material selbst ist noch nicht sichtbar nass. Besonders gute Wachstumsbedingungen finden sich immer dann, wenn es zu Tauwasserbildung auf dem Material kommt.

### Temperatur

Die Temperatur ist ein weiterer wichtiger Faktor für das Wachstum der Schimmelpilze. Schimmelpilze können je nach Gattung in einem Bereich von 0°C bis 60°C wachsen. Die Optimaltemperatur liegt in der Regel zwischen 20°C und 30°C, also voll und ganz im Bereich der gängigen Raumtemperaturen.

### PH-Wert des Substrates

Der pH-Wert des Substrates für ein optimales Schimmelpilzwachstum sollte leicht sauer sein (pH-Wert 4,5 bis 6,5). Viele Schimmelpilze können diesen Wert aber auch durch die Ausscheidung von Stoffwechselprodukten selbst günstig beeinflussen.

### **Nährstoffangebot:**

Schimmelpilze können eine Vielzahl von Materialien als Nährstoffe nutzen, dazu gehören z.B.

- ◆ Holz; Spanplatten
- ◆ Papier, Pappe, Karton
- ◆ Tapeten, Tapetenkleister
- ◆ Kunststoffe, Gummi, Silikon, Folien
- ◆ Teppichböden, Fußbodenkleber
- ◆ Farben, Lacke
- ◆ Leder.

Selbst Zement und Beton können Nährstoffe für Schimmelpilze enthalten. Auch Materialien die keine Nährstoffe enthalten, können von Schimmelpilzen bewachsen werden, wenn sich organische Partikel und Stäube aus der Luft auf diesen abgesetzt haben (z.B. auf Glas).

### **Luftsauerstoff**

Ferner benötigen Schimmelpilze Luftsauerstoff zum Leben, im Vergleich zum Menschen benötigt der Schimmelpilz jedoch weit geringere Mengen

### **Licht**

Licht ist für das Schimmelpilzwachstum nicht nötig

Zusammenfassend ist festzustellen, dass in normalen Wohn- und Aufenthaltsräumen im großen und ganzen ideale Wachstumsbedingungen für Schimmelpilze vorzufinden sind. Es herrscht ein nahezu ideales Nährstoffangebot, die Raumtemperaturen liegen in der Regel im optimalen Bereich. Der pH-Wert ist passend vorhanden bzw. wird durch den Schimmelpilz noch optimiert und das Sauerstoffangebot ist natürlich auf die Bedürfnisse des Menschen ausgelegt und deshalb für den Schimmelpilz besonders „üppig“.

Die einzige Möglichkeit, die Wachstumsbedingungen zu beeinflussen, stellt die Steuerung des Feuchteangebotes dar. Die für Schimmelpilzwachstum optimale Feuchtigkeit entspricht nicht den in Aufenthaltsräumen für den Menschen und seine Gesundheit zuträglichen Werten. Das heißt: liegt ein Schimmelschaden in einem Gebäude vor, ist eine für Aufenthaltsräume nicht akzeptierbare Feuchtigkeit vorhanden.

## Toxikologie

Schimmelpilze und ihre Sporen sind ein natürlicher Bestandteil unserer Umwelt und sind somit auch in Innenräumen vorhanden. Ihre Aufnahme erfolgt bei Schimmelschäden im Innenraum inhalativ, das heißt über die Atemluft. Bei den –selten- auftretenden schimmelpilzbedingten Infektionen sowie nachgewiesenen Allergien auf bestimmte Schimmelpilze kann ein direkter Zusammenhang zwischen einer Schimmelpilzbelastung in Innenräumen und der Erkrankung eines Menschen belegt werden. Dies ist jedoch bezüglich der möglichen toxischen Wirkungen, die sich als unspezifische Symptome wie z.B. Atemwegsreizungen, Kopfschmerzen, Müdigkeit, äußern, zumeist nicht der Fall. Inwieweit bei Nutzung befallener Räume oder bei Sanierungsarbeiten ein Gesundheitsrisiko besteht, hängt von der Art der Schimmelpilze, dem Ausmaß des Schimmelpilzbefalls und von der Veranlagung bzw. von gesundheitlichen Vorschädigungen des betreffenden Menschen ab.



Kritischer Bereich: Schimmel in der Küche einer Hausmeisterwohnung hinter der Küchenzeile

Schimmelpilze können folgende gesundheitliche Auswirkungen haben:

### Allergien

Grundsätzlich können alle Schimmelpilze bzw. deren Bestandteile in lebendem oder abgetötetem Zustand Allergien hervorrufen. *Aspergillus fumigatus* hat mit Abstand die höchste allergene Potenz, im Gegensatz dazu haben die Schwärzepilze (*Alternaria* und *Cladosporium*) nur eine geringe Fähigkeit, Allergien auszulösen. Schimmelpilzbelastungen können sich auf Atopiker schwerwiegender auswirken als auf Nichtatopiker. Atopiker sind Menschen, die zu Asthma, Neurodermitis und Heuschnupfen neigen. Für sie besteht nicht nur die Gefahr, gegen Schimmelpilze allergisch zu werden, sondern ebenfalls ein erhöhtes Risiko für die Bildung von Allergien gegen Hausstaubmilben. Diese wiederum ernähren sich unter anderem von Schimmelpilzen und nehmen deshalb in schimmelpilzbefallenen Wohnungen zu.



Ob Allergien auftreten, ist von vielen Faktoren abhängig, wie zum Beispiel der genetischen Veranlagung, aber auch von der Barrierefunktion der Haut und der Schleimhäute. Geschädigte Haut (z.B. bei Hautekzemen oder Wunden) und geschädigte Schleimhaut (z.B. nach Erkältungen) lassen Allergene in höherem Maße passieren. Es kommt deshalb eher zur Einleitung allergischer Reaktionen. Daher sollten Menschen, die zu den genannten Risikogruppen gehören, Schimmelpilzsanierungen aus Gründen des Gesundheitsschutzes nicht selbst durchführen.

### **Toxische Wirkungen**

In Bereichen mit stark erhöhter Sporenkonzentration können möglicherweise auch gesunde Menschen erkranken. Es handelt sich hierbei bislang nicht um nachgewiesene Wirkungen, sondern um Hinweise aufgrund von Einzelfallbeschreibungen/Kasuistiken. Berichtet wird von Allgemeinsymptomen wie Kopfschmerzen, Müdigkeit, Hautproblemen, Juckreiz, Hustenreiz, ..., von entzündlichen Veränderungen von Haut und Schleimhäuten oder auch von grippeartigen Beschwerden bis hin zu fieberhaften Reaktionen. Es besteht weiterhin Forschungsbedarf.

Schimmelpilze können giftige Stoffwechselprodukte über die Luft abgeben. Diese (wie zum Beispiel *Strachybotris chartarum* – Toxin) stehen ebenfalls im Verdacht, eine Vielzahl von allgemeinen Beschwerden wie Kopfschmerzen, Schleimhautreizungen aber auch eine Erhöhung der Infektanfälligkeit hervorzurufen. Als Stoffwechselprodukte können Schimmelpilze auch flüchtige organische Verbindungen (MVOC) freisetzen. Diese stehen ebenfalls in Verdacht, die oben genannten Symptome zu verursachen.

### **Infektionen**

Schimmelpilze der Risikogruppe 2, nach Biostoffverordnung (Risikogruppe 2: Biologische Arbeitsstoffe, die eine Krankheit beim Menschen hervorrufen können; eine wirksame Vorbeugung oder Behandlung ist normalerweise möglich), können in seltenen Fällen Infektionen beim Menschen verursachen. Allgemeininfektionen, wie z.B. die Aspergillose, treten fast ausschließlich bei immungeschwächten Menschen auf. Häufiger sind lokale Infektionen wie Aspergillome der Nasennebenhöhlen oder der Lunge oder die mit Asthmasymptomatik einhergehende bronchopulmonale Aspergillose, die bei günstigen Ansiedlungsbedingungen der Pilze (Nasennebenhöhlenentzündung, erweiterte Bronchien) zu beobachten sind. Die genannten Infektionen treten bei hohen Sporenkonzentrationen häufiger auf als bei niedrigen.

### **Sonderfall:**

#### **Gesundheitliche Beeinträchtigung durch Abwasser/Oberflächenwasser**

Wurde der Schimmelpilzschaden durch eine außergewöhnliche Ursache wie z.B. Hochwasser oder die Leckage einer Abwasserleitung verursacht, müssen auch gesundheitliche Gefährdungen z.B. aufgrund der mikrobiologischen Belastung des Abwassers in Erwägung gezogen werden. Abwasser enthält 100 - 10 000 000 koloniebildende Einheiten (KBE) Bakterien pro ml und bis zu 7000 Plaque bildende Einheiten Viren pro Liter, zusätzlich Schimmel- und Sprosspilze, Wurmeier und Protozoen (Protozoen sind Einzeller, die im Volksmund auch als Urtierchen bezeichnet werden). Bei fäkaler Verunreinigung kann auch Oberflächenwasser ähnliche Mikroorganismen enthalten.

Die Exposition gegenüber fäkal kontaminiertem Wasser kann zu folgenden gesundheitlichen Problemen führen:

- ◆ Infektionen

Abwasser verursacht bei Aufnahme der Erreger über den Mund nachweislich Durchfallerkrankungen. Dies wurde bereits im arbeitsmedizinischen Bereich nachgewiesen. Über die Auslösung von Durchfallerkrankungen hinaus kann es aber auch zu Gelbsucht, Sommergrippe bzw. zu durch Enteroviren verursachte Erkrankungen des zentralen Nervensystems, der Hirnhaut oder des Herzens kommen.

- ◆ Toxische Wirkungen

Zerfallsprodukte von gramnegativen Bakterien (Endotoxine) können (besonders in hohen Mengen) toxische Wirkungen besitzen, die sich am häufigsten als Entzündungsreaktion der Bindehäute, der Haut oder der Schleimhaut der Nase, der oberen Atemwege, seltener der tiefen Atemwege zeigen.

## **Grenzwerte, Richtwerte**

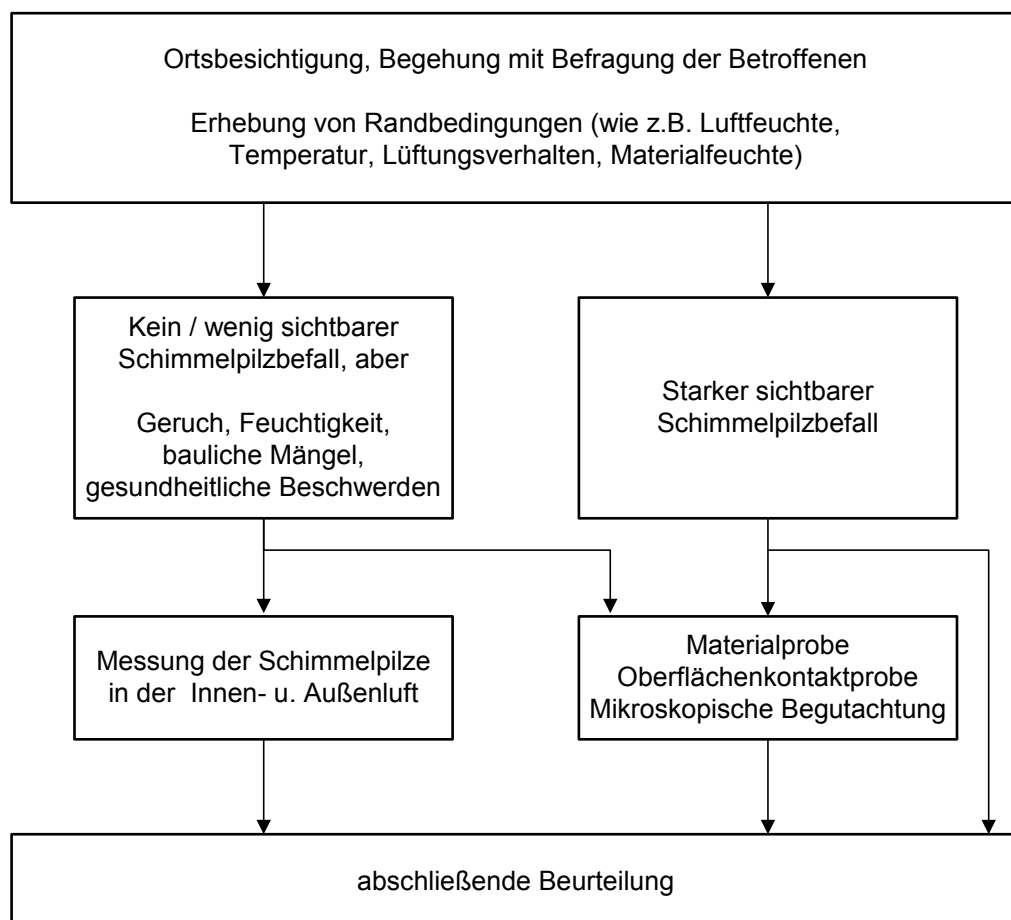
Es gibt derzeit keinerlei Grenz- und Richtwerte für die Bewertung einer Schimmelpilz-Belastung. Beim Auftreten von Schimmelpilz-Befall in Wohn- und Aufenthaltsräumen ist angesichts der möglichen gesundheitlichen Auswirkungen immer ein Sanierungsfall gegeben.

# Probenahme und Bestimmung von Schimmelpilzen in der Innenraumluft

Die Vorgehensweise beschränkt sich auf Innenräume und Gebäude in denen nicht mit durch Schimmelpilze belastetem Material umgegangen wird. Ausgenommen sind also z.B. Abfallverwertung, medizinische Einrichtungen, Küchen (z.B. von Hausmeisterwohnungen), Tierhaltung, etc.

Schimmelpilze sind Mikroorganismen und natürlicher Bestandteil der Umwelt in der wir leben. Die "Schimmelpilze" sind Fadenpilze aus unterschiedlichen Pilzgruppen. Ihre Konzentration in der Luft hängt von einer Reihe unterschiedlicher Faktoren ab: von der Art der Schimmelpilze, den vorhandenen Nährstoffen, dem Klima, der Jahreszeit, den Örtlichkeiten. Daher ist es nicht möglich, nur durch eine Messung z.B. der Sporenkonzentration in der Innenraumluft einen Schimmelschaden zu diagnostizieren oder gar räumlich festzulegen. Aus den gemessenen Schimmelpilzkonzentrationen kann außerdem nicht unmittelbar auf gesundheitliche Wirkungen geschlossen werden, da eine gesicherte Aussage über eine Dosis-Wirkungsbeziehung nicht möglich ist. Jede Messung stellt immer nur eine Momentaufnahme dar.

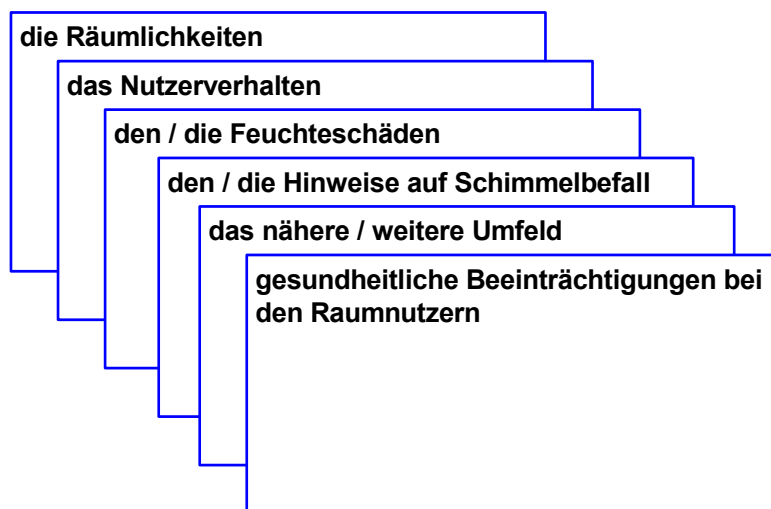
Die nachfolgende Abbildung zeigt den verallgemeinerten Ablauf einer Untersuchung zur Ermittlung der Schimmelpilzbelastung in Gebäuden.



