

# Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden

Schimmelleitfaden



# **Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden**

Schimmelleitfaden

## Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:  
Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus  
Stubenring 1, 1010 Wien  
+43 1 123 45-0  
bmnt.gv.at

Autorinnen und Autoren:

**Projektleitung der österreichischen Ausgabe:**  
SV Dipl. Ing. Peter Tappler, Dipl. (HTL) Ing. Emanuel Mairinger

**Arbeitskreis Innenraumluft am BMNT:** Dipl. Ing. Bernhard Damberger, Priv.-Doz. Dr. Doris Haas, OA Assoz. Prof. Dipl. Ing. Dr. med. Hans-Peter Hutter, Univ. Prof. Dr. Michael Kundi, Dipl. Ing. Nora Mitterböck, Doz. Dr. med. Hanns Moshhammer, Dr. med. Dagmar Seidl, Dr. med. Peter Wallner

**Bundesverband für Schimmelsanierung und technische Bauteiltrocknung:** Ing. Peter-Ingo Harrer, Dipl. Ing. Dr. Clemens Hecht, Dipl. Ing. Herwig Hengsberger, Günther Mössner, Ing. Ulrike Schwarz-Provilij MSc, Ing. Harald Weiss, Dipl. Ing. Felix Twrdik

**Allgemeine Unfallversicherungsanstalt (AUVA):**  
Dipl. Ing. Manfred Hinker, Mag. Joe Püringer, Dipl. Ing. Martina Seibert

**Sonstige:** Dipl. Ing. Dr. Günther Fleischer, Dr. Markus Gorfer, RAA Mag. Nina Haider, Dipl. Ing.(FH) Clemens Häusler, RA Mag. Heinz Heher, Priv.-Doz. Mag. Dr. Martin Kirchmair, SV Emanuel Panic, Dipl. Ing. Clara Pogner, Stefan Pointner M.Sc., Univ. Prof. Mag. Dr. Franz Reinthaler, Dipl.-Biol. Nicole Richardson, Dipl. Ing. Claudia Schmöger, Univ. Prof. Dr. Katja Sterflinger-Gleixner, Univ. Prof. Dr. Joseph Strauss, Dr. Sabine Strauss-Goller, Mag. Verena Unterwurzacher

Ein spezieller Dank wird dem Team um Univ. Prof. Mag. Dr. Reinthaler (Institut für Hygiene der medizinischen Universität Graz), dem Team um Univ. Prof. Joseph Strauss (BOKU und AIT, Campus Tulln) sowie Frau Dr. med. Dagmar Seidl (Gemeinde Wien, MA 39) für die detaillierte Durchsicht und kritische Diskussion der Texte sowie für Vorschläge zur Referenzierung ausgesprochen.

Fotonachweis:

Umweltbundesamt (UBA) Dessau-Roßlau (S. 24, 27, 37, 41, 64, 65, 112, 115, 119, 127, 143, 150, 152, 156), Ismail Sadiron/Shutterstock.com (S. 38), iStock.com/Ekspansio (S. 48), iStock.com/pankration (S. 74), Andrey\_Popov/Shutterstock.com (S. 96), iStock.com/AndreyPopov (S. 164)

Gestaltung:

LAGOTA – Michael Hudritsch, [www.lagota.at](http://www.lagota.at)

Druck:

Grasl FairPrint, [www.grasl.eu](http://www.grasl.eu)

Die Erstellung des Schimmelleitfadens erfolgte unter Mitwirkung der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt (AUVA), 1200 Wien und des Bundesverbandes für Schimmelsanierung und technische Bauteiltrocknung, 1150 Wien. Der Text beruht im Wesentlichen auf dem in Deutschland 2017 erschienenen „Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden“, welcher von der Innenraumlufthygiene-Kommission am Umweltbundesamt (UBA) erarbeitet und vom UBA publiziert wurde. Es wurden Anpassungen u.a. in Hinblick auf in Österreich geltende Normen und Vorschriften vorgenommen.

Werden Personenbezeichnungen aufgrund der besseren Lesbarkeit lediglich in der männlichen oder weiblichen Form verwendet, so schließt dies das jeweils andere Geschlecht mit ein.

Copyright und Haftung:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig. Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des BMNT und der Autoren ausgeschlossen ist. Rechtsauslegungen stellen die unverbindliche Meinung der Autoren dar und können der Rechtsprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

Wien, Januar 2019



Dieses Produkt entspricht dem Österreichischen Umweltzeichen für schadstoffarme Druckprodukte (UZ 24), UW-Nr. 715, Grasl FairPrint, Bad Vöslau, [www.grasl.eu](http://www.grasl.eu)

## Vorwort

Da wir uns durchschnittlich mehr als 90 % unserer Lebenszeit in Innenräumen aufhalten, stellt gesunde Raumlufte einen sehr wichtigen Faktor für die Lebensqualität dar. Schimmel und dessen Auswirkungen auf die Innenraumluft haben sich in den letzten Jahren als zentrale Themen in diesem Bereich herausgestellt und sind stark in den Fokus der Öffentlichkeit gerückt. Das Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus veröffentlichte im Jahre 2004 ein kurzes Positionspapier zu Schimmel. Dessen ungeachtet bestanden immer wieder Unsicherheiten beim Umgang mit Schimmelfall sowie bei Art und Umfang von Sanierungsarbeiten im Hinblick auf Auswirkungen auf Gesundheit und Wohnumfeld.

Um den Themenkreis „Schimmel in Innenräumen“ umfassend zu regeln, hat der Arbeitskreis Innenraumluft im Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT) in Zusammenarbeit mit der AUVA und dem Bundesverband für Schimmelsanierung und technische Bauteiltrocknung einen Leitfaden erarbeitet, der den derzeitigen Stand der Technik widerspiegelt und Anleitungen für die Praxis enthält. Der Leitfaden kann als Hardcopy bestellt oder auf der Internetseite des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus heruntergeladen werden.

Mit diesem Leitfaden wollen wir Ihnen helfen, Schimmel in Innenräumen vorsorglich zu verhindern und im Schadensfall die richtigen Maßnahmen für eine fachgerechte Sanierung zu ergreifen.

### **Elisabeth Köstinger**

Bundesministerin für Nachhaltigkeit und Tourismus



Bundesministerin für  
Nachhaltigkeit und Tourismus  
Elisabeth Köstinger

## Allgemeines

Leitfäden des Arbeitskreises Innenraumlufte des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus werden zu aktuellen Themen im Bereich Innenraumklimatologie in umfassender Form ausgearbeitet. Sie werden von Fachleuten für Umwelthygiene von der Medizinischen Universität Wien, Beratern der Bundesländer, Mitarbeiter der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt (AUVA) und erfahrenen Messtechnikern sowie privaten Forschungseinrichtungen erstellt.

Die „Richtlinie zur Bewertung der Innenraumlufte“ wurde unter Mitwirkung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften erstellt und definiert Richt- und Referenzkonzentrationen für häufig auftretende Schadstoffe in Innenräumen. Beim „Wegweiser für eine gesunde Raumlufte“ handelt es sich um eine Konsumentenbroschüre, in der in leicht verständlicher Form Empfehlungen zum Thema gegeben werden. Ergänzt werden die Leitfäden durch Positionspapiere, in denen in kürzerer, leicht aktualisierbarer Form Informationen bereitgestellt werden.

Leitfäden und Positionspapiere legen prinzipielle Vorgangsweisen für Experten fest und schneiden offene Fachfragen an. Sie spiegeln die Fachmeinung der im Arbeitskreis vertretenen Experten und Expertinnen (Umwelthygiene, Messtechnik) zu einem aktuellen Problem des Themas Innenraumlufte wider. Sie haben keinen normativen Charakter und können nach einer Evaluierung auch neu bearbeitet werden.

Neben der vorliegenden Publikation sind bisher erschienen:

- Leitfaden Gerüche in Innenräumen
- Leitfaden zur technischen Bauteiltrocknung
- Richtlinie zur Bewertung der Innenraumlufte (unter Mitwirkung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften)
- Wegweiser für eine gesunde Raumlufte (Konsumentenbroschüre)
- Positionspapier zu Luftströmungen in Gebäuden
- Positionspapier zu Schimmel in Innenräumen
- Positionspapier zu Lüftungserfordernissen in Schul-, Unterrichts- und Vortragsräumen
- Positionspapier zur Schadstoffvermeidung in Saunaanlagen
- Positionspapier zur technischen Bauteiltrocknung
- Positionspapier zu Verbrennungsprozessen und Feuerstellen in Innenräumen
- Positionspapier zur Sanierung von Schimmelbefall nach Wasserschäden in Krankenanstalten

Alle Publikationen des Arbeitskreises Innenraumlufte können online bezogen werden unter:  
<https://www.bmnt.gv.at/umwelt/luft-laerm-verkehr/luft/innenraumlufte.html>.

# Inhalt

<b>Einleitung</b> .....	<b>8</b>
<b>1 Schimmel, Schimmelbefall und Schimmelpilze</b> .....	<b>14</b>
1.1 Schimmelbefall – Kontamination.....	17
1.2 Schimmelpilze.....	20
1.2.1 Eigenschaften von Schimmelpilzen.....	21
1.2.2 Schimmelpilze in Innenräumen.....	23
1.2.3 Faktoren, die das Wachstum von Schimmelpilzen beeinflussen.....	24
1.3 Hefen.....	33
1.4 Bakterien und Aktinobakterien.....	34
1.4.1 Eigenschaften von Aktinobakterien.....	35
1.4.2 Nachweis und Identifizierung von Aktinobakterien.....	36
<b>2 Wirkungen von Schimmel in Innenräumen auf die Gesundheit des Menschen</b> ..	<b>38</b>
2.1 Allergische Reaktionen.....	42
2.2 Reizende, toxische und geruchliche Wirkungen.....	44
2.3 Infektionen.....	47
<b>3 Ursachen für Schimmelbefall in Gebäuden</b> .....	<b>48</b>
3.1 Bauliche, nutzungsbedingte und sonstige Einflussgrößen.....	49
3.1.1 Unzureichende Wärmedämmung.....	52
3.1.2 Wärmebrücken.....	52
3.1.3 Erhöhte Wärmeübergangswiderstände.....	56
3.1.4 Unzureichende oder unsachgemäße Beheizung.....	57
3.1.5 Erhöhte Feuchteproduktion im Innenraum.....	58
3.1.6 Unzureichendes oder unsachgemäßes Lüften.....	60
3.1.7 Geringe Feuchtepufferung der Baumaterialien.....	61
3.1.8 Feuchte in der Baukonstruktion durch Leckagen u. aufsteigende Feuchte...64	
3.1.9 Baufeuchte.....	64
3.1.10 Hochwasserschäden und Löschwasser.....	65