Untersuchungsschema Schimmelpilze in Gebäuden  
(nach: Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen;  
Umweltbundesamt Berlin 2002)

## Ortsbegehung - Bestandsaufnahme

Besteht der Verdacht eines Schimmelschadens, erfolgt zunächst eine Ortsbegehung und die Befragung der Betroffenen. Die allgemeinen Angaben über



werden in einem standardisierten Begehungsprotokoll festgehalten.

Bei Schimmelschäden unter 0,5 m<sup>2</sup> kann der zuständige Unterhaltsbauleiter die Schimmelbeseitigung unter Beachtung dieser Handlungsanweisung in eigener Regie durchführen. Grundsätzlich sind aber auch Schimmelschäden kleiner 0,5m<sup>2</sup> vor Ort aufzunehmen und, nach Möglichkeit fotografisch, zu dokumentieren. Die Dokumentation ist H/B-Baum zur Aufnahme in das Schadstoffkataster zuzuleiten. Tritt an der sanierten Stelle erneut Schimmel auf, so ist über H/B-Baum die Arbeitsgruppe bug einzuschalten. Durch bug wird darauf hin die genaue Untersuchung des Schadensfalles veranlasst.

Bei Schimmelschäden mit einer Ausdehnung von mehr als 0,5 m<sup>2</sup> ist grundsätzlich die Arbeitsgruppe bug über den Fachbereich Bautechnisches Umweltmanagement bei H in die Ursachensuche und vor allem in die Schimmelbeseitigung einzubinden.

### Erhebung von Randbedingungen

Bei der Ortsbegehung werden erste Daten über Raum- und Oberflächentemperaturen sowie Luft- und Materialfeuchten erhoben. Diese Werte werden ebenfalls in das Begehungsprotokoll aufgenommen. An Hand dieser Aufzeichnungen wird der weitere Ablauf der Untersuchung festgelegt.

Es kann sich eine Langzeitmessung von Temperatur und Luftfeuchte anschließen, durch die eine Aussage möglich wird, ob die Feuchtigkeit auf mangelnder Lüftung oder Heizung beruht oder baulich bedingt ist. Aus den Messdaten lassen sich die Art der Nutzung, die Häufigkeit und Länge der Taupunktunterschreitungen, der Verlauf der Feuchtegehalte in Raumluft, Wänden, Decken oder Böden ablesen.

## **Starker sichtbarer Schimmelpilzbefall**

Sind Flächen größer 0,5 m<sup>2</sup> betroffen, so führt dies zu einer sofortigen Schließung des oder der betroffenen Räume. Ein unkontrollierter Zugang sollte nicht mehr möglich sein. Zur Sanierung des oder der Räume werden erste Schritte eingeleitet. Über die Wiederverwendung der im Raum gelagerten Gegenstände wird in jedem Fall einzeln entschieden. Die Entscheidung ist Bestandteil des zu erstellenden Sanierungskonzeptes.

Untersuchungen zur Raumluft- und Materialbelastungen erübrigen sich in der Regel. Soll jedoch eine Aussage über die Art des Schimmelpilzes gemacht werden, so wird für die notwendige Untersuchung eine Materialprobe oder eine Oberflächenkontaktprobe als Abklatsch- oder Klebestreifenprobe genommen.

## **Kein / wenig sichtbarer Schimmelbefall**

oder geruchliche Auffälligkeit, Feuchtigkeit, das Vorliegen baulicher Mängel oder gesundheitliche Beschwerden führen zwingend zur Festlegung einer Messstrategie.

Kein bzw. wenig sichtbarer Schimmelbefall kann bedeuten, dass

- ◆ sich die Umweltbedingungen für den Schimmelpilz geändert haben,
- ◆ sich die Schimmelpilze nicht in der Wachstumsphase befinden,
- ◆ die befallene Fläche nicht einsehbar ist,
- ◆ eine Sanierung schon erfolgt ist,
- ◆ die befallene Fläche ein geringes Ausmaß hat.

Verschimmelte Fugenmasse an Spülen, Waschtischen, Badewannen und Wänden von Sanitäranlagen ziehen keine aufwändigen Messungen nach sich. Hier reicht es aus, die Fugenmassen zu entfernen, und eine neue anzubringen. Die Ausführung muss an die Gegebenheiten angepasst werden. Daneben sollten die Reinigungsvorgaben hinterfragt werden.

Bei einem sich auf eine geringe Fläche ausbreitenden Schimmelbefall kann ebenfalls ohne aufwändige Messungen eine "Sanierung" erfolgen. Die Maßnahme und die eingesetzten Mittel sind zu dokumentieren. Sofern keine tiefgreifende Sanierung erfolgt ist, muss mit einem Wiederauftreten des Schimmels gerechnet werden.

Als Messstrategien werden in der Literatur neben der Raumluft- und Materialuntersuchung auch die Analyse des Hausstaubes, die Bestimmung und Quantifizierung der mikrobiellen flüchtigen organischen Verbindungen (MVOC) und der Einsatz eines Schimmelhundes beschrieben.

## **Messung der Schimmelpilzkonzentration in der Innen- und Außenluft**

Dieses Verfahren nutzt das Wachstumsvermögen der Schimmelpilze auf Nährböden aus. Dadurch ist eine Aussage und Bewertung der in der Raumluft befindlichen Schimmelsporen möglich.

Die Raumluftuntersuchungen werden gemäss den bei UA festgelegten Standardbedingungen außerhalb der Nutzung durchgeführt. Dazu werden die Räume am Tage vor der Probenahme gegen 15:00 für 30 Minuten von UA quergelüftet. Gleichzeitig erfolgte die Bestückung der Messstellen mit Klimageräten. Bis zur Probenahme bleiben der/die Räume verschlossen und ungenutzt. Über den gesamten Zeitraum, von der Einrichtung der Messstellen bis zum Ende der Probenahme, werden Raumtemperatur und -feuchte kontinuierlich aufgezeichnet.

Für die Probenahme wird eine definierte Luftmenge mit einer definierten Strömungsgeschwindigkeit aus einer definierten Ansaughöhe entweder über einen Filter oder direkt über einen Nährboden gezogen, wobei die Pilzsporen auf den Sammelmedien abgeschieden werden. Das Filter muss anschließend auf einen Nährboden aufgelegt werden. Die beaufschlagten Nährböden werden danach bebrütet.

Für den Vergleich Innen- /Außenluft-Belastung erfolgt zeitnah zur Innenraumbeprobung eine Probenahme der Außenluft. Sie ist unter gleichen Probenahmebedingungen in unmittelbaren Nähe des zu untersuchenden Raumes zu nehmen.

## **Bestimmung der Schimmelpilze in Material- und Oberflächenkontaktproben**

Durch die Probenahme von Material- und/oder Oberflächenkontaktproben kann eine genauere Aussage über die Pilzart gemacht werden. Beim Nachweis der Schimmelpilze auf befallenem Material steht die Differenzierung der Schimmelpilzart zur Bewertung der gesundheitlichen Gefährdung sowie des Umfangs und der Dringlichkeit der Sanierung im Vordergrund. Die Artbestimmung gibt auch Auskunft darüber, ob es sich um Schimmelpilze mit toxischem und/oder infektiösem Potential handelt.

### **Oberflächenkontaktproben**

Zur Bestimmung wird die befallene Oberfläche der Materialprobe in Kontakt mit dem Nährboden gebracht. Dies kann direkt erfolgen oder aber über eine Klebprobe wenn sich keine Materialprobe entnehmen lässt. Die Nährböden werden anschließend bebrütet.

### **Materialprobe**

Zur Untersuchung der Schimmelpilze im befallenen Material wird die Probe zerkleinert und in einem wässrigen Medium suspendiert. Eine Probe dieser Suspension wird dann auf einen Nährboden aufgetragen. Dieser wird anschließend bebrütet.

## **Mikroskopische Begutachtung**

kann an Hand eines Klebefilmpräparates oder des präparierten Materials erfolgen. Mit dieser Methode lässt sich sowohl die Frage „Ist es ein Schimmelpilz?“ klären, als auch eine Aussage zur Art des Schimmelpilzes machen.

## **Hausstaubanalyse**

Untersuchungen von Hausstaubproben auf Schimmelpilzen werden nicht durchgeführt. Es gibt viele Gründe für ein falsch positives Resultat. Der Eintrag von Schimmelsporen aus dem Außenbereich ist z.B. bei Kindertagesstätten nicht zu vernachlässigen. Dazu kommt, dass nicht alle Sporen leicht aufgewirbelt werden. Ein erheblicher Anteil an Schimmelsporen, vornehmlich solche mit einem höheren Gewicht, sind überproportional im Hausstaub vertreten.

Besteht der Schaden, z.B. aus einer feuchten Stelle im Bereich des Bodens oder des Bodenbelags, so ist die Untersuchung einer Materialprobe der einer Hausstaubprobe in jeden Falle vorzuziehen.

## **Mikrobielle flüchtige organische Verbindungen (MVOC)**

Während der Wachstumsphase setzen die Schimmelpilze aus ihrem Stoffwechsel sogenannte mikrobielle flüchtige organische Verbindungen frei, deren Vorhandensein wesentlich von den bereitstehenden Nährstoffen abhängt. Die Bestimmung dieser Substanzen erfordert einen hohen analytischen Aufwand.

Unsere -in renovierten oder neu erstellten Gebäuden- durchgeführten Raumlufuntersuchungen zeigen aber, dass die als MVOC bezeichneten Substanzen auch dort vorkommen, wo ein Schimmelbefall ganz auszuschließen ist. Als Quelle sind die vielen Bau- und Bauhilfsstoffe zu erwähnen, aus denen diese Stoffe selbst freigesetzt werden oder durch Reaktion mit anderen Bau- und Bauhilfsstoffe entstehen können. Auch bei dieser Methode besteht also die Gefahr falsch positive Befunde zu erhalten.

## **Schimmelhund**

Es ist unbestritten, dass der Hund einen feineren Geruchssinn hat als der Mensch (oder ein Analysengerät). Der Einsatz eines Schimmelhundes dürfte sich aber erübrigen, wenn eine gründliche Recherche, historisch und bauphysikalisch, stattgefunden hat.

Es findet keine Differenzierung statt welcher Geruch den Hund zum Anschlagen veranlasst, es ergibt sich also nur ein grob orientierender Hinweis ob Schimmel in „Hundenasenhöhe“ vorhanden sein kann.

## **Auswertung der Nährböden**

Auf den Nährböden wachsen die Schimmelpilze zu Kolonien heran. Für eine Konzentrationsangabe werden diese Kolonien gezählt (= koloniebildende Einheit = KBE) und pro Volumen ( $m^3$ ), pro Gesamtgewicht (g) oder pro Fläche ( $m^2$ ) angegeben.

Die Auswertung der Nährböden erlaubt eine Unterscheidung

- ◆ der Schimmelpilzprofile in der Innen- und Aussenluft
- ◆ nach Schimmelpilzarten (mikroskopische Untersuchung) und
- ◆ in kultivierbare / nicht kultivierbare Organismen.

Nicht alle kultivierbaren Schimmelpilze lassen sich anzüchten. Sei es, dass z.B. ihre Wachstumsphase schon länger zurückliegt, sei es dass sie sich in Konkurrenz zu anderen Schimmelpilzen befinden, d.h. die dominierenden Arten werden bezüglich ihrer Konzentration als zu hoch eingeschätzt.

Da auch von nicht vermehrungsfähigen Schimmelpilzen gesundheitliche Wirkungen ausgehen können, werden bei einigen Untersuchungsverfahren vermehrungsfähige und nicht vermehrungsfähige gezählt. Die Angabe der Konzentration erfolgt in diesem Fall als Gesamtsporenzahl bzw. Gesamtzellzahl pro  $m^3$ , g oder  $m^2$ .



## Beurteilung (nach UBA)

Für die abschließende Beurteilung einer Innenraumbelastung mit Schimmelpilzen müssen alle gesammelten Informationen (alle Befragungs- und Messergebnisse, Angaben im Begehungsprotokoll, physikalische Daten) im Gesamtzusammenhang gesehen werden. Die Beurteilung einer Schimmelpilzbelastung aus Teilinformationen oder Einzelmessungen ohne Kenntnis der Gegebenheiten vor Ort ist nicht sinnvoll.

Eine Schimmelpilzquelle ist dann im Innenraum zu vermuten, wenn die Anzahl der Schimmelpilze im Innenraum deutlich über der Anzahl der Schimmelpilze in der Außenluft liegt und/oder die Zusammensetzung der Arten im Innenraum deutlich von der Zusammensetzung der Arten in der Außenluft abweicht.

Die Beantwortung der Frage, ob eine Schimmelpilzquelle im Innenraum vorliegt, ist oft nur schwer möglich. Schimmelpilzsporen sind in der Luft nicht gleichmäßig verteilt, sondern ihre Verteilung hängt von den unterschiedlichsten Parametern (z. B. Luftzirkulation, Bewegungen im Raum, relative Feuchtigkeit) ab. Daher sind einzelne Schimmelpilzmessungen mit einem großen Unsicherheitsfaktor behaftet. Es sind Parallelmessungen notwendig. Die allgemein anerkannte und genutzte Bezugsgröße für eine Innenraumbelastung ist die Außenluftbelastung, die ihrerseits sehr starken örtlichen, witterungsbedingten und jahreszeitlichen Einflüssen unterliegt.

Tabelle: Bewertung von Materialien mit Schimmelpilzbewuchs

	<b>Kategorie 1*</b> <b>Normalzustand</b>	<b>Kategorie 2*</b> <b>Geringer bis mittlerer baulicher oder nutzungsbedingter Schaden</b>	<b>Kategorie 3*</b> <b>Großer baulicher oder nutzungsbedingter Schaden</b>
<b>Schadensausmaß</b> (sichtbare und nicht sichtbare Materialschäden)	keine bzw. sehr geringe Biomasse (z. B. geringe Oberflächenschäden < 20 cm <sup>2</sup> )	mittlere Biomasse; oberflächliche Ausdehnung < 0,5 m <sup>2</sup> , tiefere Schichten sind nur lokal begrenzt betroffen	große Biomasse; große flächige Ausdehnung > 0,5 m <sup>2</sup> , auch tiefere Schichten können betroffen sein
<b>Maßnahmen</b>	In der Regel keine erforderlich	Die Freisetzung von Pilzbestandteilen sollte unmittelbar unterbunden werden und die Ursache ermittelt und saniert werden.	Schließung der Räumlichkeiten. Belastete Materialteile verbleiben im Raum. Die Ursache sollte kurzfristig ermittelt werden. Ein Sanierungskonzept ist zu erstellen.

\* Für die Einstufung in die nächst höhere Bewertungsstufe reicht die Überschreitung einer Forderung. Beispiel: ein Befall mit geringer Oberfläche ist nach Kategorie 2 oder 3 einzuordnen, wenn zusätzlich auch tiefere Materialschichten betroffen sind.

Als Bewertungs- und Orientierungshilfe für Schimmelpilzbestimmungen in der Innenraumluft können nach gegenwärtigem Erkenntnisstand folgende drei Bereiche dienen

- ◆ der Bereich der Hintergrundbelastung für wichtige Pilzgattungen oder Pilzarten
- ◆ ein Übergangsbereich, innerhalb dessen erhöhte Konzentrationen der einzelnen Pilzgattungen oder Pilzarten liegen, die bereits auf Innenraumquellen hinweisen
- ◆ ein Bereich mit Konzentrationen, die diesen Übergangsbereich überschreiten und mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine Innenraumquelle hinweisen.

Die Probenahmesituationen haben größten Einfluss auf das Ergebnis und sollten bei der Beurteilung der Innenraumbelastung auf jeden Fall mit berücksichtigt werden. So kann z.B. die Bewertung einer Luftprobe im Spätherbst schwierig sein, wenn der Sporengehalt der Außenluft in kurzer Zeit stark verringert wird (Oktober-November mit kalter und feuchter Witterung). In diesem Zeitraum können aus der Außenluft stammende Sporen, die über die Vegetationsperiode zuvor im Innenraum sedimentiert sind, das Ergebnis einer Luftprobe stärker beeinflussen (falls diese vor oder während einer Probenahme aufgewirbelt werden) und im Verhältnis zur Außenluft eine Belastung der Innenluft ergeben. Umgekehrt können auch ungewöhnlich belastete Außenluftproben eine Interpretation der Ergebnisse erschweren. Bei der Bewertung der Ergebnisse sollte außerdem immer berücksichtigt werden, dass es sich um Kurzzeitmessungen handelt.

## **Bewertung**

Schimmelpilzwachstum stellt ein hygienisches Problem dar und sollte nicht hingenommen werden. Auch unabhängig von Messergebnissen sollte sauf eine Sanierung gedrungen werden.

Zwei Tatsachen erschweren die Bewertung von gemessenen Schimmelpilzbelastungen im Innenraum:

1. Es fehlen gesundheitlich begründete Richtwerte. Diese sind auch in Zukunft wahrscheinlich nicht zu erwarten. In den bislang durchgeführten Studien fanden sich zwar Hinweise auf Zusammenhänge zwischen Schimmelpilzwachstum in Wohnungen und gesundheitlichen Problemen der Nutzer. Es konnten jedoch keine gesicherten Dosis-Wirkungs-Beziehungen zwischen den gemessenen Schimmelpilzkonzentrationen und den eher unspezifischen Symptomen wie Kopfschmerzen, Augenbrennen, Konzentrationsstörungen – welche viele Ursachen haben können – festgestellt werden.

2. Schimmelpilze sind ubiquitär vorkommende Bestandteile unserer Umwelt. Somit müssen Messergebnisse immer im Gesamtzusammenhang gesehen werden (Vergleich Innen- und Außenluft, Jahreszeit, Ergebnisse der fachgerechten Begehung)

Falls Messungen stattgefunden haben, sollten die Ergebnisse durch einen erfahrenen Fachmann bewertet werden, der nicht nur auf die Messergebnisse zurückgreifen kann, sondern auch auf weitere Informationen ( aus einer Ortsbegehung, Gesprächen und Untersuchungsergebnissen von betroffenen Bewohnern,...)

Bei der Bewertung wird primär orientierend die Menge der koloniebildenden Einheiten betrachtet, wobei dies immer im Vergleich Innenluft zur Außenluft geschehen sollte. Hierbei wird nach UBA nochmals differenziert:

- ◆ In typische Außenluftkeime wie *Alternaria*, *Botrytis*, *Cladosporium*  
bzw.
- ◆ in Arten die eher untypisch für die Außenluft und eher Indikatoren für Feuchteschäden sind (z.B. *Aspergillus versicolor*, *Stachybotrys chartarum*)

Die Menge der KBE gibt die Möglichkeit grob, die Wahrscheinlichkeit eines Schimmelschadens grob einzuschätzen. Diese Zahlenangaben allein können aber nicht die Entscheidung für oder gegen eine Sanierung begründen, oder gar eine Aussage darüber zulassen, ob der Schimmelbefall die Ursache für eine Erkrankung ist.

Deutlich aussagekräftiger ist die Erfassung der Artzusammensetzung, da hierbei erkannt werden kann, ob es sich um Schimmelpilze mit krankheitserregender oder toxischer Wirkung handelt oder ob eventuell sogar bereits bestehende Beschwerden, insbesondere Allergien, durch diese Pilze verursacht sein können. Hierzu sollten Ergebnisse aus Allergietestungen der Bewohner vorliegen, wobei darauf hinzuweisen ist, dass es leider für eine Vielzahl von Schimmelpilzallergenen noch keine kommerziell vertriebenen Testmöglichkeiten gibt.

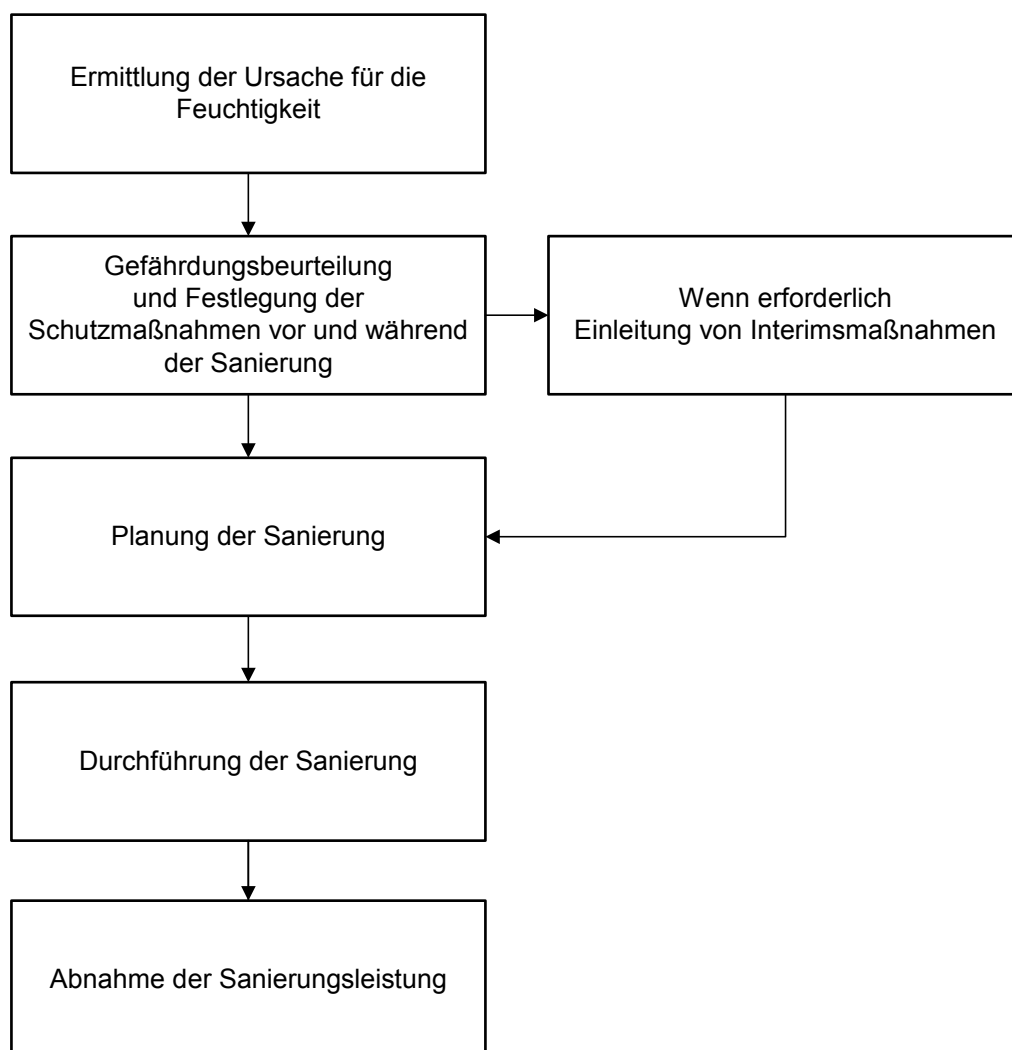
Die Dringlichkeit der Sanierung ist primär abhängig vom Ausmaß des Schimmelbefalls und natürlich auch vom Profil des Nutzers. So wird für Aufenthaltsräume extrem immungeschwächter Personen (z.B. Krankenzimmer in hämato-onkologischen Krankenstationen) eine Belastung mit weniger als 5 KBE/m<sup>3</sup> *Aspergillus* gefordert, was aber natürlich nicht mit vertretbarem Aufwand für Aufenthaltsräume von gesunden Nutzern verlangt werden kann.

# Sanierung

Zur Sanierung von Schimmelpilzschäden gibt es keine verbindlichen Festlegungen. Aufgrund der Komplexität des Problems ist auch nicht mit der Einführung von verbindlichen Sanierungsverfahren zu rechnen. Ein „Einheitssanierungsverfahren“ lässt sich nicht fixieren, da die Auswahl des Sanierungsverfahrens von der Schadensursachen und der Art und Größe des Schadens abhängig ist. Die unterschiedlichen technischen Verfahren, die zur Schadensbehebung eingesetzt werden müssen, variieren ebenfalls in einem nur schwer zu erfassenden Bereich.

Ziel jeder Sanierung muss die Herstellung eines "hygienischen Normalzustandes" sein. Bei der Durchführung von Sanierungsmassnahmen sind gesundheitliche Risiken für Nutzer und Arbeitnehmer zwingend so gering als möglich zu halten.

Unter diesen Gesichtspunkten sollte man sich bei der Durchführung von Sanierungen an dem folgenden Ablaufschema orientieren, wobei die Rangfolge der einzelnen Maßnahmen von dem konkret vorliegenden Schaden abhängig ist:



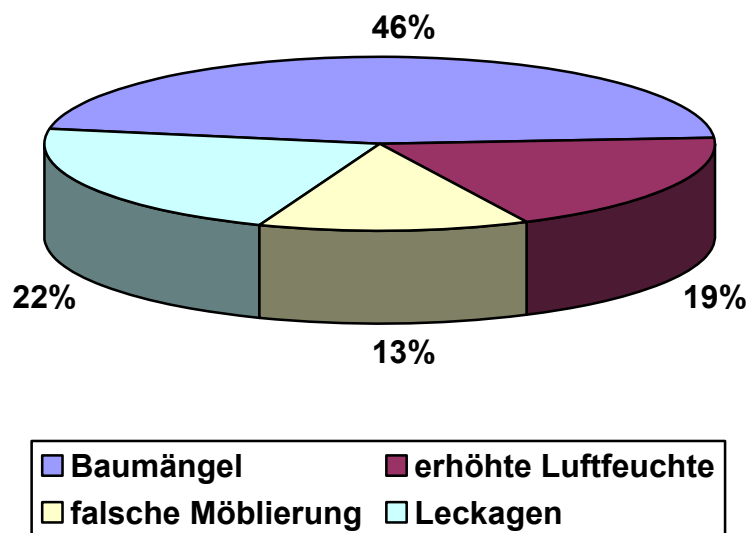
Prinzipiell ist zu beachten, dass parallel zu der Belastung mit Schimmelpilzen auch eine Belastung mit Bakterien, mit Milben usw. vorliegen kann. Dies ist bei der Gefährdungsbeurteilung und bei den durchzuführenden Sanierungsarbeiten zu berücksichtigen.

In der Ausschreibung für Sanierungsmaßnahmen sollten berücksichtigt werden, dass es sich um die Sanierung einer baulichen und raumklimatischen Situation handelt, die eine besondere Sorgfalt bei der Planung und Ausführung erfordert. Die Sanierung sollte unter Beachtung der in den nachfolgenden Ausführungen genannten Empfehlungen durchgeführt werden.

Bei Baumaßnahmen, die dem Bauordnungsrecht unterliegen, wie z.B. die Erneuerung von tragenden Bauteilen, sind die entsprechenden rechtlichen Forderungen einzuhalten.

### **Ermittlung der Ursache der Feuchtigkeit als Grundlage für jeden Schimmelpilzbefall**

Schimmelpilzschäden in Gebäuden können z.B. aufgrund baulicher Mängel, nicht angepasstem Nutzungsverhalten und Wasserschäden auftreten, wobei eine Fehlplanung der Bauausführung bzw. die Verwendung von vorbelastetem Baumaterial auch häufig die Ursache für Schimmelpilzschäden sind. Bei der Untersuchung der Ursache von Schimmelpilz- bzw. Feuchteschäden in mehr als 100 Wohnungen im Verlauf von 18 Monaten durch einen Berater der Verbraucherzentrale in Stuttgart, wurde folgende Häufigkeitsverteilung festgestellt:



Wie die Grafik eindeutig darstellt liegen, entgegen der Meinung vieler Bausachverständiger, die Ursachen für Schimmelpilzschäden meist nicht beim Nutzer und unzureichender Lüftung, sondern eher an Baumängeln und/oder falscher Nutzerunterweisung.

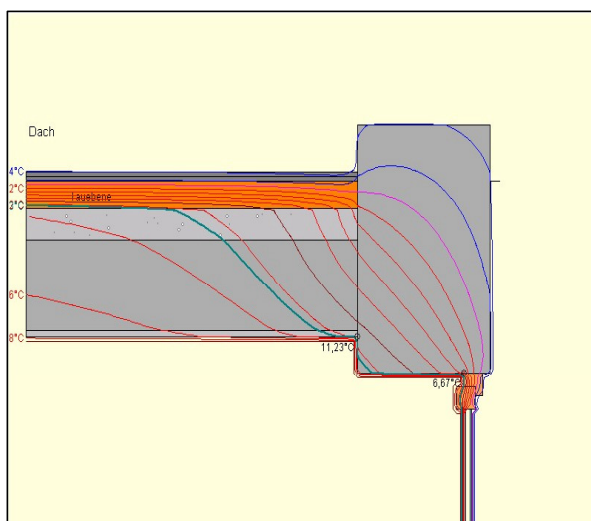
In Zeiten dicker Gebrauchsanweisungen für Autos, aber auch anderer alltäglicher Gebrauchsgegenstände, ist es unverständlich, warum ein Gebäudenutzer beim Bezug des Gebäudes keine Gebrauchsanweisung für das Gebäude erhält. Angesichts von Energieeinsparmaßnahmen hat sich die Bauweise in den letzten Jahren so maßgeblich verändert, dass es sich heutzutage beim Gebäude um einen technisch aufwändig gestalteten Gegenstand handelt, dem das Nutzerverhalten nach wie vor nicht angepasst ist.

Dies gilt aber nicht nur in Bezug auf Neubauten; auch nach Sanierungen und sonstigen technischen Verbesserungen (z.B. Fensteraustausch) muss der Nutzer auf die Veränderungen im Gebäude aufmerksam gemacht werden und auf notwendige Änderungen in seinem Nutzerverhalten hingewiesen und eventuell sogar geschult werden.

Wenn Bau- oder Wasserschäden als Ursache für den Schimmelpilzbefall auszuschließen sind, liegt die Ursache häufig in einer Kombination verschiedener Faktoren (z.B. Vorhandensein von Wärmebrücken und falschem Nutzerverhalten).