3.1.11 Sommerkondensation.....	66
3.2 UnsachgemäÙe energetische Modernisierung.....	66
3.2.1 Einbau dichter Fenster in unzureichend gedämmten Altbauten.....	67
3.2.2 Falsch ausgeführte Innendämmungen.....	69
3.2.3 Unsachgemäß ausgeführte Abdichtungen bei energieeffizient ausgeführten Gebäuden.....	71
3.3 Schimmel in Dachböden und Keller- bzw. Souterrainräumen.....	72
3.3.1 Dachböden.....	72
3.3.2 Keller- und Souterrainräume.....	72
3.3.3 Vorsatzschalen.....	73
<b>4 Vorbeugende Maßnahmen gegen Schimmelbefall.....</b>	<b>74</b>
4.1 Vorbeugende bauliche Maßnahmen.....	75
4.1.1 Vermeidung von Schimmelbefall durch Baufeuchte.....	75
4.1.2 Vermeidung von feuchten Baumaterialien.....	77
4.1.3 Vermeidung von Feuchte und Schimmel bei Umbaumaßnahmen.....	77
4.1.4 Wärmedämmung und Abdichtung.....	78
4.1.5 Überprüfung von Gebäuden im Alltagsbetrieb.....	79
4.2 Richtiges Lüften.....	80
4.3 Möglichkeiten der Lüftung.....	84
4.3.1 Freie Lüftung.....	84
4.3.2 Einfache mechanische Lüftungseinrichtungen.....	86
4.3.3 Raumluftechnische Anlagen mit Zu- und Abluftführung.....	87
4.3.4 Erdwärmetauscher.....	92
4.3.5 Wartung technischer Lüftungseinrichtungen .....	92
4.4 Richtiges Heizen.....	93
<b>5 Schimmelbefall erkennen, erfassen und bewerten.....</b>	<b>96</b>
5.1 Ortsbegehung und Schadenserfassung.....	98
5.1.1 Ortsbegehung.....	99



5.1.2 Weiterführende Untersuchungen.....	102
5.1.3 Qualitätssicherung.....	116
5.2 Bewertung der Ergebnisse.....	117
5.2.1 Bewertung von Umfang und Ausdehnung des Schimmelbefalls.....	119
5.2.2 Bewertung von Materialproben.....	121
5.2.3 Bewertung von Luftproben.....	125
5.3 Gutachten.....	131
<b>6 Maßnahmen im Schadensfall.....</b>	<b>132</b>
6.1 Nutzungsklassen.....	133
6.2 Sanierung eines kleinen Schimmelbefalls.....	136
6.2.1 Maßnahmen durch den Raumnutzer.....	136
6.2.2 Maßnahmen durch Fachfirmen.....	138
6.3 Sanierung eines großen Schimmelbefalls.....	138
6.3.1 Arbeitnehmerschutz.....	141
6.3.2 Sofortmaßnahmen.....	145
6.3.3 Erfassung des Schadensausmaßes.....	145
6.3.4 Beseitigung der Schadensursachen.....	146
6.3.5 Entfernung befallener Materialien.....	149
6.3.6 Trocknungsmaßnahmen.....	151
6.3.7 Reinigung nach Rückbau.....	154
6.3.8 Kontrolle des Sanierungs- und Reinigungserfolgs.....	156
6.4 Sanierung von Räumen der Nutzungsklasse III.....	157
6.5 Sanierung von Hohlräumen der Nutzungsklasse IV.....	158
6.6 Biozideinsatz.....	159
6.6.1 Wirksamkeit von Bioziden bei Schimmelbefall.....	159
6.6.2 Einsatz von Bioziden bei Schimmelbefall.....	160
6.7 Bauliche Rekonstruktion nach dem Rückbau.....	162
6.8 Maßnahmen nach Abschluss aller Arbeiten.....	163

<b>7 Zivilrechtliche Anmerkungen zu Schimmel</b> .....	<b>164</b>
7.1 Vorbemerkung – Grundsätzliches zum Schimmelleitfaden.....	165
7.2 Schimmel im Mietobjekt.....	165
7.3 Schimmel im Wohnungseigentumsobjekt.....	169
<b>Anhang</b> .....	<b>172</b>
<b>1 Beispiele aktueller nomenklatorischer Änderungen für innenraumrelevante Schimmelpilze</b> .....	<b>173</b>
<b>2 Molekularbiologische Techniken zur Identifizierung von Schimmelpilzen</b> .....	<b>173</b>
<b>3 Übersicht über die Ermittlung der Schadensursachen bei Schimmelbelfall</b> .....	<b>175</b>
<b>4 Fachliteratur, Normen, technische Merkblätter und Richtlinien zu Feuchte und Schimmel</b> .....	<b>176</b>
A Fachliteratur (Auszug).....	176
B Gesetzestexte und Normen.....	180
C Technische Merkblätter und Richtlinien.....	182
<b>5 Mineralagar nach Gauze für die Anzucht von Aktinomyzeten</b> .....	<b>185</b>
<b>6 Beurteilung von Feuchte- und Schimmelschäden in Fußböden</b> .....	<b>186</b>
A Vorbemerkung.....	186
B Einleitung in das Bewertungsschema.....	188
B.1 Bewertungsstufe 1.....	188
B.2 Bewertungsstufe 2.....	191
B.3 Beurteilung anhand der Kriterien.....	198
C Probenahme für mikrobiologische Proben.....	199
C.1 Grundsätzliches.....	199
C.2 Strategie bei der Untersuchung mikrobieller Schäden.....	200
C.3 Schadensursachen.....	200
C.4 Feuchtemessung.....	201
C.5 Anzahl der Proben.....	202
C.6 Durchführung der Probenahme.....	203
D Mikrobiologische Analyse.....	204

D.1 Bestimmung kultivierbarer Schimmelpilze und Bakterien.....	205
D.2 Mikroskopische Untersuchung von Materialproben.....	206
D.3 Beurteilung der Ergebnisse.....	210
D.4 Ausblick.....	212
<b>7 Orientierungskonzentrationen kultivierbarer Schimmelpilze.....</b>	<b>214</b>
<b>8 Orientierungskonzentrationen für die Gesamtsporenzahl.....</b>	<b>216</b>
<b>9 Glossar.....</b>	<b>217</b>

# Einleitung



In Österreich wurde erstmals 2006 das Positionspapier zu Schimmelpilzen in Innenräumen veröffentlicht. Dieses Positionspapier, das mehrmals aktualisiert wurde, bezog sich in seinen Aussagen in Ermangelung eines österreichischen Leitfadens im Wesentlichen auf den durch das deutsche Umweltbundesamt (UBA) 2002 veröffentlichten „Leitfaden für die Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen“ bzw. den 2005 veröffentlichten „Leitfaden zur Ursachensuche und Sanierung bei Schimmelpilzwachstum in Innenräumen“ (UBA-Schimmelpilzleitfäden).

Diese deutschen UBA-Schimmelpilzleitfäden sind jedoch „in die Jahre gekommen“, was eine vollständige Überarbeitung erforderlich machte. Die überarbeitete deutsche Version wurde Ende 2017 veröffentlicht. Zudem bestand die Notwendigkeit für einen an die spezifisch österreichischen Verhältnisse angepassten Leitfaden. Gesetzliche Anforderungen an den Neubau und bei der Sanierung bestehender Gebäude haben sich unter dem Energieeinsparaspekt in den letzten Jahren deutlich geändert und verschärft. Die Gebäudehülle wurde durch die Anforderungen der geltenden bautechnischen Vorschriften immer dichter; mithin wuchs die Gefahr von Feuchteanreicherung und damit für Schimmelwachstum durch unsachgemäßes oder unzureichendes Lüften. Eine Aktualisierung der Aussagen und Empfehlungen im Hinblick auf den Gebäudebestand und auch zu den Vor- und Nachteilen lüftungstechnischer Einrichtungen im Zusammenhang mit dem Entstehen von Schimmelbefall insbesondere in energieoptimierten Gebäuden wurde notwendig. Die Methoden zur Erfassung und Bewertung bei Schimmelbefall wurden den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen angepasst.

Bei der Erstellung des Leitfadens wurden die Erkenntnisse der Mitglieder des Arbeitskreises Innenraumluft am Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT) sowie der deutschen Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) und weiterer Experten unter Zugrundelegung der vorhandenen wissenschaftlichen Literatur berücksichtigt. Der Inhalt des Leitfadens basiert auf dem zum Zeitpunkt seiner Veröffentlichung in der Autorengruppe verfügbaren Wissensstand. Er berücksichtigt den derzeitigen Stand der Technik von Verfahren und Vorgangsweisen. Die Leitfadenempfehlungen stellen kein gesetzliches Regelwerk dar und ersetzen ein solches auch nicht. Nicht zuletzt war es auch unser Anliegen, den Leitfaden für den Interessierten verständlich und lesbar zu gestalten.

In den letzten Jahren wurde deutlich, dass bei Feuchteschäden nicht nur Schimmelpilze, sondern oft auch Bakterien, u.a. Aktinomyzeten, auftreten. Im neuen Leitfaden wird der Begriff „Schimmel“ daher generell für einen mikrobiellen Befall bei Feuchteschäden, der durch Schimmelpilze und Bakterien verursacht wird, verwendet. Die Schimmelpilze gelten dabei weiterhin als Leitorganismen oder Indikatoren für Schimmelbefall, da sie mit wenigen Ausnahmen bei Schimmelbefall immer vorhanden sind.

Nicht jedes am und im Gebäude eingesetzte Material ist durch Schimmel befallen, nur weil Schimmelpilzsporen oder Bakterien darauf nachgewiesen wurden. Auch hierzu wird im neuen Leitfaden eine Präzisierung vorgenommen und zwischen Verunreinigung (Kontamination) und Befall deutlicher unterschieden. Es werden Hintergrundwerte für Schimmelpilze und Bakterien in unterschiedlichen Materialien angegeben.

Bei den alten UBA-Schimmelpilzleitfäden wurde oft beanstandet, dass die darin angeführten Empfehlungen undifferenziert auf alle Innenräume angewendet wurden. Zumindest wurde es in der Praxis oft so interpretiert, dass in Wohnräumen die gleichen Anforderungen wie in Nebenräumen außerhalb des Wohnbereichs oder sogar in Garagen gelten. Daher werden künftig Nutzungsklassen mit unterschiedlichen Anforderungen bei der Bewertung und vor allem auch bei der Sanierung von Schimmelbefall eingeführt. Die einzelnen Nutzungsklassen und ihre Anforderungen werden im Leitfaden ausführlich erläutert. Da die abgestuften Herangehensweisen sich vor allem auf der Sanierung von Schimmelbefall auswirken, erfolgt die Nutzungsklassenbeschreibung zu Beginn des Kapitels Sanierung (Kapitel 6.1). Die einzelnen Sanierungsempfehlungen gelten generell für die Nutzungsklassen I und II.

Der Leitfaden bezieht sich vor allem auf Büroräume, Schulen, Kindergärten, Veranstaltungsräume und andere öffentliche Räume sowie auf alle Wohnräume und sonstigen Räume innerhalb der Nutzungsebene mit dauerhafter oder eingeschränkter Nutzung (Nutzungsklasse II). In Krankenhäusern und ähnlichen medizinischen Einrichtungen (Nutzungsklasse I) gelten besondere (zusätzliche) hygienische Anforderungen, die nicht in diesem Leitfaden, sondern in einem Positionspapier des Arbeitskreises Innenraumluft am BMNT behandelt werden. Der Leitfaden gilt nicht für Großküchen, Gastronomie, Lebensmittelbetriebe und produktionstechnisch mit Mikroorganismen belastete Arbeitsplätze. Schimmelbefall in raumlufttechnischen Anlagen wird ebenfalls nicht behandelt.