Der Ursachenforschung kommt bei der Sanierung von Schimmelschäden entscheidende Bedeutung zu. Im Rahmen einer Ortsbesichtigung sind die möglichen Ursachen für eine Schimmelpilzbelastung abzuklären. Durch die Bestimmung der physikalischen Parameter wie Temperatur und Feuchte soll bei der Begehung abgeklärt werden, ob es in bestimmten Bereichen der Räume zu Tauwasserproblemen mit anschließendem Schimmelpilzwachstum kommen kann. Aufgrund der vorhandenen Baukonstruktion und der aufgenommenen physikalischen Parameter sind exakte Berechnungen der Taupunkte in den Außenwandkonstruktionen möglich. Die Ergebnisse dieser Berechnungen können anschließend graphisch dargestellt werden

- oberer Fensteranschluss an Stahlbetonattika/-sturz: 6,7°C
- unterer Fensteranschluss an Stahlbetonbodenplatte: 6,0°C
- unterer Brüstungsanschluss an Stahlbetonbodenplatte: 14,2°C



**Isothermendarstellung oberer Fensteranschluss an Stahlbetonattika/-sturz**



## **Untersuchungsmethoden zur Ursachenerforschung**

Im Wesentlichen stehen zur Ursachenerforschung die nachfolgend aufgelisteten Untersuchungsmethoden für die bauphysikalische Erfassung der Raumdaten zur Verfügung:

### **Elektrische Feuchtemessgeräte**

Elektrische Feuchtemessgeräte mit Einschlagelektroden sind gut geeignet für (grünes) Holz. Sie haben oft eine holzspezifische Kalibrierung im Gerät abgespeichert, wenn nicht ist sie als Skala/Tabelle beigelegt. Bei chemisch behandeltem Holz oder feuchtem Holz durch Feuchtetransportvorgänge kommt es nicht selten zu Messwertfehlern.

Bei mineralischen Baustoffen sind diese Geräte nur eingeschränkt geeignet im leicht feuchten Bereich bei eigener stoffspezifischer Kalibrierung (z.B. für den Austrocknungsvorgang einer Estrich-Art).

Bei der zerstörungsfreien Messung mit Spitzen- oder Flächenelektroden ist nur eine grobe Bewertung von trocken - nass möglich. Besonders bei höheren Feuchten sind die Geräte sehr unsicher im Absolutwert.

Die Messergebnisse haben eine starke Abhängigkeit vom Salzgehalt, nicht nur bei Fremdsalzeinfluss sondern auch bei umverlagerten Eigensalzen der Baustoffe selbst.

### **Thermogravimetrisches Standardverfahren**

Der Feuchtegehalt wird aus der Masse einer Probe vor und nach dem Trocknen bei erhöhter Temperatur berechnet. Da das im Kapillarsystem der Stoffe gebundene Wasser baustoffspezifisch sehr unterschiedlich fest physikalisch, physikalisch-chemisch und/oder chemisch gebunden ist, werden bei unterschiedlichen Trocknungsbedingungen voneinander abweichende Ergebnisse erzielt. Für den Feuchtegehalt ist nur der Wasseranteil zu berücksichtigen, der bei definierten Trocknungsbedingungen aus einer Probe austreibbar ist.

Für die Beurteilung ist der Bezugsfeuchtegehalt (nach DIN 52620) entscheidend. Dieser ist ein an Baustoffproben ermittelter Labormesswert. Er gibt den Gleichgewichtsfeuchtegehalt an, der sich bei Wasserdampfabsorption im Gleichgewicht mit einer relativen Luftfeuchte von 80% bei 23°C Lufttemperatur einstellt. Er ersetzt den bisher üblichen Begriff des „praktischen Feuchtegehaltes“.

### **Raumklimaaufzeichnungen**

Langzeitaufzeichnungen der Raumklimaparameter (Lufttemperatur, Wandtemperatur, relative und absolute Feuchte, Taupunkt, Wasseraktivität der Wandoberflächen und Kohlendioxidkonzentration) mittels Datenlogger und anschließender Computerauswertung ermöglichen eine eindeutige Klärung der Frage, ob Feuchtigkeitsprobleme aus Wohnverhalten der Bewohner oder aus baulichen Mängel resultieren.

Folgende Informationen können mit der Durchführung von Raumklimaaufzeichnungen gewonnen werden:

- ◆ Lüftungszyklus der Bewohner,
- ◆ Art der Durchführung der Lüftung, wie Querlüftung, Stosslüftung und Kipplüftung,
- ◆ Heizgewohnheiten, sowie allgemeine Nutzungsgewohnheiten (Nachtabschaltung, Wachgewohnheiten, etc.),
- ◆ Feuchteauffälligkeiten der Bausubstanz (Neubaufeuchte, Undichtigkeiten und aufsteigende Feuchte),
- ◆ Visualisierung der Taupunktprobleme (Raumluft- und Wandoberflächentemperatur),
- ◆ Nachweis der für mikrobielles Wachstum verfügbaren Feuchtigkeit (Berechnung der Wasseraktivität),
- ◆ Hinweise auf den natürlichen Luftwechsel (Infiltration),
- ◆ Berechnung des Luftwechsels mit der Tracergasmethode,
- ◆ Datengrundlage für die Berechnung des notwendigen individuellen Luftwechsels, je nach Gebäudenutzung,
- ◆ Wärmeeigenschaften der Gebäudehülle,
- ◆ Datengrundlage zur Entscheidung über sinnvolle Sanierungsmassnahmen (Erhöhung von Raumtemperatur, Wandtemperatur, Dämmstandard der Hülle, Luftwechsel, Fensterlüftung, Druckunterschiede oder Kombinationen einzelner Maßnahmen).

### **BlowerDoor - Verfahren**

Durch Lecks in der Gebäudehülle kann kalte Außenluft einströmen. Im Gegenzug kann warme, feuchte Raumlufte in den Bauteilen auskondensieren. Dabei werden Wärmedämmstoffe und Holzbauteile durchfeuchtet. Schließlich kommt es zum Pilzbefall, wodurch Holzkonstruktionen massiv beschädigt werden können.

Die DIN bzw. ISO regelt das BlowerDoor-Verfahren als zulässiges Überprüfungsinstrument der Gebäudedichtheit. Die DIN 4108 Teil 7 schreibt die Dichtigkeit vor.

Die Meßmethode für die Beurteilung der Luftdichtheit ist das Differenzdruckverfahren. Für diese Messung wird ein Gebläse in eine Außentür z.B. eine Balkontür eingebaut und Luft aus dem Gebäude abgesaugt. Bei geschlossenen Fenstern und Türen entsteht Unterdruck zwischen innen und außen. Am Gebläse wird der Volumenstrom gemessen in Abhängigkeit des Differenzdruckes. Hat sich der Messwert auf den vorgesehenen Prüfdruck von 50 Pascal eingestellt, so erhält man den Luftdurchlässigkeitswert n50.



Da an allen Gebäudeleckagen Luft nachströmt, können Leckagen mit Hilfe eines Thermoanemometers oder eines Nebelgenerators aufgespürt werden.

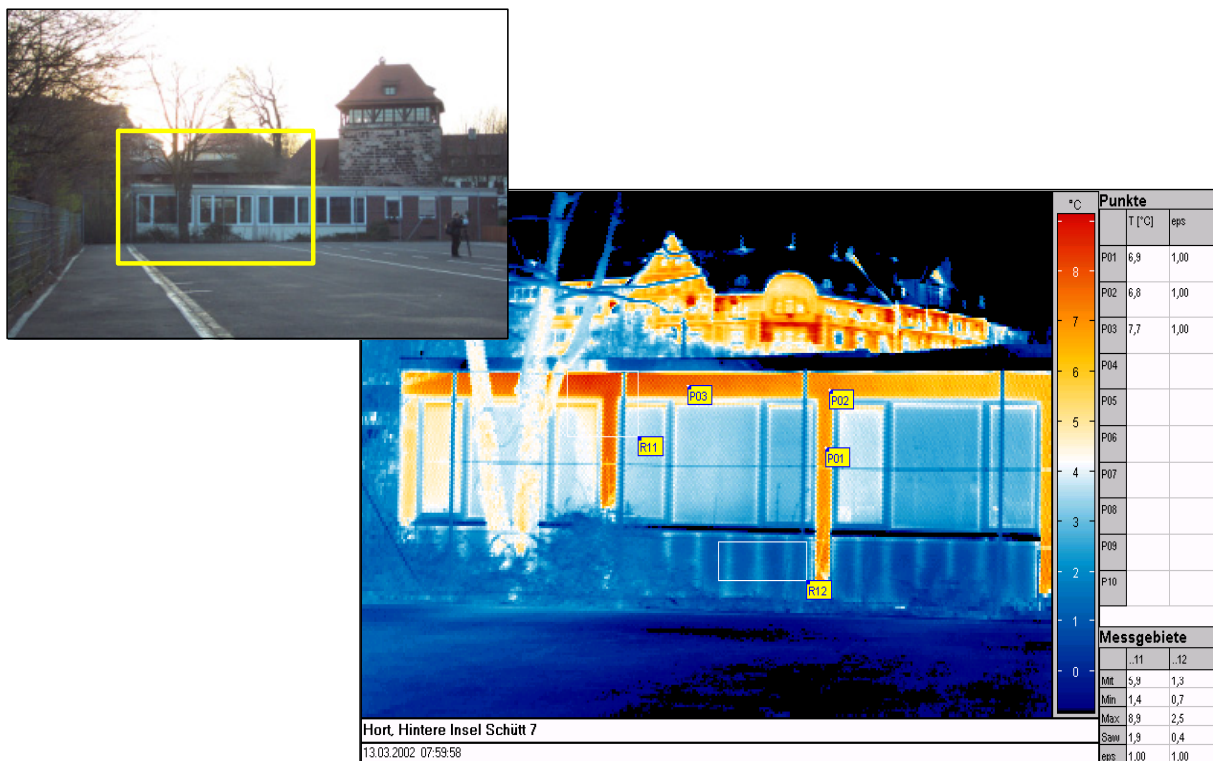
Bei entsprechend großen Temperaturunterschieden zwischen innen und außen kann zusätzlich eine Thermographiekamera eingesetzt werden. Geortete Leckagen werden anhand der Dimension und des Messwertes bewertet. Leckagen mit einer Luftgeschwindigkeit von über 2m/s müssen in jedem Fall beseitigt werden, da der Mensch diese Leckagen als Zugluft empfindet.

### Infrarot-Thermographie

Die Infrarotthermographie ermöglicht die Messung von Oberflächentemperaturen mit jüngsten Technologien und einem Genauigkeitsgrad von rd. 0,1 Kelvin.

Durch infrarotthermographische Bildaufnahmen werden Oberflächentemperaturverteilungen an ganzen Bauwerken und Bauteilen ermittelt und zwar anhand der spektralen Strahlungstemperaturverteilung, die mit einem Wärmebild-Kamerasystem mit elektronischer Datenaufzeichnung gemessen wird.

Es wird geprüft, ob die vorhandene Oberflächentemperaturverteilung "anormal" ist, das heißt, ob sie zum Beispiel durch fehlerhafte Wärmedämmung, durch erhöhten Feuchtegehalt und/oder durch Luftdurchlässigkeit bzw. sonstige Einflüsse (inhomogene Strömung) verursacht ist.



Thermographische Untersuchung einer Fassade

## **Mögliche Ursachen von Schimmelschäden**

Da jede Sanierung von Schäden durch Schimmelbefall an den Ursachen für die Feuchtigkeitsbildung ansetzen muss, hat die Erforschung der Ursachen einen besonders hohen Stellenwert. Um einen Anhaltspunkt für die Ursachensuche zu liefern sind im Folgenden die häufigsten Ursachen für Schimmelbildung aufgelistet. Im wesentlichen teilen sich die Ursachen in fünf Gruppen:

- ◆ Konstruktive Ursachen
- ◆ Mangelhafte Ausführung, Leckagen
- ◆ Außergewöhnliche Ursachen
- ◆ Auswirkungen von Baumaßnahmen
- ◆ Nutzerbedingte Ursachen

### **Konstruktive Ursachen**

Zu den konstruktiven Ursachen zählen im Speziellen unzureichender Wärmeschutz und material- bzw. konstruktionsbedingte Wärmebrücken. Häufige Fehler sind durchbetonierte Decken bei Balkonplatten sowie betonierte Aussteifungen in Außenwänden. Probleme stellen hier auch Unter- und Überzüge dar genauso wie Tragkonstruktionen rund ums Fenster. Nicht selten liegt die Ursache in geometrischen Wärmebrücken, das heißt an Außenwandecken bzw. dort, wo mehrere Außenbauteile aneinandergrenzen.

Bei den heute häufig angewandten Leichtbauweisen bzw. Fertigbauweisen hat die sogenannte Dampfbremse einen großen Anteil an möglichen Schimmelschäden. Fehlt die innenseitige Luftdichtung, dringt Raumlufffeuchtigkeit in das Innere von Konstruktionen ein, wo bei entsprechenden Temperaturen Tauwasser ausfällt. Dies kann zu einer Durchfeuchtung der Wärmedämmung aber auch zu Feuchteschäden an den Konstruktionsteilen führen.

Gerade bei Altbauten liegt die Ursache für Feuchteschäden und dem damit verbundenen Schimmelbefall nicht selten in der fehlende Abdichtung des erdberührten Mauerwerks und im Fehlen einer Abdichtung gegen aufsteigende Feuchtigkeit im Mauerwerk (Horizontalsperre).

Sollte die Fassade ohne ausreichenden Schlagregenschutz (konstruktiver Schutz bzw. richtiger Verputz und Anstrich) erstellt worden sein kann auch dies die Ursache für Schimmelschäden im Gebäudeinneren sein.

Schon bei der Erstellung des Gebäudes lässt sich die Ursache für Schimmelschäden finden wenn feuchte Baumaterialien (z.B. Holz) bei diffusionsdichten Konstruktionen eingebaut werden.

Letztlich ist bei den konstruktiven Ursachen ein gravierender Planungsmangel nicht zu vergessen: wenn schon bei der Planung des Gebäudes keine ausreichenden Lüftungsmöglichkeiten geschaffen wurden, kann auch mit dem besten Nutzerverhalten ein Schimmelbefall nicht vermieden werden.

## **Mangelhafte Ausführung, Leckagen**

Mehr oder weniger konstruktive Ursachen stellen mangelhafte Ausführungen beziehungsweise Undichtigkeiten und Leckagen dar. Im speziellen sollten hier mangelhafte Abdichtungen bei erdberührtem Mauerwerk genannt werden und vor allem mangelhafte Luftdichtung (innenseitig), wie z.B. mangelhaft verklebte Dampfbremsen an Kanten und Durchdringungen.

Massive Leckage mit mikrobiologisch unbelastetem Wasser (Trinkwasser) oder mikrobiologisch belastetem Wasser (Abwasser) stellen immer wieder Ursachen für Schimmelbildung dar. Aber auch langfristig bestehende geringe Leckagen können zu den Ursachen zählen.

Undichtigkeiten lassen sich als Ursache meist leicht diagnostizieren, vor allem, wenn sie sich im Dachbereich befinden.

## **Außergewöhnliche Ursachen**

Hierbei handelt es sich um Ursachen die weder durch Mängel bzw. Schäden am Gebäude noch durch falsches Nutzerverhalten verursacht sind. Hierzu zählen Überschwemmungen, Hochwasserkatastrophen und Löschwasser.

## **Auswirkungen von Baumaßnahmen**

In einem -vermeintlich- bis dahin schimmelfreien Gebäude ohne erkennbare Feuchteprobleme können als Auswirkung von Modernisierungsmaßnahmen wie Fenster austausch im Altbau (z.B. wegen Schall- oder Wärmeschutz) ohne Änderung der Lüftungsgewohnheiten (meist fehlende Aufklärung) plötzlich Schimmelprobleme entstehen. Mitunter stellen auch unsachgemäß ausgeführte Innendämmungen die Ursache für Schimmelprobleme dar.

## **Nutzerbedingte Ursachen**

Bei den nutzerbedingten Ursachen handelt es sich ausschließlich um unsachgemäßen Umgang mit den Räumen. Diese Ursachen lassen sich im Wesentlichen durch Änderungen im Nutzerverhalten beheben. Bevor aber leichtfertig Feuchteschäden und vor allem Schimmelbildung auf das Nutzerverhalten zurückgeführt werden sollte in jedem Fall eine bauliche Ursache ausgeschlossen werden.

Zu den nutzerbedingten Ursachen gehören in erster Linie nicht ausreichende oder falsche Lüftung und nicht ausreichende oder ungleichmäßige Beheizung. Eine, besonders in Altbauten, häufige Ursache ist auch mangelnde Luftzirkulation durch falsche Möblierung an Außenwänden. Selbstverständlich führt auch erhöhte Feuchteproduktion im Innenraum, z.B. durch Wäschetrocknen, große Aquarien, Überbelegung mit Zimmerpflanzen etc., zu Feuchteschäden.

Einen Sonderfall stellt die unzureichende Lüftungstätigkeit während der Austrocknungsphase von Neubauten (Baufeuchte im Rohbau und durch Feuchtgewerke, z.B. Estrich- und Putzarbeiten) dar.

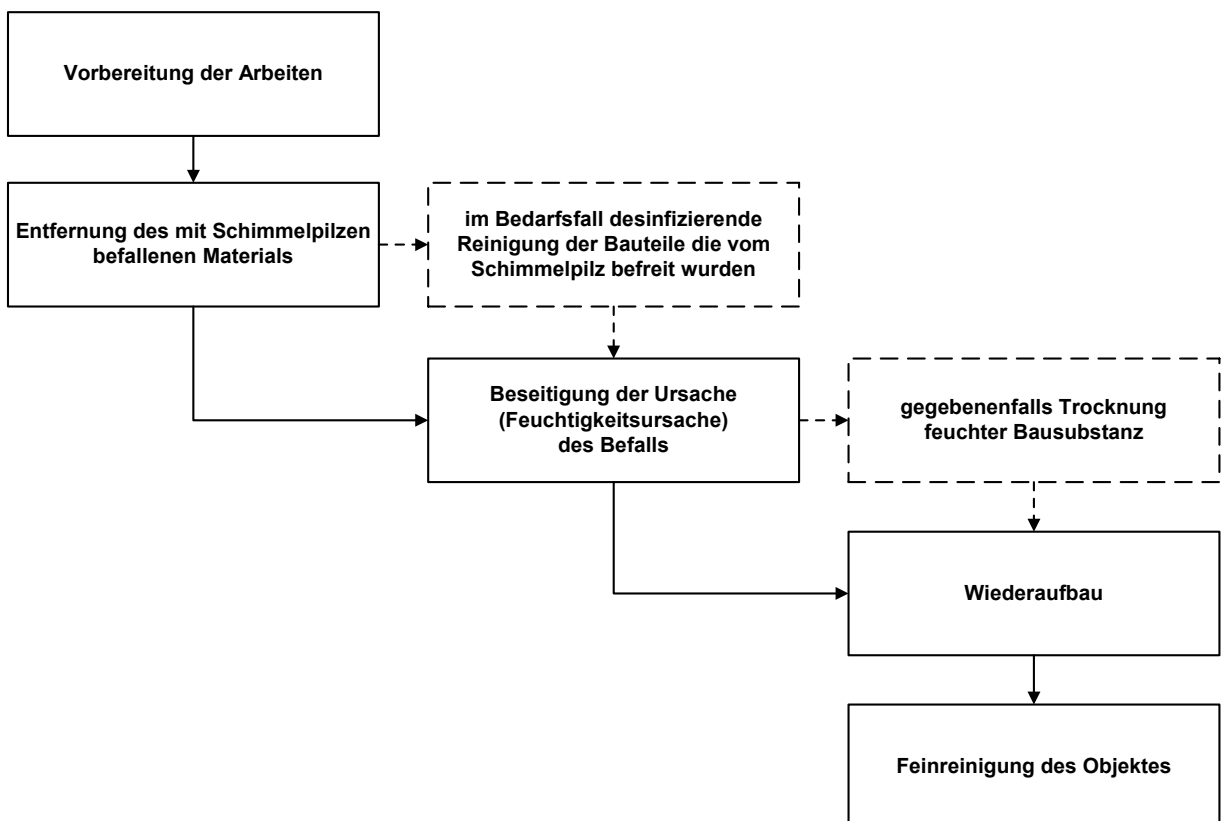
## Planung der Sanierung

Bei umfangreichen Schimmelpilzschäden sollte die Ursachenermittlung und die Gefährdungsbeurteilung nur durch Sachverständige durchgeführt werden. Im Hochbauamt liegt in den Bereichen „Bautechnisches Umweltmanagement“ und dem „Kommunalen Energiemanagement“ die einschlägige Fachkompetenz vor, Gefährdungsbeurteilungen werden durch die Umweltmedizinische Beratung des Gesundheitsamtes im Rahmen der Arbeitsgruppe bug erstellt.

Die Entsorgung der schimmelbefallenen Materialien ebenso wie die Beseitigung schimmelbewachsener Bauteile, aber auch die eventuell notwendige chemische Behandlung bzw. Desinfektion dieser Teile, muss ausschließlich durch versierte Fachfirmen erfolgen.

Liegt ein aktueller massiver Wasserschaden vor, sollte möglichst sofort mit der Schadensbehebung und der Trocknung begonnen werden.

Die fachtechnisch richtige Durchführung der Sanierung eines Schimmelpilzschadens gliedert sich in folgende Punkte:



## **Gefährdungen und Schutzmaßnahmen bei der Sanierung**

Vor Beginn von Sanierungsarbeiten an schimmelbelasteten Bauteilen ist eine Gefährdungseinschätzung zur Festlegung der erforderlichen Arbeitssicherheitsmaßnahmen zwingend erforderlich.

Ist die Schimmelpilzbelastung auf einen Wasserschaden mit mikrobiologisch belastetem Wasser (fäkales Abwasser) bzw. durch Überschwemmungen oder Hochwasserkatastrophen verursacht, wird neben der Gefährdungseinschätzung für Schimmelpilze auch eine für Bakterien und andere biologische Belastungen vorgenommen. Bei der Gefährdungsbeurteilung darf selbstverständlich die Gefährdung durch Desinfektionsmittel und andere chemische Zubereitungen, die bei Sanierungen häufig genutzt werden, außer Acht gelassen werden.

Bezüglich der Einschätzung der Gefährdungen und der Schutzmaßnahmen bei Sanierungen wird auf die entsprechenden Vorgaben der Berufsgenossenschaften und die einschlägigen gesetzlichen Vorgaben zurückgegriffen.

### **Gefährdungseinschätzung für die Sanierer**

Anhand folgender Kriterien kann die Höhe der Belastung für den Sanierer durch Schimmelpilze orientierend abgeschätzt werden:

- ◆ Größe und Tiefe des Schimmelpilzbefalls
- ◆ voraussichtliche Staub- bzw. Aerosolentwicklung bei den Sanierungsarbeiten (z.B. bei großflächigen Putzentfernungen), sowie Art des Staubes (z.B. Feinstaub, Grobstaub) bzw. Aerosol
- ◆ Raumgröße (Staub- bzw. Aerosolbelastung wird z.B. bei Abschottungsmaßnahmen verhältnismäßig größer)
- ◆ Möglichkeiten der technischen Staub- bzw. Aerosolreduzierung (Absaugung, Zuluft)
- ◆ voraussichtliche Dauer der Tätigkeit
- ◆ Ausmaß der Kontaminationen mit mikrobiell kontaminiertem Wasser
- ◆ Bei großen Schäden ist es ratsam, vor der Sanierung die den Befall verursachende Schimmelpilzart zu bestimmen, da einige Schimmelpilze aufgrund ihrer Wirkung in der Literatur als besonders problematisch eingeschätzt worden, wie Z. B.: *Aspergillus fumigatus* aufgrund seiner infektiösen Wirkung und *Aspergillus flavus* und *Stachybotrys chartarum* aufgrund ihrer toxischen Wirkung.

In der Regel werden bei Schimmelbefall in den Gebäuden der Stadt Nürnberg (zumindest in Aufenthaltsräumen) umgehend Maßnahmen ergriffen so dass das Ergebnis einer Schimmelartenermittlung nicht rechtzeitig vorliegen würde. Aus diesem Grund wird meist die höchste Schutzstufe angesetzt.

## **Gefährdungseinschätzung für die/den Gebäudenutzer im Rahmen der Sanierung**

Die Gefährdung der Nutzer und die Vermeidung einer Kontamination des Objektes und der Umwelt, ist neben der Gefährdung des Sanierers im Rahmen der Sanierungsplanung unbedingt zu beachten. Ebenso ist von wesentlicher Bedeutung, dass neben der mikrobiologischen Belastung durch Anwendung von Desinfektionsmitteln oder anderen Chemikalien auch eine Belastung gegenüber chemischen Schadstoffen vorliegen kann.

Einschätzkriterien sind hierbei insbesondere

- ◆ Gesundheitszustand der Nutzer (z.B. Bewohner eines Altenheims oder Mitarbeiter eines Büros, Asthmatiker o. a.)
- ◆ Ausmaß der Gefahr der Verbreitung von mikrobiologischen und gegebenenfalls chemischen Schadstoffen im Objekt (z.B. offener Treppenaufgang zwischen mehreren Etagen eines Einfamilienhauses oder abgetrennte Wohnung)
- ◆ Reinigungsmöglichkeit der Gegenstände im Objekt

Aus den einzelnen Gefährdungen ergibt sich die Gesamtgefährdung, aus der sich die erforderlichen Schutzmaßnahmen und gegebenenfalls Übergangmaßnahmen ableiten lassen. Bei den Schutzmaßnahmen ist zu unterscheiden zwischen den Maßnahmen, die aus Sicht des Arbeitsschutzes und solchen, welche aus der Sicht des Nutzerschutzes erfolgen.

## **Gefährdung durch eingesetzte Chemikalien**

Die Angaben zur Gefährdung durch folgende Substanzen beziehen sich auf die konzentrierte Ausgangschemikalie. Zur Anwendung kommt für gewöhnlich die verdünnte Lösung dieser Chemikalie. Bei ihrer Anwendung sind neben den Arbeitsschutzaspekten auch bauchemische und -technische Aspekte zu beachten. Für gewöhnlich sollten diese Chemikalien nur in beschränktem Umfang unter geeigneten Voraussetzungen angewandt werden. Eine intensive Raumlüftung ist bei der Anwendung dieser Chemikalien erforderlich.

### Chlorbleichlauge:

(Natriumhypochlorid, Natronbleichlauge, unterchlorigsaures Natrium) bzw. Chlorkalk, die bei der Sanierung eingesetzt werden können, wirken stark ätzend auf Haut, Augen und Schleimhäute und haben eine toxische Wirkung.

Durch die Verwendung von Chlorbleichlauge können Korrosionsschäden an Metallen und Veränderungen an organischen Stoffen ausgelöst werden. Es muss daher sorgfältig geprüft werden, ob die zu desinfizierenden Materialien für eine Behandlung mit Chlorbleichlauge geeignet sind.

Wasserstoffsuperoxid: Wasserstoffsuperoxid wird meist in Konzentrationen unter 20% eingesetzt. In diesen Konzentrationen wirkt es reizend (ätzend) auf Augen und Haut und ist brandfördernd. Konzentrationen von 20 - 60% (Diwasserstoffsuperoxid, Perdrogen 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Perhydrol 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Albone, Hioxyl, Inhibine, Oxydol, Perone, Peroxan, Superoxol) wirken ebenfalls ätzend auf Haut und Schleimhäute. Dämpfe reizen die Schleimhäute der Atemwege und die Bindehaut. Wasserstoffperoxid > 60% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-stabilisiert, wirkt ätzend auf die Haut und zerstörend auf das Auge, Dämpfe wirken reizend auf die Atemwege.

Durch die Verwendung von Wasserstoffsuperoxid können Korrosionsschäden an Metallen ausgelöst werden. Dies gilt auch für Bewehrungen von Betonbauteilen etc. Es muss daher sorgfältig geprüft werden, ob die zu desinfizierenden Materialien für eine Behandlung mit Wasserstoffsuperoxid geeignet sind.

Ethanol und Isopropanol. 70 - 80 %: Ethanol und Isopropanol sind leichtentzündlich und leichtflüchtig. Aufgrund der gegebenen Brand- und Explosionsgefahr sollten diese Verbindungen nur zur Desinfektion kleiner Flächen benutzt werden. Ansonsten ist eine Ex-Ausrüstung der Elektroinstallationen notwendig. Die Dämpfe insbesondere von Isopropanol können reizend z.B. auf die Augenbindehaut wirken.

Spezielle Verfahren: mitunter werden auch Ozon, Peroxide usw. zur Desinfektion genutzt. Bei der Anwendung dieser Verbindungen sind spezielle Sicherheitsmaßnahmen einzuhalten.

Vor der Anwendung von Desinfektionsmitteln ist es zwingend erforderlich, dass sich der Anwender über die Gefahren, die von diesen Mitteln ausgehen, informiert, entsprechende Sicherheitsdatenblätter einsehrt (beim Hersteller anfordern, bzw. in der GISBAU-Datenbank einsehen) und eine entsprechende Betriebsanweisung erstellt.

Die Einsatzgrenzen (Art, Material, und Größe der behandelten Fläche, eingesetzte Menge) der Desinfektionsverfahren sind einzelfallbezogen im interdisziplinären Dialog abzuklären.

### **Arbeitsschutzmaßnahmen**

Bei der Sanierung von schimmelpilzbelasteten Innenräumen müssen sowohl die mikrobiologischen als auch die chemischen Belastungen bei der Auswahl der einzuhaltenden Arbeitsschutzmaßnahmen Beachtung finden.

Arbeitsschutzmaßnahmen (siehe auch TRBA 500 März 1999, Hygienemaßnahmen: Mindestforderungen und TRGS 540 "Sensibilisierende Stoffe"):

### **Technische und bauliche Maßnahmen**

- ◆ Minimierung der Staubentwicklung durch Befeuchten oder durch Bindemittel z.B. zum Ablösen von Tapeten (Diese Maßnahme empfiehlt sich nur, wenn nur kurze Zeit gearbeitet wird, da es bei Langzeitbefeuchtung eher zu Schimmelpilzvermehrung kommt)
- ◆ Abdecken bzw. Abkleben schimmelpilzbefallener Materialien
- ◆ Anwendung staubarmer Arbeitstechniken, Staubabsaugung bei Tätigkeiten mit erhöhter Staubentwicklung
- ◆ evtl. technische Belüftung bei Arbeit mit Chemikalien oder mit hoher Staubbelastung, um den MAK-Wert einzuhalten bzw. die Staubexposition zu minimieren.