Die Nutzungsklassen III und IV beschreiben Räume außerhalb der Nutzungsebene (siehe Kapitel 6.1). Es wird im Text deutlich gemacht, wo reduzierte Sanierungsmaßnahmen bei den Nutzungsklassen (III oder IV) angewendet werden können.

Immer wieder unterschiedlich interpretiert wurde in der Vergangenheit auch die Empfehlung, wann befallene Bauteile entfernt werden müssen oder wann es ausreicht, diese so abzuschotten, dass keine Schimmelpilzsporen und weitere mikrobielle Bestandteile in die Raumluft gelangen. Im aktuellen Leitfaden wird darauf differenziert und nutzungsklassenbezogen eingegangen.

Biozidanwendungen (häufig fälschlicherweise als Desinfektionsmaßnahmen bezeichnet) sind bei Schimmelsanierungen in den meisten Fällen nicht sinnvoll und werden in der Praxis viel zu häufig angewendet. Daher gibt es im Leitfaden klare Empfehlungen,

in welchen Einzelfällen die Anwendung von Bioziden sinnvoll ist und wann sie nicht erfolgen sollte. Schließlich werden Richtlinienempfehlungen, Anforderungen an den Arbeitnehmerschutz bei der Sanierung und einige weitere formale Aspekte behandelt.

Der neue, an die Situation in Österreich angepasste Leitfaden erhebt den Anspruch, den Rahmen für einheitliche Vorgehensweisen zu setzen. Der Leitfaden soll nicht jeden möglichen Einzelfall beschreiben und dafür detaillierte Empfehlungen geben – das kann ein übergeordneter „Leitfaden“ nicht leisten. In Absprache mit verschiedenen österreichischen und deutschen Verbänden, die im Bereich Schimmelerkennung und -bewertung tätig sind, wurde im Vorfeld gemeinsam festgelegt, dass Detailausführungen etwa zu technischen Trocknungsmaßnahmen oder zur Feuchtebeurteilung in Materialien in eigenen Merkblättern oder Handlungsanleitungen erarbeitet werden. Die dort angeführten Empfehlungen zu bestimmten speziellen Bereichen oder für einzelne Berufsgruppen sollen sich auf die Ausführungen im Leitfaden stützen. Lediglich das Thema „Technische Bauteiltrocknung“ wurde in einem eigenen Leitfaden des BMNT abgehandelt.

Der vorliegende Leitfaden richtet sich an Sachverständigenbüros, Handwerksunternehmen, mikrobiologische Labors und alle diejenigen, die Schimmel erkennen und bewerten sowie Sanierungskonzepte erarbeiten sollen. Sanierungsunternehmen finden wichtige Hinweise, werden für Detailausführungen aber auf die Empfehlungen aus anderen Quellen verwiesen. Der Leitfaden bietet auch Hilfestellung für örtliche Behörden, Gebäudeeigentümer, Wohnbaugesellschaften, Hausverwaltungen und Versicherungen, die Schimmelsanierungen begleiten oder überwachen. Schließlich werden selbstverständlich auch betroffene Gebäudenutzer wertvolle Hinweise finden.

Im Leitfaden werden gesundheitliche, bauphysikalische, messtechnische und allgemeine raumlufthygienische Fragestellungen berücksichtigt. In Abweichung von der deutschen Ausgabe werden in diesem Leitfaden bestimmte Aspekte des Mietrechtes bzw. Wohnungseigentums beispielhaft behandelt.

### **Der Leitfaden gliedert sich folgendermaßen:**

#### **Kapitel 1 – Grundsätzliches: Schimmelschaden und Schimmelpilze**

Hier werden die verwendeten Begriffe definiert und die Grundsätze zu Schimmelpilzen und deren Wachstumsbedingungen beschrieben. Auch auf das Wachstum von Bakterien und anderen Mikroorganismen bei Feuchteschäden im Innenraum wird eingegangen.

#### **Kapitel 2 – Wirkungen von Schimmel auf die Gesundheit des Menschen**

Dieses Kapitel beschreibt mögliche gesundheitliche Auswirkungen und Risiken bei Schimmelbefall in Innenräumen. Der Leitfaden beschäftigt sich nicht mit der

allgemeinen Feststellung von gesundheitsbeeinträchtigenden Konzentrationen bspw. an Arbeitsplätzen oder in der freien Natur.

### **Kapitel 3 – Ursachen für Schimmelwachstum in Gebäuden**

Das Kapitel beschreibt die für Schimmelwachstum maßgeblichen Parameter, insbesondere Feuchte und Temperatur. Dabei wird das Zusammenwirken von Luftfeuchte, Temperatur, baulichen Gegebenheiten und Lüftung ausführlich erläutert.

### **Kapitel 4 – Vorbeugende Maßnahmen gegen Schimmelbefall**

Neben baulichen Einflussgrößen, die beschrieben werden, kann der Raumnutzer selbst viel zur Schimmelvermeidung beitragen. Darauf wird in diesem Kapitel eingegangen. Insbesondere werden Lüftungs- und Heizempfehlungen gegeben, sowie die Vor- und Nachteile von Technischen Lüftungseinrichtungen beschrieben.

### **Kapitel 5 – Schimmelbefall erkennen, erfassen und bewerten**

Das Kapitel beschreibt wichtige Punkte, die bei der Ortsbegehung und beim Nachweis von Schimmelpilzen in der Luft und in Materialien zu beachten sind. Für Details hinsichtlich der Nachweisverfahren wird auf Normen und Richtlinien verwiesen.

### **Kapitel 6 – Maßnahmen im Schadensfall**

Das Kapitel beschreibt, was zu tun ist, wenn Schimmelbefall vorliegt. Dabei wird unterschieden zwischen Maßnahmen, welche die Raumnutzer selber ergreifen können und Maßnahmen, die Fachfirmen vorbehalten bleiben. Die verschiedenen Nutzungsklassen in Gebäuden werden beschrieben und es wird ein Nutzungsklassenbezug für Sanierungsempfehlungen und -maßnahmen hergestellt. Weiters wird beschrieben, welche Vorsichtsmaßnahmen aus Sicht des Arbeitnehmerschutzes zu beachten sind und es wird auf einzelne Sanierungsverfahren kurz eingegangen. Das Kapitel enthält weiters Verweise auf Empfehlungen von Verbänden, die weitere Detailinformationen zu den Vorgehensweisen bei der Sanierung enthalten.

### **Kapitel 7 – Rechtliche Anmerkungen zu Schimmel in Miet- und Wohnungseigentumsobjekten**

Das Kapitel beschäftigt sich beispielhaft mit Aspekten des Mietrechtes bzw. Wohnungseigentums und ähnlichen Thematiken.

Im Anhang wird auf spezielle Fragestellungen wie Schimmel in Fußbodenkonstruktionen eingegangen. Auf Wunsch vieler Experten wurden im Anhang auch Schlüssel-Publikationen, Fachliteratur und Richtlinien angeführt, die den Lesern eine weitere Vertiefung in spezifischere Themen ermöglichen. Den Abschluss des Leitfadens bildet ein Glossar, in dem die wichtigsten Fachbegriffe kurz erläutert werden.



Als Basis dieses Leitfadens diente der deutsche „Schimmelleitfaden“, der von der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des deutschen Umweltbundesamtes (UBA) und weiteren Sachverständigen erstellt wurde.

Die Texte wurden uns zur Aktualisierung und Anpassung an österreichische Verhältnisse überlassen. Die inhaltliche Verantwortung des vorliegenden Leitfadens liegt ausschließlich beim Arbeitskreis Innenraumluft des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus.

#### **Bearbeiter der deutschen Ausgabe in alphabetischer Reihenfolge**

- Prof. Dr. Heinz-Jörn Moriske (Umweltbundesamt Deutschland)
- Dr. Regine Szewzyk (Umweltbundesamt Deutschland)
- Dipl. Ing. Peter Tappler (Arbeitskreis Innenraumluft am BMNT Österreich)
- Dr. Kerttu Valtanen (Umweltbundesamt Deutschland)

Die vollständige Liste der Teilnehmer und Mitwirkenden der dem Leitfaden zugrunde liegenden Version befindet sich in der deutschen Ausgabe des Schimmelleitfadens.

Der Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus bedankt sich bei den Mitgliedern der Innenraumlufthygiene-Kommission des deutschen Umweltbundesamtes und den weiteren mitwirkenden Sachverständigen für die großzügige Überlassung der Texte und zahlreicher Abbildungen des deutschen Schimmelleitfadens und die Bereitschaft, diese in der vorliegenden Form auch für die österreichische Ausgabe verwenden zu dürfen.

Der deutsche „Schimmelleitfaden“ ist erhältlich unter:  
<https://www.umweltbundesamt.de/schimmelleitfaden>



1

# Schimmel, Schimmelbefall und Schimmelpilze



Der Begriff Schimmel stammt aus dem Mittelhochdeutschen und ist seit dem 9. Jahrhundert (damals noch unter dem Begriff „Schimel“) belegt. Historisch gesehen gab es, lange bevor man Schimmelpilze identifizierte, den Begriff „Schimmel“ für sichtbare Flecken auf Materialien, die bei Feuchtigkeit entstanden sind und sich, damals unerklärlich, fast von alleine weiterentwickelten. Siehe „Conservandae Sanitatis Praecepta“, anno 1545 von Johannes Curio (dem Arznei Doctor):

„Durch ihre faulenden Bestandteile erstickend ist sie (Anm.: die Luft) ähnlich der, die in manche Häuser eingeschlossen ist, in denen sich wegen Fäulnis und mangelnder Belüftung Schmutz und Schimmel im höchsten Maße anhäufen.“

Als man entdeckte, dass dieser Schimmel durch Pilze mit mikroskopisch kleinen Strukturen verursacht wird, bezeichnete man diese, den Schimmel verursachenden Pilze als „Schimmel“-Pilze, bzw. Schimmelpilze (siehe Kapitel 1.2). Schimmel braucht zum Wachstum viel Feuchte (siehe Kapitel 1.2.3). Im Laufe der Zeit wurde erkannt, dass es außerdem „Pilze“ gab, die etwas anders aussahen, um eine Größenordnung kleiner waren, diese bezeichnete man als Strahlenpilze, bzw. Aktino-Myceten oder Aktinomyzeten (aus dem Griechischen Aktis = Strahl, Mykes = Pilze). Später erkannte man, dass Aktinomyzeten keine Pilze, sondern Bakterien sind. Daher werden diese Organismen heute als Aktinobakterien bezeichnet (siehe Kapitel 1.4).

Das Wachstum von Mikroorganismen an Inventar, Wänden und anderen Bauteilen wird üblicherweise Schimmel (englisch: mould) genannt. Schimmelbefall wird hervorgerufen durch Schimmelpilze und Bakterien. Zum Nachweis von Schimmelbefall sind Schimmelpilze die Leitorganismen.

Schimmelpilze und Bakterien können bei ausreichender Feuchte in den meisten organischen Materialien bzw. auf Materialien mit organischen Verschmutzungen wachsen. Schimmelpilze werden mit dem bloßen Auge als Schimmelflecken aber erst dann erkannt, wenn sich Sporenträger mit Sporen in einer gewissen Dichte an einer einsehbaren Oberfläche entwickelt haben. Sowohl Schimmelpilze als auch einige Aktinobakterien können u.a. durch die Bildung von Sporen zu einer Raumluftbelastung beitragen. Daher wird der Fokus im Leitfaden auf diese beiden Mikroorganismengruppen gerichtet.

Neben Schimmelpilzen (siehe Kapitel 1.2) und Bakterien (siehe Kapitel 1.4) kommen bei Schimmelbefall auch einzellige Pilze (Hefen, siehe Kapitel 1.3) und Protozoen (insbesondere Amöben) vor. Hinsichtlich der bei Schimmelbefall auftretenden Protozoen gibt es keine Hinweise, dass durch diese gesundheitliche Probleme bei den Raumnutzern hervorgerufen werden können. Protozoen werden daher weder bei den Messungen noch

bei der Bewertung von Schimmelbefall einbezogen. Außerdem treten, vor allem bei älterem Schimmelbefall, im Schadensbereich häufig zusätzlich Milben auf.

Milben gehören zu einer Unterklasse der Spinnentiere. Die bekanntesten Milben sind die beiden häufig auftretenden Hausstaubmilben *Dermatophagoides pteronyssinus* und *Dermatophagoides farinae*. Sie ernähren sich von Hautschuppen und Schimmelpilzen. Milbenkot kann allergische Reaktionen auslösen und damit zu den bei Feuchte- und Schimmelschäden beobachteten gesundheitlichen Problemen der Raumnutzer beitragen. Milben stellen unabhängig vom Schimmelbefall ein Problem in Innenräumen dar. Sie sind daher auch unabhängig von diesen Leitfadeneempfehlungen zu betrachten und zu bewerten. Alle genannten Organismen sind mikroskopisch klein (siehe Tabelle 1).

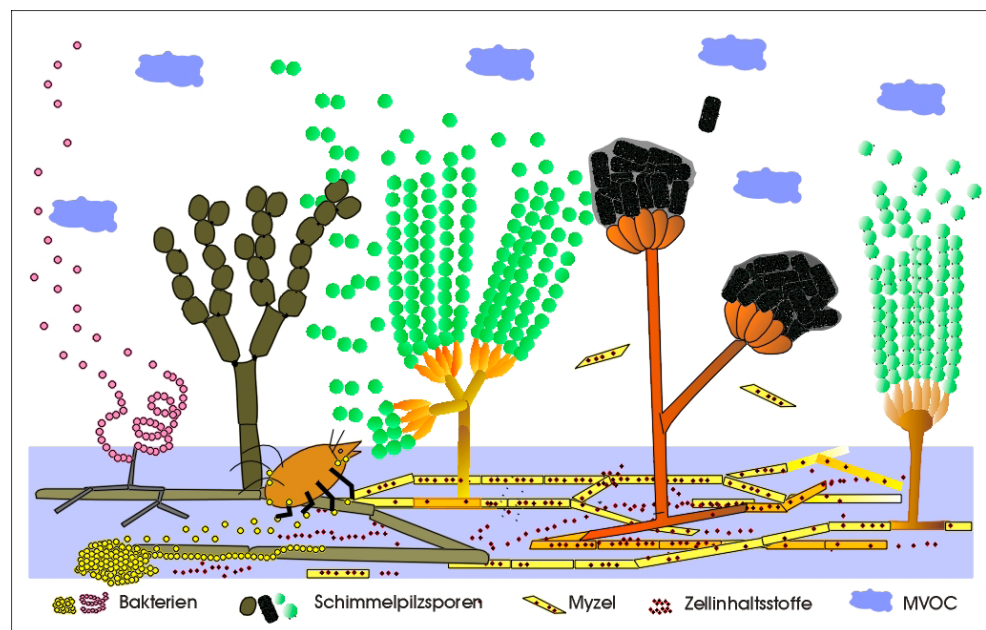


Abbildung 1: Bei Schimmelbefall findet sich eine vielfältige Lebensgemeinschaft auf dem bzw. im Material. Es können diverse Mikroorganismen (Schimmelpilze, [Aktino-]Bakterien) sowie Protozoen und Milben auftreten. (Quelle: Ch. Trautmann, Umweltmykologie)

Objekt	Größenordnung in $\mu\text{m}$
Haar [ $\emptyset$ ]	100
Hausstaubmilbe	100–500
Amöben	100–300
Schimmelpilzsporen	2–30
Schimmelpilzhyphen [ $\emptyset$ ]	4–10
Aktinobakterienhyphen [ $\emptyset$ ]	1

Tabelle 1: Größe verschiedener (Mikro-)Organismen im Vergleich zum menschlichen Haar

## 1.1 Schimmelbefall – Kontamination

Ein Schimmelbefall liegt dann vor, wenn sich Mikroorganismen auf oder in einem Material vermehren oder vermehrt haben. Wichtigste Voraussetzung für die Vermehrung ist eine ausreichend hohe Feuchte. Weiters spielen Temperatur und Nährstoffe eine Rolle (siehe Kapitel 1.2.3).

Von Schimmelbefall abzugrenzen sind Verunreinigungen (Kontaminationen) mit Sporen oder anderen mikrobiellen Partikeln, die von außen in den Innenraum gelangen, von einem Schimmelbefall abgegeben werden oder von anderen Quellen im Innenraum (Blumenerde, Lebensmittel, Baustaub) stammen und sich durch Sedimentation auf Oberflächen ansammeln.

### Unterscheidung Schimmelbefall – Kontamination

Mit **Schimmel befallene Materialien** sind Baumaterialien oder Inventar, die mit Schimmelpilzen, Bakterien oder anderen Mikroorganismen besiedelt sind – unabhängig davon, ob die Organismen vital sind bzw. aktiv darin wachsen oder gewachsen und bereits abgestorben sind. Man spricht auch von **Schimmelschäden**.

**Kontamination** ist eine über die allgemeine Hintergrundbelastung hinausgehende Verunreinigung von Oberflächen oder Materialien durch Mikroorganismen oder biogene Partikel und Stoffe, die durch direkten Kontakt mit befallenen Materialien oder über den Luftweg erfolgt.

Mit Hilfe von mikroskopischen Analysen lässt sich Schimmelbefall von einer Verunreinigung (Kontamination) unterscheiden (siehe Kapitel 5.1.2.1).

Grundsätzlich können alle Materialien, die organische Substanz (Nährstoffe) und von Mikroorganismen verwertbare Feuchte enthalten, besiedelt werden (befallen sein). Durch das Wachstum von Mikroorganismen am oder im Material ergibt sich im Gegensatz zu einer Kontamination eine festere Verankerung der Mikroorganismen im Material. Von diesen Mikroorganismen werden durch Stoffwechselaktivität Metaboliten sowie Sporen aktiv in die Raumluft abgegeben. Außerdem kann es zu einer Verbreitung von Zellen (Myzelstücken) und Zellbestandteilen kommen.

Nicht wachsen können die Mikroorganismen in Materialien mit hoher Dichte wie Glas, Metall und Keramik. Nur wenn sich auf solchen glatten Materialien Nährstoffe und Feuchte ansammeln, ist darauf ein oberflächliches Wachstum von Schimmelpilzen und Bakterien möglich. Sichtbarer Befall auf solchen Materialien ist immer auf eine anhaftende Staub-

oder Schmutzschicht zurückzuführen, da diese Schicht sowohl Feuchte speichern kann als auch Nährstoffe enthält.

Tapeten, Gipskartonwände und Gegenstände aus Papier oder Leder werden bei erhöhter Feuchte relativ schnell von Schimmel besiedelt. Bei länger andauernder Feuchteeinwirkung kann es zu Bauteildurchfeuchtung und einer mikrobiellen Besiedlung von Holzwerkstoffen, Putzen und Dämmstoffen (Mineralwolle, Polystyrol) kommen. Schwer besiedelbar sind nährstoffarme, stark alkalische Materialien, wie Zementestrich oder Beton sowie sehr kompakte Materialien wie Vollholz. Allerdings können „Spezialisten“ unter den Pilzen Holz besiedeln. Diese sogenannten „Holz zerstörenden Pilze“ gehören mit wenigen Ausnahmen nicht zu den Schimmelpilzen.

Schimmelbefall entsteht bei erhöhter Feuchte nicht nur an Stellen, die sofort ins Auge fallen, sondern insbesondere verdeckt an schlecht belüfteten Stellen wie hinter Fußleisten, Schränken, Tapeten oder Verkleidungen (siehe Abbildungen 2 bis 4).

Abbildung 2: Verdeckter Schimmelschaden, unterhalb Küchenzeile (Quelle: P. Tappler, IBO Innenraumanalytik OG)



Abbildung 3: Verdeckter Schimmelschaden, Innenbereich Leichtbauwand (Quelle: P. Tappler, IBO Innenraumanalytik OG)





Abbildung 4: Verdeckter Schimmelschaden, Befall unter Tapete (Quelle: P. Tappler, IBO Innenraumanalytik OG)

Sind Materialien durchfeuchtet, aber oberflächlich trocken, können sie dennoch befallen sein. Der Befall bildet sich unterhalb der sichtbaren Oberfläche in den Materialporen wie in Dämmstoffen oder im Wandputz bzw. an der Grenzschicht zwischen verschiedenen Materialien. Diese Schäden können viel mikrobielle Biomasse enthalten; der Befall ist nur im Labor mikroskopisch oder mittels Kultivierung nachweisbar. Dies trifft insbesondere auf mikrobiell befallene Trittschalldämmung aus Polystyrol zu. Sehr häufig sieht die Trittschalldämmung zunächst unauffällig aus und erst bei mikrobiologischen Untersuchungen zeigt sich ein massives Wachstum von Schimmelpilzen und Bakterien. Auch der Befall eines Wandputzes auf einer durchfeuchteten Wand ist mitunter visuell nicht erkennbar, kann aber muffigen Geruch verursachen.

Schimmelbefall kann zum einen zu Flecken, Geruchsbelästigungen und Materialschäden führen, zum anderen kann er durch die Abgabe von Sporen, mikrobiellen Stoffen und Zellfragmenten auch zu gesundheitlichen Problemen bei den Raumnutzern führen (siehe Kapitel 2).

#### **Schimmelbefall ist nicht immer sichtbar**

Mikrobielle Schäden können nur zum Teil mit bloßem Auge als Schimmelflecken wahrgenommen werden; Schimmelbefall tritt häufig an verdeckten Stellen oder unter der Materialoberfläche auf und ist dort visuell nicht erkennbar.

Sichtbarer und nicht sichtbarer Schimmelbefall kann, muss aber nicht gemeinsam auftreten.

Sichtbare Flecken führen meist zu größerer Besorgnis, selbst wenn es sich nur um kleine Flächen handelt. Verdeckter Befall enthält jedoch häufig sehr viel mehr mikrobielle Biomasse und ist daher bei der weiteren Schadensbeurteilung unbedingt einzubeziehen.