### **Organisatorische Maßnahmen**

- ◆ Häufige nicht staubende Reinigung
- ◆ Verpflichtung zum Händewaschen vor Pausen und nach Beendigung der Tätigkeit, bei Exposition gegen Abwasser Händedesinfektion mit gegen Viren wirksamem Mittel
- ◆ Schaffung der Möglichkeit zur Aufnahme von Speisen und Getränken in einem gesonderten Raum
- ◆ Einnahme der Mahlzeiten nicht in verschmutzter Arbeitskleidung, Schaffung der Möglichkeit, Lebensmittel und Getränke außerhalb des kontaminierten Bereiches aufzubewahren
- ◆ Schaffung der Möglichkeit zur getrennten Aufbewahrung von Schutzkleidung/ persönlicher Schutzausrüstung von der Straßenkleidung
- ◆ Um eine Kontamination von unbelasteten Bereichen zu vermeiden, muss bei Arbeiten der Belastungsstufe 3 (siehe Tab.1) der Sanierungsbereich von den übrigen Gebäudeteilen abgeschottet werden. Je nach Sanierungsumfang können dafür unterschiedliche Maßnahmen erforderlich sein. Bei einer technischen Be- und Entlüftung des Schwarzbereiches ist sicherzustellen, dass durch die Ablufführung keine Gefährdung Dritter entsteht. Dies kann z.B. durch den Einsatz von Abluffiltern gewährleistet werden.
- ◆ Regelmäßige Reinigung, ggf. Desinfektion der Schutzkleidung und der persönlichen Schutzausrüstung durch den Arbeitgeber, mindestens arbeitstäglicher Filterwechsel von Atemschutz usw.
- ◆ Sammeln und Entsorgen der mit Schimmelpilzen befallenen Materialien in geeigneten verschließbaren Behältnissen
- ◆ Erstellung von Betriebsanweisungen
- ◆ Unterweisung der Arbeitnehmer





Schleuse zur Abschottung einer Schimmelsanierung

### **Persönliche Schutzausrüstung**

- ◆ Schutzkleidung, zum Beispiel Einwegschutzanzug mit Kapuze Kat. 111, Typ 5 + 6, bei massivem Abwasserkontakt wasserdichte Schutzkleidung bzw. Einwegschutzkleidung, die gegen Mikroorganismen dicht ist
- ◆ Der Handschutz muss abgestimmt auf die mechanischen, chemischen und biologischen Belastungen ausgewählt werden. Bei Feuchtarbeiten sind flüssigkeitsdichte Handschuhe einzusetzen. Ansonsten sind die Schutzhandschuhe nach der mechanischen Belastung und eventuell vorhandenen Gefahrstoffen auszurichten.  

Handschuhe aus Leder/Textil-Kombinationen sowie medizinische Einmalhandschuhe sind ungeeignet. Im Allgemeinen empfiehlt es sich Handschuhe aus Nitril- bzw. Butylkautschuk zu verwenden. Hinweise zur Auswahl geeigneter Handschuhe gibt die BGR 195, "Regeln für den Einsatz von Schutzhandschuhen".
- ◆ Es ist ein der Baustelle entsprechendes Sicherheitsschuhwerk einzusetzen. Dieses muss zusätzlich abwaschbar sein. (Siehe auch BGR 191, "Regeln für die Benutzung von Fuß- und Beinschutz").
- ◆ Ist Augenschutz erforderlich, etwa bei der Gefahr von Spritzwasserbildung, Arbeiten über Kopf mit Staubeentwicklung etc., so ist mindestens eine Korbbrille zu verwenden. Der Augenschutz kann auch durch das Tragen einer Vollmaske gewährleistet sein.

- ◆ Bei Tätigkeiten der Belastungsstufe 2 und 3 siehe Tab. 1 sind Masken mit P3Filter einzusetzen. Grundsätzlich werden gebläseunterstützte Halbmasken mit Partikelfilter TM3P und insbesondere für Tätigkeiten der Belastungsstufe 3, Atemschutzhauben der Schutzstufe THP3 empfohlen. Die Filter der Atemschutzmasken sind mindestens arbeitstäglich zu wechseln. Die Auswahl und der Einsatz geeigneter Atemschutzgeräte ist in den Regeln für den Einsatz von Atemschutzgeräten" (BGR 190) aufgeführt.



Arbeiter in persönlicher Schutzausrüstung

- ◆ Hautschutz-, Hautreinigungs- und Hautpflegemittel.
- ◆ Bei Kontakt mit Abwasser oder Oberflächenwasser geeignetes Händedesinfektionsmittel.

### Arbeitsmedizinische Vorsorge

- ◆ Angebot von Vorsorgeuntersuchungen nach Biostoffverordnung bei Vorkommen von Schimmelpilzen der Risikogruppe 2 bzw. Exposition gegen Abwasser oder Oberflächenwasser
- ◆ G 26 (Atemschutz)

Die konkret anzuwendenden Schutzmaßnahmen sind entsprechend der Gefährdung festzulegen (siehe auch Tab. 1). Bei der Gefährdungseinschätzung ist auch die Art der vorliegenden Schimmelpilze zu beachten. Bei Schimmelpilzarten, denen eine besondere gesundheitliche Bedeutung zugeordnet wird (z.B. *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*, *Stachybotrys chartarum*), sind besondere Schutzmaßnahmen einzuhalten.

Vorschläge für die Abstufung von Schutzmaßnahmen im Arbeitsbereich

Kriterium	Belastungsstufe			empfohlene Schutzmaßnahme im Arbeitsschutzbereich
	1	2	3	
Arbeiten über mehr als eine Stunde, und/oder starke Entwicklung von Feinstaub bzw. Aerosolen, Arbeiten über Kopf			x	Atemschutz mit P3-Masken; empfohlen werden Gebläse unterstützte TM3P bzw. Atemschutzhauben, TH3P, Einwegschutzanzug mit Kapuze Kat. III, Typ 5+6, (bei Arbeiten mit belastetem Wasser gegen Mikroorganismen dicht), Schutzbrille, Handschuhe siehe oben, der Baustelle angepasste abwaschbare Schuhe ggf. Überziehschuhe, möglichst technische Luftabsaugung
kurzzeitige Arbeiten, und/oder vornehmliche Entwicklung von Grobstaub		x		Einwegschutzanzug, Schutzbrille, Handschuhe Atemschutz mit P3-Filter, empfohlen werden Gebläse unterstützte TM3P
z.B.: Staubfreies Entfernen von kleinen Flächen schimmelpilzbefallener Materialien z. B. Entfernung einer Silikonfuge	x			keine besonderen Schutzmaßnahmen, bei Kontakt mit belastetem Wasser mikroorganismendichte Handschuhe

nach: Handlungsempfehlung für die Sanierung von mit Schimmelpilzen befallenen Innenräumen LGA Baden Württemberg

## **Durchführung der Sanierung und Beseitigung der schimmelbefallenen Teile**

### **Vorbereitung der Arbeiten/ Interimsmaßnahmen**

Ist die sofortige Durchführung einer Trocknung oder Sanierung aus versicherungstechnischen oder sonstigen technischen und rechtlichen Gründen nicht möglich, muss sichergestellt werden, dass es nicht zu einer Gefährdung der Raumnutzer oder zu einer Ausbreitung der Schimmelpilze kommt. Gleiches gilt, falls wegen noch durchzuführender Maßnahmen zur Schadensermittlung und/oder zur Erstellung eines Sanierungskonzeptes der unmittelbare Beginn der Sanierung nicht möglich ist.

Sind Interimsmaßnahmen erforderlich, wird die Auswahl der jeweils anzuwendenden Maßnahmen unter Berücksichtigung der betroffenen Personen, der baulichen Gegebenheiten und der Wirksamkeit der Maßnahmen bei Bug abgestimmt und durch das Hochbauamt veranlasst.

Dies Interimsmaßnahmen können je nach Art und Schwere des Schadens u.a. folgende Maßnahmen sein:

- ◆ Stark mit Schimmelpilzen befallene Räume nicht mehr benutzen und falls erforderlich nur unter Einhaltung von Schutzmaßnahmen (Atemschutz, Schutzkleidung etc.) betreten.
- ◆ Den Bereich des Befalls räumlich abtrennen (staub- und luftdicht einhausen). Ist dies nicht möglich, befallene Flächen mit Folie staub- und luftdicht abdecken.
- ◆ Wenn möglich Ablüften der Feuchte nach außen, wobei darauf zu achten ist, dass das übrige Objekt durch das Lüften nicht mit Schimmelpilzsporen belastet wird
- ◆ Betroffene Räume möglichst vollständig ausräumen. So ist es sinnvoll, vor der Durchführung der Sanierung zuerst sämtliches, nicht fest eingebautes Material, das verschimmeln könnte, aus den entsprechenden Räumen zu entfernen. Dies gilt insbesondere für Gegenstände aus Holz, Papier, Textilien wie Polstermöbel, Teppiche, Tapeten etc.

### **Entfernung des mit Schimmelpilzen befallenen Materials**

Beim Befall von Material mit Schimmelpilzen kann es sich um einen aktiven Befall handeln, d. h. die Schimmelpilze wachsen und vermehren sich auf dem Material. Es kann aber auch eine Belastung aufgrund einer bloßen Verunreinigung mit Schimmelpilzsporen z.B. auf Grund der Verbreitung von Schimmelpilzsporen eines anderswo im Raum aktiven Befalls vorliegen. Vor allem bei Sanierungsarbeiten kann es zu einer solchen Verbreitung z.B. durch Aufwirbeln kommen, diese Schimmelpilzsporen vermehren sich aktuell nicht. Da aber auch von abgetöteten Schimmelpilzen allergische und reizende Wirkungen ausgehen können, sind schimmelpilzbefallene Materialien vollständig zu reinigen oder zu entfernen.

## Saugfähige Baumaterialien

Saugfähige Baumaterialien wie u.a. Holzwerkstoffplatten, Papier, Pappen, und Gipsplatten müssen vollständig entfernt und in reißfesten Behältnissen staub- und luftdicht verpackt und entsorgt werden. Bei einem akuten Schimmelbefall auf Dämmmaterialien muss dieses großzügig ausgebaut und ersetzt werden. Bei älteren Schäden ist individuell, abhängig von Material und Schadensfall, zu entscheiden, in wieweit der Ausbau und Ersatz erforderlich ist.



Schimmelbefallene Rückwand eines Schrankteiles,  
Reinigung unwirtschaftlich

Möbel, Treppen und Verkleidungen aus Naturholz können abhängig von der Schimmelpilzart gegebenenfalls abgewaschen und abgehobelt werden bis das befallene Holz entfernt ist.

Bei starkem Schimmelbefall von Holzbauteilen ist eine Ausbreitung der Pilzmycelien in die Tiefe des Holzes und/oder ein Befall mit holzerstörenden Pilzen durch geeignete Untersuchungen auszuschließen. Gleichzeitig muss bedacht werden, wie ein Rückbefall mittels Rückbefeuchtung des sorptionsfähigen Holzes auch langfristig vermieden werden kann.

## Beschichtetes Material und keramische Beläge

Bei beschichtetem Material und keramischen Belägen ist die Reinigung der Oberflächen möglich, gegebenenfalls kann eine Desinfektion durchgeführt werden. Das so behandelte Material kann wieder- bzw. weiterverwendet werden.



## Befallene Einrichtungsgegenstände

Stark befallene Einrichtungsgegenstände mit Polsterung (Sessel, Sofa) sind nur selten mit vertretbarem Aufwand sinnvoll zu sanieren und sollten daher im Normalfall entsorgt werden. Befallene Haushaltstextilien (Teppiche, Vorhänge) sind meist ebenfalls nur mit großem Aufwand sachgerecht zu sanieren, sodass je nach Anschaffungskosten eine Entsorgung vorzuziehen ist.



Schimmelpilzbefallene Gegenstände zur Entsorgung

Tapeten und sonstige Wandbekleidungen sind möglichst nass abzulösen und zu entsorgen. Ist das Annässen der Oberflächen nicht möglich, kann der Pilzbewuchs zur Vermeidung von Stäuben auch mit Dispersionsgrundiermittel oder Klebefolie fixiert werden.

Nicht mehr verwendbare befallene/bewachsene Gegenstände werden sofort in reißfesten Foliensäcken luft- und staubdicht verpackt und mit dem Hausmüll entsorgt.

Befallene Oberflächen noch verwendbarer Bauteile/Gegenstände sollten möglichst nass gereinigt oder mit BIA-baumustergeprüftem Industriesauger mit Filterklasse H (ältere Bezeichnung: K1) bzw. HEPA4 - Filter abgesaugt werden.

<sup>4</sup> HEPA = High-Efficiency-Particulate-Air (für Staubsauger: Filter der Klasse H 12 nach DIN EN 1822)

## Befallene Putzoberflächen

Bei der Behandlung von schimmelpilzbefallenen Putzoberflächen ist die richtige Methode, abhängig von der Ursache für die Feuchtigkeit, auszuwählen.

- ◆ Ist beziehungsweise war der Putz langfristig durchfeuchtet, so muss die gesamte befallene Putzlage in der Fläche großzügig entfernt werden. Ob und in welchem Maße der Putz entfernt werden muss, hängt u.a. von der Art des Putzes, der sich darauf befindlichen Tapete oder Farbe und der Zeit der Durchfeuchtung ab.

- ◆ Weist der Putz hohle Stellen auf bzw. ist er mit Rissen durchzogen, so ist er in jedem Fall großzügig zu entfernen da nicht auszuschließen ist, dass das Pilzmyzel in den Putz eingedrungen ist bzw. den Putz bereits unterwandert hat.
- ◆ Hat Oberflächenkondensation dazu geführt, dass es zu einem Schimmelpilzwachstum an der Oberfläche gekommen ist, muss der Putz nicht in jedem Fall entfernt werden, da der Schimmel nicht in den trockenen Putz eindringt.



Befallene Putzoberflächen in einer Hausmeisterwerkstatt

## Reinigung

Die Reinigung mit einem Dampfreinigungsgerät kann sinnvoll sein. Nach einer solchen Reinigung ist für rasche Trocknung zu sorgen!

Aus raumlufthygienischen Gründen wird die Verwendung biozider/fungizider Produkte mit Langzeit- bzw. Depotwirkung in Innenräumen grundsätzlich nicht empfohlen, da sich daraus ein langfristiges Problem mit flüchtigen organischen Verbindungen ergeben kann.

Intakte Putzoberflächen können mit 70 - 80%igem Alkohol bzw. Isopropanol (Vorsicht Brand- und Explosionsgefahr - daher nur bei kleineren Flächen anwendbar) desinfizierend gereinigt werden. In Ausnahmefällen kann auch eine Behandlung mit Chlorbleichlauge (Vorsicht vorübergehend chlogashaltige Emission!) angeraten sein.

Vor der Trocknung befallener Gegenstände bzw. Oberflächen kann es unter Beachtung der Verhältnismäßigkeit angeraten sein, diese zu desinfizieren (z.B. bei Schäden bei welchen biologisch belastetes Wasser in das Objekt eingedrungen ist).

Bei Einsatz von Chlorbleichlauge ist der Raum erst freizugeben, wenn kein Chlorgeuch mehr wahrzunehmen ist (siehe Betriebsanweisung).