Es hängt von den vorliegenden Schimmelpilz- und Bakterienarten, aber auch vom bewachsenen Material ab, ob und welche Gerüche auftreten. Aus der Praxis wird berichtet, dass Bakterien der Gattung *Bacillus* oder manche Aktinobakterien besonders intensiv riechen. Der muffige Geruch in feuchten Altbau-Kellern wird oft von Bakterien der Gattung *Streptomyces* und anderen Aktinobakterien verursacht, die bei länger bestehendem Schimmelbefall so gut wie immer in großen Mengen nachzuweisen sind. Besonders stark muffig riechen feuchte, mikrobiell besiedelte Spanplatten, während entsprechend befallene Dämmmaterialien wie Polystyrol oder Mineralwolle meist nicht oder nur schwach riechen.

Zusätzlich zu den mikrobiellen Emissionen können chemische Emissionen aus feuchten Materialien zu Geruchsbelästigungen führen.

## 1.2 Schimmelpilze

„Schimmelpilze“ ist ein Sammelbegriff für Pilze, die typische Pilzfäden (Hyphen) und Sporen ausbilden. Sie können mit bloßem Auge als ein Schimmelbelag wahrgenommen werden (siehe Abbildungen 2 bis 4). Es handelt sich dabei nicht um eine einheitliche systematische Gruppe von Pilzen, vielmehr sind unter dem Begriff „Schimmelpilze“ sogenannte Fadenpilze aus unterschiedlichen taxonomischen Gruppen (Ascomyceten, Basidiomyceten, Zygomyceten) und ihre anamorphen Stadien (früher Deuteromyceten oder Fungi imperfecti genannt) zusammengefasst.

Abbildung 5: Verschiedene Schimmelpilzarten, die in einer Petrischale auf Nährmedium wachsen und Sporen bilden. (Quelle: M. Kirchmair, Fa. Mykon)





Die einzelnen Schimmelpilzarten werden mit einem systematischen Doppelnamen bezeichnet. Dabei bezeichnet der erste Teil des Namens die übergeordnete Pilzgattung (z.B. *Aspergillus*, *Penicillium*), der zweite Teil des Namens die einzelne Pilzart (synonym Pilzspezies; z.B. *Aspergillus fumigatus*, *Penicillium chrysogenum*).

Viele Schimmelpilzarten haben aufgrund neuer taxonomischer Erkenntnisse neue Namen erhalten. Aufgrund molekularbiologischer Untersuchungen wurde erkannt, dass einige Schimmelpilze in zwei Formen vorliegen (sexuelle und asexuelle Form). Beide Formen werden von demselben Schimmelpilz gebildet und wurden bisher jeweils als eigene Arten beschrieben. Seit dem Jahr 2013 ist die duale Nomenklatur für die sexuelle (teleomorphe) und asexuelle (anamorphe) Form der Pilze abgeschafft (one fungus – one name). Dadurch wurden auch einige Gattungs- und Artnamen von Schimmelpilzen geändert (Beispiele siehe Tabelle A.1.1 in Anhang 1, wichtige Aspekte zur molekularbiologischen Identifizierung von Schimmelpilzen sind in Anhang 2 zusammengefasst).

### **1.2.1 Eigenschaften von Schimmelpilzen**

Schimmelpilze bilden in der Wachstumsphase Zellfäden (Hyphen, siehe Abbildung 1), deren Gesamtheit als Myzel bezeichnet wird. Diese Myzelien sind in dieser Phase mit dem bloßen Auge kaum sichtbar. Zur Vermehrung und Verbreitung bilden Schimmelpilze asexuelle Verbreitungsstrukturen (Sporangiosporen und Konidien, siehe Abbildungen 1, 6 und 7) und, viel seltener, sexuelle Verbreitungsstrukturen (Zygosporien, Ascosporen). Alle Verbreitungsstrukturen werden im Folgenden unter dem Begriff „Sporen“ zusammengefasst. Da die asexuellen Sporen meist in großer Zahl produziert werden, kann der Schimmelpilzbefall während und nach der Sporenbildung mit bloßem Auge (z.B. als Schimmelflecken) wahrgenommen werden.

Schimmelpilzsporen liegen mit wenigen Ausnahmen im Größenbereich von 2 µm bis 30 µm (maximaler Bereich 1 µm bis 100 µm). Die meisten Sporen haben Durchmesser unter 10 µm. Sie sind damit einatembare und können in der Luft über weite Strecken schweben und mit dem Wind transportiert werden.

Schimmelpilze kommen in der Natur häufig vor. Sie sind an der Zersetzung von organischem Material beteiligt und spielen damit eine wichtige Rolle im Kohlenstoffkreislauf der Natur. Schimmelpilzsporen sind daher ein normaler Bestandteil der Außenluft und auch in der Innenraumluft immer vorhanden. Dabei treten in der Regel viele unterschiedliche Gattungen und Arten gemeinsam auf.

Die Konzentration an Schimmelpilzen in der Außenluft ist je nach Ort, Klima, Tages- und Jahreszeit großen Schwankungen unterworfen (siehe Tabelle 2). Diese Schwankungen werden einerseits durch natürliche Einflüsse hervorgerufen, beispielsweise durch Änderung von Temperatur und Feuchtigkeit im Jahresverlauf sowie durch Abhängigkeit

von der geographischen Lage, Ansammlung von verrottendem Material oder Aufwirbelung von Erde. Andererseits können auch durch menschliche Aktivitäten Schimmelpilze freigesetzt werden, wie z.B. in Kompostierungsanlagen, Wertstoffsartierungsanlagen, Tierhaltungsanlagen oder in der Lebensmittelverarbeitung.



Abbildung 6 (li.): *Aspergillus ochraceus*, Stereoaufnahme (Quelle: D. Haas, Institut für Hygiene der medizinischen Universität Graz)

Abbildung 7 (re.): *Stachybotrys* sp. unter dem Mikroskop (Quelle: M. Kirchmair, Fa. Mykon)

Weitere Angaben zu den in Mitteleuropa auftretenden Konzentrationen von Pilzen der häufigsten Gattungen findet man im Anhang 7 und 8.

Außen	Mittel		Median		Bereich	
	MEA	DG18	MEA	DG18	MEA	DG18
n = 185						
Frühling	$6,9 \times 10^2$	$4,1 \times 10^2$	$4,6 \times 10^2$	$3,6 \times 10^2$	100–3.760	0–1.250
Sommer	$1,1 \times 10^3$	$9,1 \times 10^2$	$1,1 \times 10^3$	$9,4 \times 10^2$	320–2.640	130–3.040
Herbst	$8,8 \times 10^2$	$8,5 \times 10^2$	$7,3 \times 10^2$	$7,1 \times 10^2$	0–2.790	160–2.590
Winter	$3,5 \times 10^2$	$1,9 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	40–1.260	20–890

Innen	Mittel		Median		Bereich	
	MEA	DG18	MEA	DG18	MEA	DG18
n = 185						
Frühling	$7,1 \times 10^2$	$6,5 \times 10^2$	$2,0 \times 10^2$	$1,8 \times 10^2$	30–8.000	0–8.000
Sommer	$7,6 \times 10^2$	$8,0 \times 10^2$	$2,6 \times 10^2$	$3,2 \times 10^2$	50–7.440	0–8.060
Herbst	$5,2 \times 10^2$	$6,4 \times 10^2$	$3,5 \times 10^2$	$4,2 \times 10^2$	10–3.300	0–2.100
Winter	$6,9 \times 10^2$	$7,9 \times 10^2$	$1,3 \times 10^2$	$1,8 \times 10^2$	20–5.220	10–5.160

Tabelle 2: Konzentrationen luftgetragener Pilzsporen (KBE/m<sup>3</sup>) – Werte für Innenraum- und Außenluft (nach Haas et al. 2014)

## 1.2.2 Schimmelpilze in Innenräumen

Schimmelpilze sind ein natürlicher Teil unserer belebten Umwelt und deren Sporen sind daher auch in allen Innenräumen vorhanden.

Schimmelpilze gelangen über verschiedene Wege in den Innenraum. Der Großteil an Sporen gelangt bei Lüftungsvorgängen aus der Außenluft in den Innenraum, weiters können Schimmelbestandteile mit Staub und Schmutz an Kleidung und Schuhen in Gebäude verschleppt werden. Beispielsweise sind Pilze der Gattungen *Cladosporium* oder *Penicillium* häufig im Hausstaub zu finden und meist auch in der Innenraumluft.

Bei Schimmelwachstum auf Materialien infolge erhöhter Feuchte werden mitunter hohe Konzentrationen an Sporen in die Raumluft abgegeben. Das Wachstum von Schimmelpilzen in Innenräumen stellt ein hygienisches Problem dar, zumal bei Schimmelbefall in Gebäuden meist andere Schimmelpilzarten dominieren als in der natürlichen Umgebung.

### **Schimmelpilze sind ein natürlicher Teil unserer belebten Umwelt und daher auch in Innenräumen vorhanden.**

Zu vermeiden ist jedoch eine erhöhte Konzentration von Schimmelpilzen durch Schimmelwachstum im Innenraum. Die Konzentration an Schimmelpilzen in der Außenluft ist starken Schwankungen unterworfen. Dies muss bei der Bewertung von Sporenkonzentrationen in der Innenraumluft berücksichtigt werden (siehe Kapitel 5.2).

Einige Schimmelpilzarten treten in der Außenluft und auch im Staub nur in sehr geringer Konzentration auf, sind allerdings bei Feuchteschäden regelmäßig nachweisbar, wie z.B. *Aspergillus versicolor* und Pilzarten der Gattung *Chaetomium*. Solche Arten werden daher auch als Feuchteindikatoren bezeichnet (siehe Tabelle 3). Werden Feuchteindikatoren in der Raumluft in auffallenden Konzentrationen oberhalb der Hintergrundkonzentrationen nachgewiesen, liegt oder lag mit großer Wahrscheinlichkeit erhöhte Feuchte von Materialien im betreffenden Raum vor.

*Aspergillus niger* wird häufig als typischer Schimmelpilz im Innenraum erwähnt. Allerdings ist dieser Pilz in feuchten Baumaterialien verhältnismäßig selten zu finden, tritt jedoch relativ oft im Hausstaub und in der Erde von Zimmerpflanzen auf.

Unter den Schimmelpilzen besteht in der Natur große Artenvielfalt und es werden immer wieder neue Arten entdeckt. Bei Schimmelbefall auf Baumaterialien ist die Vielfalt der häufig auftretenden Schimmelpilzarten jedoch überschaubar. So wurden z.B. auf/in mineralischen Baumaterialien (Zementestrich, Wandputz oder Beton) hauptsächlich

*Penicillium* spp., *Aspergillus versicolor*, *Cladosporium* spp., *Sarocladium* (*Acremonium*) spp. sowie Pilze aus der *Aspergillus restrictus*-Gruppe nachgewiesen.

---

*Sarocladium* (*Acremonium*) spp.

---

*Aspergillus penicillioides*, *Aspergillus restrictus*, *Aspergillus versicolor*

---

*Chaetomium* spp.

---

*Phialophora* spp.

---

*Penicillium chrysogenum*, *Penicillium brevicompactum*

---

*Scopulariopsis brevicaulis*, *Scopulariopsis fusca*

---

*Scopulariopsis brumptii*, *Scopulariopsis chartarum*

---

*Stachybotrys chartarum*

---

*Tritirachium* (*Engyodontium*) *album*

---

*Trichoderma* spp.

---

spp. ... species pluralis (mehrere Arten)

Tabelle 3: Beispiele von Schimmelpilzen mit hoher Indikation für Feuchteschäden (Feuchteindikatoren) nach LGA Baden-Württemberg (2005), verändert.



### 1.2.3 Faktoren, die das Wachstum von Schimmelpilzen beeinflussen

Schimmelpilze benötigen zum Wachstum Nährstoffe und Feuchte. Da in Gebäuden Nährstoffe in mehr oder weniger gut verfügbarer Form vorhanden sind, kommt der Feuchte eine ausschlaggebende Bedeutung zu. Die Temperatur und der pH-Wert spielen ebenfalls eine Rolle, wobei Schimmelpilze in einem vergleichsweise weiten Temperatur- und pH-Bereich wachsen können. Je nach Nährstoffverfügbarkeit, Temperatur- und pH-Wert wird das Schimmelpilzwachstum langsamer oder schneller ablaufen.

#### Feuchte

Neben biologischen und physikalischen Einflussfaktoren stellt der Eintrag von Feuchte (siehe Kapitel 3) eine entscheidende Ursache für das Wachstum von Schimmelpilzen und sonstigen Mikroorganismen dar.

Die wichtigste Ursache für das Wachstum von Schimmelpilzen in Gebäuden ist **erhöhte Feuchte**.

Der Feuchtegehalt an einer Materialoberfläche wird häufig durch die so genannte Wasseraktivität ( $a_w$ -Wert) beschrieben, wobei der  $a_w$ -Wert eines feuchten Materials (unter Gleichgewichtsbedingungen) in etwa dem Zahlenwert der an der äußeren und inneren Materialoberfläche vorliegenden relativen prozentualen Luftfeuchte geteilt durch 100 entspricht. Exakt formuliert gibt die Wasseraktivität ( $a_w$ ) das Maß an verfügbarem Wasser an. Der  $a_w$ -Wert ist der Quotient aus Wasserdampfdruck im Medium (Oberfläche) und dem Sättigungsdampfdruck von reinem Wasser bei gleicher Temperatur. In der Praxis werden Gleichgewichtsbedingungen nur näherungsweise erreicht; ein  $a_w$ -Wert von 0,8 entspricht daher in etwa 80 % relativer Luftfeuchte an der Materialoberfläche. Um zu erkennen, bei welchen raumklimatischen Randbedingungen mit Schimmelbildung zu rechnen ist, muss man wissen, dass Schimmelpilze sowohl aus dem Substrat als auch aus der Luft Wasser bzw. Wasserdampf aufnehmen können. Man geht davon aus, dass Sporen während des Keimens die Feuchte aus der unmittelbaren Umgebung aufnehmen. Erst das nach der Keimung gebildete Myzel kann auch Feuchte aus dem Baumaterial aufnehmen, denn die Schimmelpilzhyphen können in das Porengefüge eines Baumaterials eindringen.

Für Schimmelwachstum genügt eine relative Luftfeuchte von 70–80 % an der Oberfläche des Materials, wenn diese über längere Zeit einwirkt. Materialien müssen also nicht sichtbar nass sein. Besonders gute Wachstumsbedingungen finden sich immer dann, wenn es zu Kondensation (Tauwasserbildung) auf oder im Material kommt. Die verschiedenen Stoffwechselfunktionen von Pilzen laufen bei unterschiedlichen Wasseraktivitäten ab. So unterscheiden sich die minimal erforderlichen und optimalen  $a_w$ -Werte für Sporenkeimung, Wachstum und Mykotoxinproduktion.

Schimmelpilzart	Minimale $a_w$ -Werte
<i>Wallemia sebi</i>	0,69–0,75
<i>Aspergillus restrictus</i>	0,71–0,75
<i>Aspergillus versicolor</i>	0,78
<i>Penicillium chrysogenum</i>	0,78–0,81
<i>Aspergillus fumigatus</i>	0,85–0,94
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	0,86–0,88
<i>Fusarium solani</i>	0,87–0,90
<i>Rhizopus stolonifer</i>	0,93
<i>Stachybotrys chartarum</i>	0,94

Tabelle 4: Für das Wachstum unterschiedlicher Schimmelpilze erforderliche minimale Wasseraktivitätswerte (minimale  $a_w$ -Werte) nach Northolt et al. (1995)

Jede Pilzspezies wächst in einem charakteristischen Feuchtebereich, der die Intensität des Wachstums bestimmt (siehe Tabelle 4). Xerophile Vertreter, wie z.B. *Aspergillus restrictus*, können bereits ab einem  $a_w$ -Wert von 0,71 bis 0,75 wachsen, die meisten Schimmelpilze benötigen zum Wachstum  $a_w$ -Werte von mindestens 0,80 bis 0,85. *Stachybotrys chartarum* braucht sehr viel mehr Feuchte zum Wachstum (minimaler  $a_w$ -Wert von 0,94) und tritt daher nur bei starker Durchfeuchtung des Materials, beispielsweise nach Wasserschäden, auf. Die meisten Schimmelpilze können damit in der Regel trockenere Bereiche besiedeln als Bakterien, von denen fast alle zum Wachstum  $a_w$ -Werte über 0,9 benötigen.

Die Feuchtegrenze, unterhalb derer kein Wachstum von Schimmelpilzen auf Materialien stattfindet, liegt unter sonst optimalen Bedingungen bei ca. 70 % relativer Feuchte an der Oberfläche.

**Mit zunehmendem Feuchtegehalt des Materials steigt die Wahrscheinlichkeit, dass Schimmelwachstum auftritt.**

Bei 80 % relativer Feuchte an der Oberfläche sind bei ausreichend hoher Oberflächentemperatur (deutlich im Plusgradbereich) die Wachstumsbedingungen für viele innenraumrelevante Schimmelpilzarten erreicht.

Bei höherer Oberflächenfeuchte von über 80 % können nahezu alle Schimmelpilzarten sowie Bakterien wachsen. In stehendem, nicht stark verunreinigtem Wasser (100 % Feuchte) wachsen in der Regel keine Schimmelpilze, sondern Bakterien.

## Temperatur

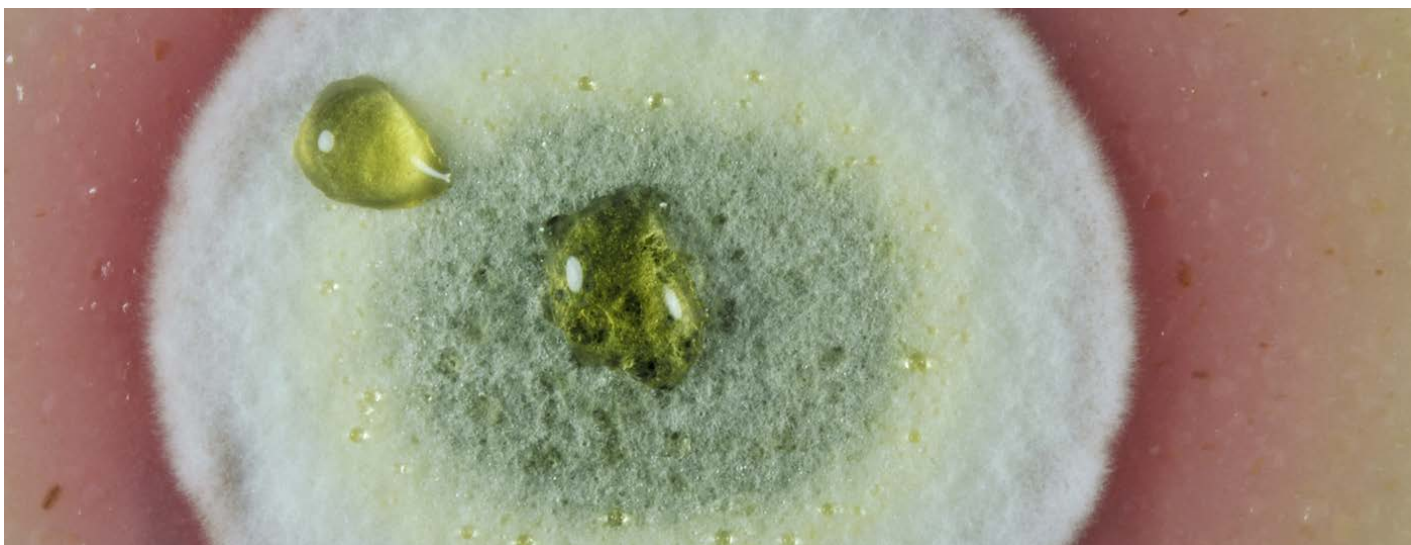
**Schimmelpilze können in einem weiten Temperaturbereich wachsen.**

Pilzarten, die ein optimales Wachstum in einem mittleren Temperaturbereich zeigen, werden als mesophil bezeichnet, solche, die auch noch bei hohen Temperaturen gut wachsen können, als thermotolerant. Liegt das Wachstumsoptimum bei hohen Temperaturen, spricht man von thermophilen Pilzen (siehe Tabelle 5).

Außerhalb von Räumen finden in unseren Breiten am ehesten mesophile Schimmelpilze optimale Temperaturbedingungen. In diese Gruppe gehören die wichtigsten Vertreter der Gattung *Penicillium*. *Aspergillus*-Arten bevorzugen höhere Temperaturen und zählen daher zum großen Teil zu den thermotoleranten Schimmelpilzen. Thermophile Schimmelpilze, wie *Aspergillus fumigatus*, kommen dagegen in gemäßigten Regionen – ausgenommen bei Kompostierungsanlagen und bestimmten landwirtschaftlichen Aktivitäten – in der Innenraumluft meist nur in geringen Konzentrationen vor.

Bezeichnung	Wachstumstemperatur °C		
	Minimum	Optimum	Maximum
Mesophile Schimmelpilze	0–5	25–35	ca. 40
Thermotolerante Schimmelpilze	0–5	30–40	ca. 50
Thermophile Schimmelpilze	20–25	35–55	ca. 60

Tabelle 5: Wachstumstemperaturen mesophiler, thermotoleranter und thermophiler Schimmelpilze, nach Mücke & Lemmen (1999)



## Nährstoffe und Substrate

Der Nährstoffgehalt des Untergrundes (Substrat) ist neben der Feuchte und der Temperatur eine wichtige Einflussgröße auf das Schimmelwachstum. Schimmelpilze können zum einen Nährstoffe aus Baumaterialien nutzen, zum anderen können sie Nährstoffe aus Fasern, Pollen, Bakterien, Haaren und Hautschuppen nutzen, die mit dem Hausstaub verbreitet werden.

Materialien, auf denen Schimmelpilze wachsen können (Substrate) sind z.B.:

- Holz, Holzwerkstoffe (z.B. Hartfaser-, OSB- oder Spanplatten)
- Papier, Pappe, Karton (auch Gipskartonplatten)
- Tapeten, Tapetenkleister
- Gummi, Kunststoffe (z.B. Polystyrol, Silikon, Folien)
- Teppichböden, Kleber für Fußbodenbelag, Mineralwolle
- Farben, Lacke
- Leder, Textilien

Auch Materialien wie Zement, Beton und Wandputz können Nährstoffe für Schimmelpilze enthalten. Schimmelpilze können außerdem auf Materialien wachsen, die selbst keine Nährstoffe enthalten (z.B. Glas), wenn sich organische Partikel und Stäube auf diesen abgelagert haben.