Es sollten keine sauren Reinigungsmittel eingesetzt werden, da diese durch alkalische Baustoffe neutralisiert werden und dabei letztlich dem Baustoff nur Wasser zugeführt wird! Überdies können saure Reinigungsmittel zu Gefügeschäden an derartigen Baustoffen führen.

### Desinfizierende Reinigung im Zusammenhang mit einer Bautrocknung

Wird aufgrund eines massiven Wasserschadens durch mikrobiologisch belastetes Wasser oder einer Hochwasserkatastrophe eine Bautrocknung erforderlich, empfiehlt sich eine desinfizierende Reinigung der befallenen Oberflächen. Chlorbleichlauge oder Wasserstoffperoxid können dafür geeignet sein. Bei diesen Einsätzen von Chemikalien sind die entsprechenden Bestimmungen des Arbeits- und Gesundheitsschutzes zu beachten. Des Weiteren muss gründlich abgewägt werden ob solche Maßnahmen Schädigungen des Baukörpers nach sich ziehen können. Bei der Verwendung von Fungiziden ist zu bedenken, dass diese in der Praxis oft unwirksam sind und die Ursache für erneute gesundheitliche Belastungen der Nutzer sein können.

Die folgende Tabelle enthält eine Übersicht der Reinigungsverfahren für verschiedene Oberflächen mit einer Bewertung ihrer Tauglichkeit.

Eignung der Reinigungsverfahren für unterschiedliche Oberflächen

Reinigungsverfahren	Oberfläche		
	glatt, nicht saugend	porös	textil
trocken wischen/abfegen	-	-	-
Nass abwaschen (mit anschließender ausreichender Trocknung)	+	(+)	-
Dampfreinigung	(+)	+	-
Waschmaschine	-	-	(+)
Sprüh-Extraktion	-	+	+
Storch Hochdruck-Krake	-	(+)	-
Absaugen (K1-,H-Filter)	(+)	(+)	(+)

- nicht geeignet

(+) bedingt geeignet

+ geeignet

Nach LGA Baden-Württemberg Handlungsempfehlung für die Sanierung von mit Schimmelpilzen befallenen Räumen)



## **Beseitigung der Ursache des Befalls**

Eine Sanierung sollte stets mit der Beseitigung der Ursachen des Schimmelpilzbefalls beginnen. Es müssen die Ursachen für die Feuchtigkeit an dem betroffenen Bauteil erkannt und behoben werden. Das Vermeiden von feuchten Materialien in Aufenthaltsräumen ist die wirkungsvollste Methode bei der Bekämpfung von Schimmelschäden.

Baumängel bzw. -schäden und die Ursachen für Schäden durch Wasser aus dem Erdreich, der Wasserinstallation bzw. dem Abwassernetz sowie durch Regen und Hochwasser sind zu beheben. Aufgrund der Vielschichtigkeit der Schadensursachen, des unterschiedlichen Schadenumfanga und der unterschiedlichen Gefährdungsmöglichkeiten ist es schwierig, für alle denkbaren Fälle geeignete Empfehlungen zu geben, deshalb werden hier nur die relevantesten Fälle behandelt.

### **Neubaufeuchte**

Baustoffe wie Mörtel, Putz, Estrich, Steine, Beton sowie feuchte Witterung bringen während der Bauphase erhebliche Wassermengen in den Bau. Im Mittel werden beim Massivbau etwa 90 Liter Wasser pro Quadratmeter Wohnfläche bei der Neubauerstellung eingebracht (das entspricht 9 Tonnen bei 100 m<sup>2</sup> Wohnfläche !) Es dauert zum Teil mehrere Heizperioden, bis die Baufeuchte aus dem neu gebauten Haus austrocknet. Kritisch sind in dieser Zeit vor allem Beton und Porenbetonwände zu betrachten. Estrich und der meist erst kurz vor dem Bezug angebrachte Innenputz bedingen, in der Regel, während des ersten halben Jahres nach dem Einzug eine erhebliche Feuchtebelastung. Die erhöhte Luftfeuchtigkeit muss ganz gezielt aus der Wohnung abgelüftet werden. Hier ist eine entsprechende Belehrung des Nutzers unbedingt erforderlich.

Reicht ein in der Anfangszeit notwendiges verstärktes Lüften und Heizen nicht aus um Schimmelbildung zu verhindern, ist in der Wohnung eine technische Trocknung unter Beachtung der Ausführungen dieser Handlungsempfehlung durchzuführen.

### **Hohe Raumlufffeuchtigkeit**

Die Raumlufffeuchtigkeit kann zeitweise oder andauernd erhöht sein. Als Orientierung dient der Wert der relativen Luftfeuchte, der mit einem Hygrometer kontrolliert werden kann. Abhängig vom Dämmstandard sollten bei einer Überschreitung (während der Heizperiode) von 50 % (Altbau) bis 60 % (Neubau) Maßnahmen zur Absenkung der Raumlufffeuchtigkeit ergriffen werden.

### **Hohe Feuchtigkeitsproduktion**

Maßnahmen zur Reduzierung des Feuchteintrages in die Raumluff sind immer sinnvoll. So sollte z.B. keine Wäsche in der Wohnung getrocknet, der Pflanzenbestand auf ein sinnvolles Maß begrenzt und anhaftendes Wasser an der Duschwand gleich abgetrocknet werden. Ebenso sollte das Lüften unmittelbar nach dem Duschen selbstverständlich sein.

## **Unzureichende Lüftung**

Alle Innenräume, die von Menschen genutzt werden, müssen auch zur Vermeidung von hohen Innenraumoberflächenfeuchten (Tauwasser ist für die Schimmelpilzbildung nicht erforderlich; das Wachstum beginnt bei etwa 80 % Oberflächenfeuchte!) ausreichend gelüftet werden. Dazu ist es erforderlich, dass die vorhandenen Fenster zu Lüftungszwecken geöffnet werden können. Der notwendige Luftaustausch ist von der Raumgröße, vor allem von der Belegungsdichte abhängig, und von der Feuchtebelastung bestimmt. Somit kann hier kein allgemein gültiger Wert angegeben werden. Zur Feuchteabfuhr ist eine mittlere Luftwechselrate von 0,5/h durch tägliche Fensterlüftung sinnvoll, wobei die Lüftung möglichst über den Tag verteilt erfolgen sollte.

Zusätzliche Maßnahmen zur Erhöhung der Außenluft rate (= dem Raum zugeführte Außenluftmenge in m<sup>3</sup>/h, unabhängig von der Raumgröße) können sein:

- ◆ Einbau dezentraler bzw. zentraler Abluftanlagen bzw. -geräte oder Abluft- sowie Zuluftgeräte bzw. -anlagen mit geeigneten Nachströmungsmöglichkeiten für die Außenluft
- ◆ Eine ausreichende Nachlaufzeit der Ventilatoren in innenliegenden Räumen ist mit geeigneten Mitteln sicherzustellen (Bei Sanierungsmaßnahmen sollte besonders darauf geachtet werden, dass ausreichende Zuluftöffnungen vorhanden sind).

Sonderfall: in betroffenen Kellerräumen und nicht gedämmten Souterrainwohnungen sollte in der warmen Jahreszeit nicht tagsüber gelüftet werden, da das Risiko besteht, dass die warme feuchte Luft an den kühlen Oberflächen der Kellerräume kondensiert.

## **Unzureichendes Heizen**

Schlafzimmer und auch selten bewohnte Räume (wie Gästezimmer) dürfen, wenn sie nicht separat gelüftet werden, nicht ganz auskühlen. Sie sollten nicht bzw. möglichst wenig indirekt über andere Räume mit beheizt werden, da sonst durch die einströmende warme Luft auch Feuchte einströmt, die sich an kalten Oberflächen niederschlägt. Empfehlenswert ist ein gleichmäßiges Heizen aller Räume. Eine höhere Zimmertemperatur sorgt für niedrigere Raumlufffeuchten und höhere Oberflächen Temperaturen. Eine Anhebung der Raumtemperatur kann deshalb sehr wirkungsvoll Schimmelpilzwachstum vermeiden helfen.

## **Mangelnde Luftzirkulation hinter Einrichtungsgegenständen**

Größere Einrichtungsgegenstände aber auch schwere lange Vorhänge an Außenwänden behindern die Erwärmung der Wandfläche, die durch Konvektion und Strahlungsaustausch im Raum erfolgt. Hinter einem Möbelstück ist in der Heizperiode die Außenwand immer kälter als die unmöblierte Wand. Daher tritt an der Oberfläche der Außenwand hinter einem Möbelstück eine vergleichsweise höhere relative Feuchtigkeit auf und es ist aus diesem Grunde dort eher mit einem Schimmelpilzbefall zu rechnen.

Derselbe Effekt tritt bei ungedämmten Böden mit kalter Oberflächentemperatur auf. Daher sind bei der Möblierung folgende Maßnahmen zu beachten:

- ◆ Möbel wenn möglich nicht an gefährdete Außenwände (Außenwände mit niedrigem Dämmniveau) und besonders nicht in Außenecken stellen.
- ◆ Ist eine Möblierung an gefährdeten Außenwänden unvermeidlich, sollte ein Mindestabstand zur Außenwand von ca. 10 cm eingehalten werden.
- ◆ Hinter großen Möbeln sollte eine vertikale Zirkulation der Raumluft ermöglicht werden (Schränke auf Füße stellen, nicht raumhoch).
- ◆ In kritischen Fällen sollte die Möglichkeit einer Beheizung dieser Fläche überlegt werden. (z.B. Sockelbereich einer Einbauküche im EG an der Außenwand neben dem kalten Treppenhaus).

## **Bauschäden und Baumängel**

### **Wandoberflächen-Temperaturen zu niedrig**

Werden die Anforderungen der DIN 4108-2, 2003-2 nicht eingehalten, kann es zu einer erhöhten Feuchtigkeit an Bauteiloberflächen kommen, die wiederum die Ursache für Schimmelpilzwachstum sein kann. In solchen Fällen kann die Schimmelpilzbildung u.a. durch die Anbringung einer ausreichenden Wärmedämmung verhindert werden.

Da Innendämmungen aber aus bauphysikalischen Gründen -Absenkung der Temperatur zwischen Dämmung und Wandbildner und damit verbunden höhere Feuchten in diesem Bereich - nicht unkritisch sind, müssen Auswahl und Niveau der Wärmedämmung sowie der gesamte Konstruktionsaufbau den hygrothermischen Verhältnissen des Bauwerks angepasst werden. Entsprechende Fachplaner (in der Regel Architekten oder Bauingenieure) sollten hinzugezogen werden.

### **Feuchtigkeit im Kellerbereich**

Durchfeuchtung der Kellerbereiche können verschiedene Ursachen haben. Sie können durch Nutzungsänderungen der Kellerräume auftreten, da diese Räumlichkeiten bei der Baukonstruktion z.B. nur als Lagerraum geplant und dementsprechend ausgeführt sind. Sie wird zum anderen durch bauliche Mängel, Schäden aufgrund von eindringendem Wasser durch defekte oder fehlende Abdichtungen, durch Rohrleitungsschäden oder fehlerhaftes Lüftungsverhalten verursacht.

Für die Wanddurchfeuchtung gibt es verschiedene Ursachen der Feuchtigkeitszufuhr:

- ◆ Aufsteigende Feuchtigkeit
- ◆ Seitlich eindringende Feuchte im Bereich des Wand-Sohlenanschlusses durch Sicker-, Hang- und Schichtenwasser
- ◆ Seitlich eindringende Feuchtigkeit durch defekte Regenrohre ober- und unterhalb des Erdniveaus
- ◆ Hygroskopische Feuchte durch Salzbelastung der Wände
- ◆ Tauwasser von feucht-warmer Außenluft an den kalten Kellerwänden und Wasserleitungen im Sommer
- ◆ Leckagen an wasserführenden haustechnischen Einrichtungen

Die Ursache der Feuchtigkeitszufuhr muss auch hier durch einen Fachmann ermittelt werden, so dass ursachengerecht saniert werden kann.

Durch geeignete Bauwerksdiagnostik ist anhand der Feuchtigkeitsprofile und durch Untersuchung des Konstruktionsaufbaus zu ermitteln, welche Feuchtigkeitszufuhr an dem zu untersuchenden Bauteil maßgeblich ist. Es ist darauf hinzuweisen, dass „Mischfälle“ vorliegen können und ein Untersuchungsergebnis nicht unbedingt eindeutig sein muss.

### **Formen der Sanierung**

Um die Ursache der Feuchtigkeitszufuhr zu beheben, gibt es folgende Möglichkeiten der Sanierung:

#### **Bei aufsteigender Feuchtigkeit: Nachträgliche Horizontalsperre**

Es gibt Bohrlochinjektions-Verfahren, mechanische Verfahren und den Austausch von Mauerwerk, um nachträglich eine Horizontalsperre einzubringen. Die Verfahren zum Einbringen einer nachträglichen Horizontalsperre sind z. B. in den WTA-Merkblättern "Mauerwerksinjektion gegen kapillare Feuchtigkeit" und "Nachträgliche mechanische Horizontalsperren" beschrieben.

#### **Bei seitlich eindringender Feuchtigkeit: Nachträgliche Außenabdichtung:**

Gemäß DIN 18195 - Bauwerksabdichtung und WTA-Merkblatt "Nachträgliches Abdichten erdberührter Bauteile" ist das Gebäude von außen freizulegen und das sach- und fachgerecht vorbereitete Mauerwerk z. B. mit einer elastischen Bitumendickbeschichtung abzudichten. Im Bedarfsfall ist eine Drainage des umgebenden Erdreichs vorzunehmen. Zum Schutz und zur Erhöhung des Wärmedämmwertes des Mauerwerkes ist eine Perimeterdämmung anzubringen.

Wenn möglich sollte eine Außenabdichtung vorgenommen werden, da hierbei die Wände vor weiterer Feuchtezufuhr geschützt werden. Hinzu kommt, dass bei der Freilegung häufiger vorkommende Schäden an alten Abwasserleitungen erkannt und behoben werden können.

## Abnahme der Sanierungsleistungen

Ist bei der Sanierung sach- und fachgerecht vorgegangen worden und sind die schimmelbewachsenen Bauteile unter Beachtung aller zuvor beschriebener Hinweise großzügig entfernt worden, kann zur Sanierungskontrolle in der Regel auf Erfolgskontrollmessungen verzichtet werden.

Bereits bei der Abnahme der einzelnen Sanierungsleistungen ist darauf zu achten, dass alle schimmelbewachsenen Bauteile fachgerecht ausgebaut bzw. behandelt wurden und somit kein aktives Schimmelwachstum mehr vorhanden ist. Besonderes Augenmerk ist ebenso auf die Abnahme der Reinigungsleistungen nach Ausbau und Entsorgung der schimmelbewachsenen Bauteile zu legen.

Für die Entscheidung, ob Sanierungskontrollmessungen (bauphysikalisch, mikrobiologisch) erforderlich sind, sollte die Art der Gebäudenutzung, der gesundheitliche Zustand der Gebäudenutzer und die Art und Schwere des Schimmelpilzschadens herangezogen werden.

Um einen nachhaltigen Erfolg der Sanierung sicherzustellen, müssen dem Nutzer nach erfolgter Sanierung unbedingt Hinweise über erforderliche Änderungen des Nutzungsverhaltens (z.B. Lüftungs- und Heizverhalten, Aufstellen von Möbeln) gegeben werden.