Der Nährstoffgehalt des Untergrundes (Substrat) ist neben der Feuchte und der Temperatur eine wichtige Einflussgröße für Schimmelwachstum.

**Schimmelpilze können eine Vielzahl von Materialien als Nährstoffquellen nutzen.**

In der Regel sind auf Oberflächen in Innenräumen ausreichend Nährstoffe vorhanden.

Auch wenn die Feuchte der wichtigste Faktor ist, müssen andere wesentliche Wachstumsvoraussetzungen wie Temperatur und Nährstoffe über eine bestimmte Zeitperiode gleichzeitig im günstigen Bereich vorhanden sein, damit Schimmelpilzsporen auskeimen und anschließend das Myzel wachsen kann.

## pH-Wert

Inwieweit ein Substrat von Schimmelpilzen zum Wachstum genutzt werden kann, hängt auch vom pH-Wert ab. Viele Schimmelpilzarten können in einem Bereich zwischen pH 3 und 9 gut wachsen. Von einzelnen Schimmelpilzarten werden pH-Werte zwischen 2 und 11 toleriert.



### Schimmelpilze können in einem breiten pH-Bereich wachsen

Oberhalb von pH 11 wachsen Schimmelpilze so gut wie nicht mehr. Dies nutzt man aus, um in wenig genutzten Räumen (Lagerräume außerhalb der Wohnung oder dauerhaft feuchte Kellerräume – Nutzungsklasse III) Schimmelwachstum durch stark alkalische Anstriche vorübergehend zu unterbinden.

Tapeten und Anstriche weisen oft einen pH-Wert zwischen pH 5 (z.B. Raufasertapete) und pH 8 (z.B. Kunstharz-Dispersionsanstrich) auf. Kalkhaltige Baustoffe, wie zum Beispiel kalkbasierter Putzmörtel oder Beton, können pH-Werte von mehr als pH 12 aufweisen. Mit der Zeit führt das in der Luft enthaltene Kohlendioxid jedoch zu einer Karbonatisierung und damit zu einem Absenken des pH-Wertes. Kalkanstriche haben deshalb nur eine zeitlich begrenzte Wirkung gegen Schimmelwachstum. Darüber hinaus kann das Schimmelwachstum auch durch organische Ablagerungen auf solchen Materialoberflächen oder durch organische Additive in Putzen oder Anstrichsystemen (z.B. Zellulose oder Methylzellulose) begünstigt werden.

### Zusammenwirken von Temperatur und Feuchte

Die Auskeimung oder das Myzelwachstum können bei den minimalen Werten der relativen Luftfeuchte nur stattfinden, wenn optimale Temperaturen und eine gute Nährstoffversorgung vorhanden sind. Sind die Temperaturen nicht optimal, findet Auskeimung oder Myzelwachstum erst bei höherer Feuchte statt. Die Wachstumsvoraussetzungen Feuchte und Temperatur können im Praxisfall nicht getrennt voneinander betrachtet werden, da sich bei gleicher absoluter Feuchte der Wert der relativen Feuchte mit der Temperatur verändert.

Eine Überlagerung der beiden Einflussgrößen Temperatur und Feuchte lässt sich in einem Diagramm als Linien gleicher Auskeimungszeit bzw. gleichen Wachstums (so genannte Isoplethen) darstellen. Je nach Schimmelpilzart gelten unterschiedliche Isoplethensysteme. Abbildung 8 zeigt exemplarisch die Isoplethen für das Myzelwachstum von zwei Schimmelpilzarten der Gattung *Aspergillus*. So kann z.B. *Aspergillus versicolor* bei einer relativen Oberflächenfeuchte von 85 % bei 10 °C nur 0,01 mm pro Tag, bei 25 °C dagegen 0,5 mm pro Tag wachsen. Die äußersten Kurven kennzeichnen die Bedingungen, unter denen kein Wachstum mehr feststellbar ist. Diese Isoplethen beruhen auf Literaturdaten und einzelnen ausgewählten Untersuchungen. Sie sollen als Hinweis für die Einschätzung der Wahrscheinlichkeit eines Schimmelwachstums dienen, können jedoch nicht alle im Einzelfall in der Praxis auftretenden Situationen darstellen.

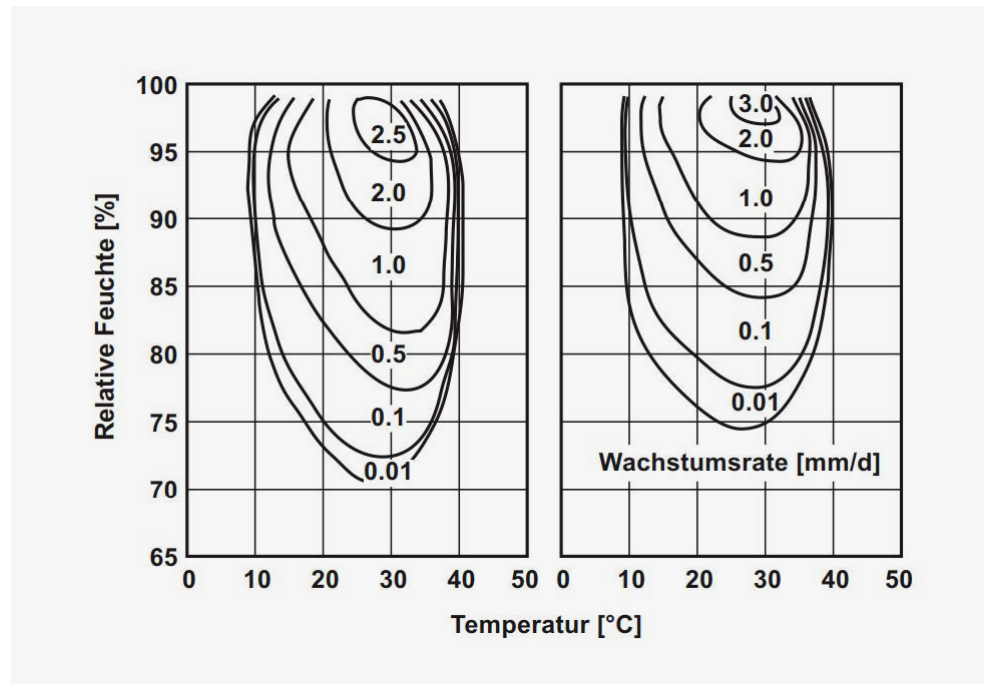


Abbildung 8: Isoplethensysteme für Myzelwachstum der Schimmelpilze *Aspergillus restrictus* (links) und *Aspergillus versicolor* (rechts) in Abhängigkeit von relativer Oberflächenfeuchte und Temperatur nach Smith et al. (1982). Die Isolinien geben in Abhängigkeit von Temperatur und relativer Feuchte die Wachstumsraten in mm/d wieder (eingetragene Zahlenwerte). (Quelle: K. Sedlbauer, Universität Stuttgart)

### Zusammenwirken von Temperatur, Feuchte und Nährstoffgehalt

Der Nährstoffgehalt im Material übt zusätzlich Einfluss auf das Wachstum von Schimmelpilzen aus. Untersuchungen haben ergeben, dass je nach Oberflächenfeuchte und Temperatur materialspezifisch unterschiedliche Zeiträume zur Entwicklung von Schimmelpilzen erforderlich sind. Das können wenige Tage bis einige Wochen sein.

Unter Berücksichtigung der Oberflächenfeuchte, der Temperatur und des Nährstoffgehalts lassen sich umfassende verallgemeinerte Isoplethensysteme entwickeln (siehe Infobox 1). Mit Hilfe dieser Isoplethensysteme kann für bestimmte Temperaturen und relative Feuchtwerte die Wahrscheinlichkeit eines Schimmelbefalls eingeschätzt und modelliert werden.

Eine vereinfachte anschauliche Darstellung der Anfälligkeit von Baustoffen gegenüber Schimmelbefall bietet die sogenannte Isoplethenampel. Sie basiert auf Laboruntersuchungen zum Schimmelwachstum bei verschiedenen Kombinationen von relativer Luftfeuchte und Temperatur. Dabei zeigt sich z.B. Stroh als relativ anfällig für Schimmelwachstum, während sich unbehandelter Zellulose-Einblasdämmstoff als wenig anfällig gegenüber dem Befall durch Schimmelpilze erweist (Abbildung 9). Die Isoplethen geben Wachstumshinweise, können jedoch nicht alle Bedingungen in der Praxis abbilden.

In Wohnräumen sind die für das Wachstum von Schimmelpilzen notwendigen Temperaturen und Nährstoffe meist vorhanden. Daher kommt zur Vermeidung von Schimmelbefall der Reduktion der Feuchte im Material bzw. auf seiner Oberfläche eine entscheidende Bedeutung zu (siehe Kapitel 3 und 4). Auch bei der Sanierung von mit Schimmel befallenen Wohnungen ist ein langfristiger Erfolg nur zu erreichen, wenn die Ursachen für die erhöhte Feuchte gefunden und beseitigt werden (siehe Kapitel 5 und 6).