Sanierungskontrollmessungen werden während bzw. nach einer durchgeführten Sanierung von mit Schimmelpilzen befallenen Innenräumen aus folgenden Gründen durchgeführt:

- ◆ **Schadenskontrolle**  
Kontrolle, ob der Schimmelpilzbefall vollständig entfernt worden ist
- ◆ **Reinheitskontrolle**  
Kontrolle, ob das Objekt aufgrund der Sanierungsarbeiten nicht höher als allgemein üblich mit Schimmelpilzsporen belastet ist
- ◆ **Ursachenbeseitigungskontrolle**  
Kontrolle, ob die Ursache für den Schimmelpilzschaden behoben worden ist

### Schadenskontrolle

Bei größeren Schimmelpilzschäden stellt sich häufig das vollständige Ausmaß des Schadens erst nach Entfernung befallener Baumaterialien bzw. -teile heraus.

Nur wenn visuell nicht einzuschätzen ist, ob das mit Schimmelpilzen befallene Material vollständig entfernt wurde, ist es notwendig, Materialien im Bereich des ursprünglichen Befalls unter Beachtung der Verhältnismäßigkeit zu untersuchen.

Die Anzahl der zu untersuchenden Proben richtet sich nach der Größe des vorliegenden Schadens. Durch entsprechende Messungen ist sicherzustellen, dass aktiv mit Schimmelpilzen befallenes Material vollständig entfernt wurde.

## **Reinheitskontrolle**

Durch die Sanierung kann es je nach angewandter Technik zu einer relevanten Belastung des sanierten Objektes mit Schimmelpilzsporen kommen. Der Wirkungsgrad der gegebenenfalls durchgeführten Reinigung, zur Reduzierung der Schimmelpilzsporen, kann sehr unterschiedlich sein. Daher ist je nach Größe des vorliegenden Schadens und der Wahrscheinlichkeit, dass nach der Sanierung mit einer relevanten Schimmelpilzbelastung zu rechnen ist, eine Reinheitskontrolle durchzuführen.

Die Art der Reinheitskontrollmessung und die Entscheidung ob überhaupt eine Messung durchgeführt werden muss, richtet sich nach dem Umfang und der Art der Sanierung. Durch eine Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft wird die allgemeine bzw. durch eine Bestimmung auf relevanten Flächen die örtliche Belastung des Objektes mit Schimmelpilzsporen kontrolliert. Die Messungen sind unter Nutzungsbedingungen durchzuführen. Welches Verfahren angewandt wird, richtet sich u.a. nach dem durchgeführten Sanierungsverfahren.

Bezüglich der Einschätzung der nachgewiesenen Schimmelpilzkonzentrationen sind die entsprechenden Ausführungen des Leitfadens des Umweltbundesamtes bzw. des Ergebnisprotokolls des Landesgesundheitsamtes Baden Württemberg heranzuziehen (siehe relevante Literatur).

Nach der Sanierung sind leicht erhöhte Schimmelpilzkonzentrationen gegenüber der allgemeinen Hintergrundbelastung zu akzeptieren. Hilfreich kann es bei dieser Art der Sanierungskontrollmessung sein, wenn die Schimmelpilzarten des ursprünglichen Schadens bekannt sind.

## **Ursachenbeseitigungskontrolle**

Kann durch bauphysikalische Untersuchungen bzw. Berechnungen nicht zweifelsfrei belegt werden, dass die Ursache des Schimmelpilzschadens beseitigt worden ist, ist von Fall zu Fall zu entscheiden, inwieweit eine mikrobiologische Überprüfung des Sanierungserfolges durchzuführen ist.

Die Art und der Zeitpunkt der Untersuchung richtet sich vor allem nach der Ursache und der Art des Schadens. War z.B. eine Wärmebrücke die Ursache für den Schimmelpilzschaden, ist zu kontrollieren, ob die Oberfläche der ursprünglichen Schadensstelle auch bei niedrigen Außentemperaturen nicht unter eine kritische Temperatur fällt. Mikrobiologische Untersuchungen der Oberflächen sind dagegen frühestens im folgenden Winter sinnvoll, um zweifelsfrei festzustellen, ob wieder ein aktiver Schimmelpilzschaden vorliegt.

War die Bauwerksabdichtung mangelhaft und eindringende Feuchtigkeit Ursache des Schimmelpilzschadens, ist zu untersuchen, ob das entsprechende Material nach der Sanierung trocken ist und eine dauerhafte Abdichtung erfolgt ist.

## **Vorbeugende Maßnahmen gegen Schimmelpilzbefall**

Wie schon mehrfach beschrieben, ist das Vorhandensein von Feuchtigkeit die wichtigste Voraussetzung für das Schimmelpilzwachstum. Dieses „Überangebot“ an Feuchtigkeit ist meist auf bauliche Mängel und /oder auf falsches Nutzerverhalten zurückzuführen. Fachgerechte bauliche Maßnahmen und vernünftiges Raumnutzerverhalten müssen sinnvoll zusammenwirken um Aufenthaltsräume frei von Schimmelpilzwachstum zu halten.

### **Bauliche Maßnahmen**

Für die Vermeidung von Schimmelpilzwachstum in Aufenthaltsräumen sind besonders folgende Maßnahmen zu nennen:

- ◆ Mindestwärmeschutz (DIN 4108-2:2001-03)
- ◆ Schutz vor Schlagregen (DIN (4108-3)
- ◆ Abdichtung gegenüber aufsteigender Bodenfeuchte (DIN 18195)
- ◆ Regelrechte Dachkonstruktionen
- ◆ Wasserdichte Installationen

Der bauaufsichtlich geforderte Mindestwärmeschutz ist in DIN 4108-2:2001-03 „Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz“ konkretisiert. In Abschnitt 6.2 der Norm werden Hinweise zur Vermeidung von Schimmelpilzbildung gegeben. Hiernach ist besondere Aufmerksamkeit auf den Bereich der Wärmebrücken zu richten. Bei Beachtung der Vorgaben dieser Norm ist davon auszugehen, dass bei üblicher Raumnutzung Schäden durch Schimmelpilzwachstum im Allgemeinen nicht auftreten.

Bisher war das Hauptkriterium bei der Berechnung zur notwendigen Wärmedämmung die Vermeidung von Tauwasserbildung. Auf der Grundlage der Erkenntnis, dass Schimmelpilzwachstum bereits bei einer Luftfeuchtigkeit von ca. 80% an der Materialoberfläche möglich ist, wurde in der DIN 4108 ein sogenanntes Schimmelpilzkriterium aufgenommen. Um Schimmelpilzwachstum auszuschließen wurden also weitergehende Vorgaben zur Berechnung von Wärmedämmmaßnahmen aufgenommen.

Bei einer großen Anzahl von gedämmten Gebäuden ist diese weitergehende Anforderung noch nicht erfüllt, das heißt, es kann vor allem bei Raumnutzungen mit erhöhter Feuchtigkeitsproduktion oder ungünstiger Luftzirkulation zu Schimmelpilzwachstum kommen.

## Richtige Lüftung

Die Möglichkeit, durch Lüftung Feuchtigkeit aus dem Raum zu entfernen, beruht darauf, dass Luft abhängig von der Temperatur unterschiedliche Mengen Wasserdampf aufnehmen kann. Warme Luft enthält bei gleicher relativer Feuchte viel mehr Wasser als kalte Luft. Kalte Außenluft im Winter enthält wenig Wasser, selbst bei relativ hoher Feuchte.

Kalte Außenluft, die beim Lüften in den Innenraum gelangt, nimmt beim Erwärmen Feuchtigkeit auf, die mit der erwärmten Luft wieder nach außen abgeführt wird. Bei kalter Außenluft kann im Innenraum - selbst bei Regenwetter - durch Lüftung eine Austrocknung erzielt werden. Je kälter die Luft ist, desto mehr Wasser kann sie beim Erwärmen aufnehmen. Daher kann im Winter durch Lüften mit kalter Außenluft mehr Feuchtigkeit aus einem Raum entfernt werden als im Sommer.

In einem Dreipersonenhaushalt, zum Beispiel, werden durch die Wasserdampfabgabe der Personen (30 bis 100 g/h je Person) durch Duschen, Waschen, Wäschetrocknen, Kochen sowie durch Pflanzen', Aquarien und andere Feuchtequellen täglich etwa 6 - 14 kg Wasser freigesetzt. Um 10 kg Wasser aus Innenräumen abzuführen, müssen ca. 3.000 kg Luft bewegt werden. Dies bedeutet, dass der Luftinhalt der Innenräume im Mittel etwa 7 mal täglich ausgetauscht werden muss, um die unerwünschte Feuchtigkeit abzutransportieren.

Je schlechter die Wärmedämmung der Außenwände ist oder je mehr bauliche Fehler bei der Gebäudekonstruktion gemacht wurden (zum Beispiel in Form von Wärmebrücken) und je schlechter Außenwände durch zirkulierende Raumluft erwärmt werden (zum Beispiel hinter Schränken oder hinter Wandverkleidungen), um so niedriger ist im Winter die Oberflächentemperatur dieser Außenwände. Damit nimmt die relative Feuchte an der Innenwandoberfläche und die Gefahr der Tauwasserbildung entsprechend zu.

Wichtig: An Außenwänden sollten, vor allem bei ungenügender Wärmedämmung (zum Beispiel in historischen Altbauten), keine dicht abschließenden Möbelstücke, Bilder oder schwere Gardinen aufgestellt oder aufgehängt werden. Als Richtschnur kann ein Mindestabstand von ca. 10 cm angesehen werden.

Zur Verringerung der Feuchte im Raum sollte vorzugsweise mehrmals täglich eine kurze Stoßlüftung (5-10 Minuten bei weit geöffnetem Fenster) erfolgen:

### Bad

Im Bad sollte, insbesondere bei Räumen mit ungenügender Lüftungsmöglichkeit, nach dem Duschen das Wasser von Wänden und Boden entfernt werden. Nach dem Duschen sollte man die Fenster im Bad (soweit vorhanden) kurzzeitig weit öffnen. Da nasse Handtücher und Wände im Badezimmer - trotz kurzzeitigen Lüftens, - noch viel Wasser enthalten können und sich damit längerfristig eine zu hohe relative Feuchte im Raum einstellt, kann es hilfreich sein, die Türen zu anderen beheizten Räumen nach dem Lüften offen zu halten. Bei kleinen fensterlosen Räumen empfiehlt sich außerdem, die Installation einer - möglichst über Feuchtesensoren gesteuerten -mechanischen Abzugslüftung.



## **Küche**

In der Küche kann durch einen Dunstabzug mit Abführung der Abluft ins Freie viel Feuchtigkeit aus dem Raum entfernt werden. Ein solcher Abzug ist überdies unter dem Gesichtspunkt der Abführung der Kochdünste und - beim Kochen mit Gas - der Verbrennungsgase sinnvoll. Dunstabzugshauben mit Umluftführung sind zur Verringerung der Luftfeuchtigkeit in der Küche nicht geeignet.

## **Nicht oder wenig beheizte Räume**

Weniger beheizte Räume (zum Beispiel Schlafzimmer) sollten nicht mittels warmer Luft aus anderen Räumen (am Abend) aufgewärmt werden. Im kälteren Raum kann es sonst an Wänden oder Fensterscheiben zu Tauwasserbildung kommen. Bei Nutzung des - wenig beheizten - Schlafzimmers sollte durch gute Lüftung morgens nach dem Aufstehen für die Abfuhr von Feuchtigkeit (jeder Schlafende gibt Wasserdampf ab) gesorgt werden, da es sonst zu Tauwasserbildung kommen kann. In Räumen, die längere Zeit nicht benutzt und beheizt werden, ist bei erneutem Gebrauch vorher vermehrt zu lüften.

## **In Abwesenheit**

Können wegen Abwesenheit der Bewohner die Fenster einer Wohnung nicht mehrmals täglich geöffnet werden, sollten die Zimmertüren offen gehalten werden, damit noch vorhandene Feuchte aus den feuchteren Bereichen (zum Beispiel Küche, Bad) gleichmäßig über alle Räume verteilt wird.

## **Bei Kellerräumen**

Bei Kellerräumen ist die Wandtemperatur auch im Sommer häufig niedrig. Da aber die absolute Feuchte der Außenluft im Sommer oft hoch ist, wäre dann häufiges Lüften mit Außenluft zum "Abtrocknen" falsch, weil immer mehr Feuchtigkeit in den Raum eingetragen wird und an den kalten Wänden kondensiert. Deshalb sollten Kellerräume nur mit der vergleichsweise kühlen Nachtluft belüftet werden

In Kellerräumen, die nur als Lager dienen und nicht für den längeren Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, wird Schimmelpilzbefall zum Teil in Kauf genommen. Abhilfe wäre nur durch bessere Wärmedämmung, durch Beheizen oder durch Trocknen der Raumluft möglich. Keller, in denen Schimmelpilzwachstum nicht verhindert wird, sollten aber keine direkte Verbindung zum übrigen Gebäude haben, etwa durch Treppen, Schächte oder nicht abgedichtete Öffnungen in der Kellerdecke.

## Literaturverzeichnis

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

Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg, Schimmelpilze in Innenräumen – Nachweis, Bewertung, Qualitätsmanagement, 2001

Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg, Handlungsempfehlung für die Sanierung von mit Schimmelpilzen befallenen Innenräumen, 2004

Arbeitsschutzgesetz vom 07.08.1996, Stand: Zuletzt geändert 30. 7.2004

Verordnung zur Umsetzung von EG – Richtlinien über den Schutz der Beschäftigten gegen Gefährdung durch biologische Arbeitsstoffe bei der Arbeit (Biostoffverordnung – BioStoffV) vom 29. Januar 1999, Zuletzt geändert 23.12.2004

Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA):

TRBA 400 Handlungsanleitung zur Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen

TRBA 405 Anwendung von Messverfahren und technischen Kontrollwerten für luftgetragene Biologische Arbeitsstoffe

TRBA 460 Einstufung von Pilzen in Risikogruppen

TRBA 500 Allgemeine Hygienemaßnahmen, Mindestanforderungen

Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS):

TRGS 524 Sanierungen und Arbeiten in kontaminierten Bereichen

TRGS 540 Sensibilisierende Stoffe

TRGS 907 Verzeichnis sensibilisierende Stoffe

TRGS 908 Begründung zur Bewertung von Stoffen als sensibilisierend

DIN 4108-2:2001-03 „Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz“

DIN 18195 - Bauwerksabdichtung und WTA-Merkblatt "Nachträgliches Abdichten erdberührter Bauteile"

Umweltministerium Bayern, Fachinformation "Umwelt und Gesundheit", Schimmelbildung in Wohnräumen, (Stand: Oktober 1997)

Bremer Umweltinstitut e.V., Schimmel an der Wand, Mücke oder Elefant? (April 2003)

Isenmann Wolfgang, Feuchtigkeitserscheinungen in bewohnten Gebäuden, verlag für Wirtschaft und Verwaltung Hubert Wings, Essen, (1999)

Köneke Michael, Schimmel im Haus, erkennen – vermeiden – bekämpfen, Frauenhofer IRB Verlag, (2002)

Lotz A., Hammacher P., Schimmelschäden vermeiden, Frauenhofer IRB Verlag, (2001)

Verband der Bausachverständigen Norddeutschlands: Tophthema Schimmelpilz. VBN-Sonderheft Schimmelpilz, VBN Seminare Verlag, Bremerhaven (2001)

Verband der Bausachverständigen Norddeutschlands: Tophthema Schimmelpilz. Zweites Schimmelpilzsymposium. VBN Seminare Verlag, Bremerhaven (2002)