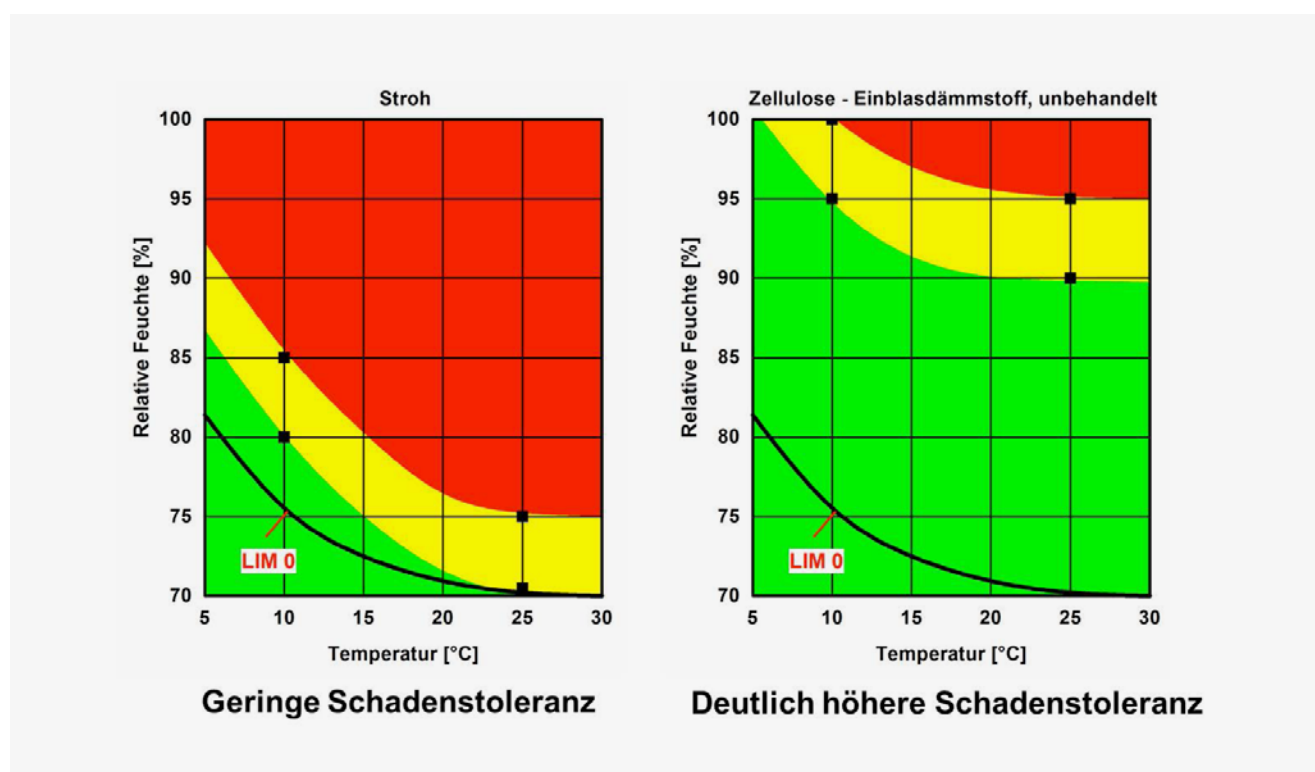


Abbildung 9 zeigt die gemessenen Isoplethenbereiche von Stroh und von einem Zellulose-Einblasdämmstoff. In den roten Arealen ist Schimmelwachstum sehr wahrscheinlich, während in den grün gefärbten Bereichen nicht mit Schimmelwachstum zu rechnen ist. Die gelben Zonen kennzeichnen einen Übergangsbereich, in dem Schimmelwachstum nicht völlig ausgeschlossen werden kann. Der Lim-0 bezeichnet den sogenannten „Lowest Isopleth for Mould“, der für eine große Auswahl an Schimmelpilzen mit unterschiedlichen Materialien im Labor unter Einsatz von optimalen Nährstoffbedingungen auf Agarplatten (Voll-Nährböden) ermittelt wurde.

Abbildung 9: Gemessene Isoplethenbereiche von Stroh (links) und von einem Zellulose-Einblasdämmstoff (rechts). (Quelle: K. Sedlbauer 2001)

### Isoplethensysteme

Die wechselseitige Abhängigkeit des Schimmelwachstums gegenüber den Faktoren Feuchte, Temperatur und Nährstoffgehalt (Substrat) lässt sich über Isoplethensysteme darstellen. Da sich zwischen einzelnen Pilzspezies bei den Wachstumsvoraussetzungen signifikante Unterschiede ergeben, wurden für die verallgemeinerten Isoplethensysteme nur Daten von Schimmelpilzen berücksichtigt, die in Gebäuden bei Feuchteschäden auftreten können (Abbildung 10).

Um auch den Einfluss der Nährstoffe zu berücksichtigen, wurden Substratgruppen definiert (Sedlbauer 2001):

Substratgruppe 0: Optimaler Nährboden (z.B. Vollmedien); diese Isoplethensysteme bilden für alle in Gebäuden auftretenden Schimmelpilze die untere Wachstumsgrenze.

Substratgruppe I: Biologisch gut verwertbare Substrate, wie z.B. Tapeten, Gipskarton, Bauprodukte aus gut abbaubaren Rohstoffen, Materialien für dauerelastische Fugen, stark verschmutztes Material.

Substratgruppe II: Biologisch kaum verwertbare Substrate; Baustoffe mit porigem Gefüge, wie z.B. Putze, mineralische Baustoffe, manche Hölzer sowie Dämmstoffe, die nicht unter Substratgruppe I fallen.

Substratgruppe III: inerte Substrate wie Metalle, Folien, Glas, Fliesen.

Im Fall einer starken Verschmutzung sollte für die Beurteilung stets die Substratgruppe I zugrunde gelegt werden.

Infobox 1: Isoplethensysteme

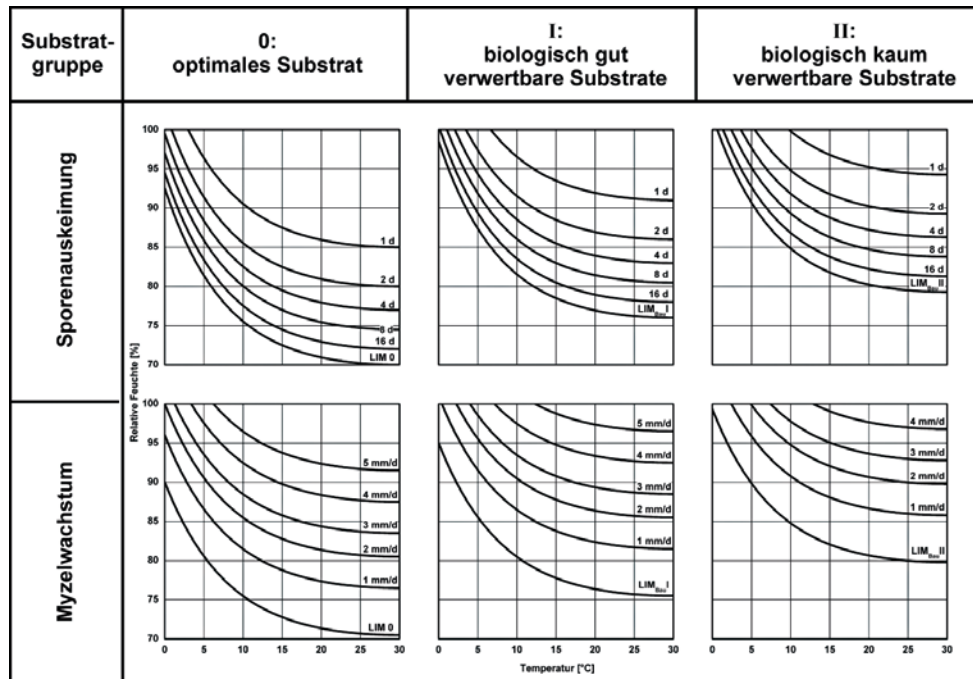


Abbildung 10: Verallgemeinerte Isolethensysteme für die Sporenauskeimung (oben) und Myzelwachstum (unten), die für in Bauteilen auftretenden Pilze gelten für optimales Substrat (links), für Substratgruppe I (mittig) und für Substratgruppe II (rechts). Die angegebenen Werte charakterisieren die Zeitdauer in Tagen, nach welcher eine Keimung abgeschlossen ist bzw. das zu erwartende Wachstum in mm/Tag. LIM (Lowest Isoleth for Mould) zeigt die unterste Grenze der Sporenauskeimung bzw. des Myzelwachstums an (nach Sedlbauer 2001).

### 1.3 Hefen

Hefen (auch „Hefepilze“ genannt) sind einzellige Pilze, die sich durch Sprossung oder Teilung (Spaltung) vermehren. Die Vermehrung durch Sprossung führte zur synonymen Bezeichnung Sprosspilze, obwohl nicht alle Hefen sich durch Sprossung vermehren. Die meisten Hefen gehören der Abteilung der Schlauchpilze (Ascomycota) an (siehe Abbildung 11). Derzeit sind mehr als 1.500 Arten bekannt.

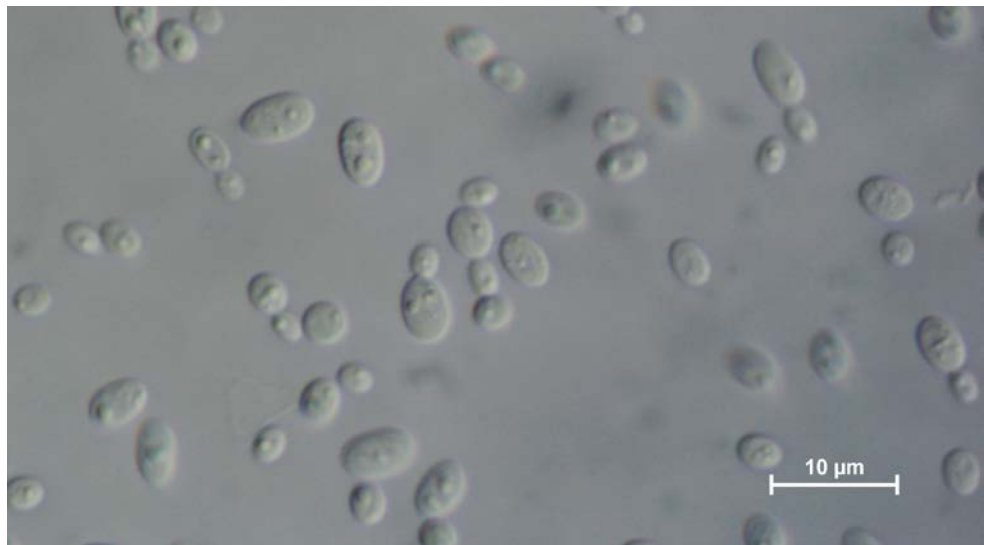
Hefen sind in der Umwelt sehr häufig und können im Sommer in Konzentrationen von mehreren Tausend KBE/m<sup>3</sup> in der Außenluft auftreten. Der Nachweis von Hefen, insbesondere von „roten Hefen“ wie *Rhodotorula* spp. und *Sporobolomyces* spp., ist daher auch im Innenraum als normal anzusehen. Erhöhte Konzentrationen im Innenraum können durch starken Pflanzenbesatz bedingt sein (z.B. in Wintergärten). Auch in solchen Fällen besteht kein Handlungsbedarf.

Das Auftreten von Hefen im Zusammenhang mit Schimmel deutet auf stark erhöhte Feuchte hin. Hefen benötigen zum Wachstum  $a_w$ -Werte (zur Erklärung des  $a_w$ -Wertes

siehe Kapitel 1.2.3) von mindestens 0,9. Sie spielen aber nach aktueller Auffassung bei Feuchteschäden in Bezug auf die gesundheitlichen Aspekte eine untergeordnete Rolle. Deshalb ist bei Laboranalysen eine Bestimmung von Arten oder Gattungen nicht sinnvoll. Sie werden bei den weiteren Empfehlungen im Leitfaden nicht berücksichtigt.

Eine Ausnahme gibt es: Wenn eine Verunreinigung von Innenräumen durch Taubenkot gegeben ist, können Hefen der Art *Cryptococcus neoformans* oder *C. gattii* auftreten, die vor allem bei Personen mit schweren Grunderkrankungen oder Dispositionen pulmonale Erkrankungen und Hirnhautentzündungen auslösen können.

Abbildung 11: Hefe unter dem Mikroskop 1.000-fach vergrößert (Quelle: M. Kirchmair, Fa. Mykon)



## 1.4 Bakterien und Aktinobakterien

Bei Schimmelschäden treten Bakterien häufig zusammen mit Schimmelpilzen auf. Studien zu Feuchteschäden zeigten, dass lediglich in ca. 15 % der Materialproben nur Pilze und keine Bakterien in auffälliger Konzentration nachweisbar waren. Nicht selten liegen die Konzentrationen an Bakterien in Materialien in einem höheren Bereich als jene an Schimmelpilzen.

Da Schimmelbefall in der Regel durch den Nachweis von Schimmelpilzen erkannt werden kann, ist eine Untersuchung von Luft- oder Materialproben auf Bakterien normalerweise nicht notwendig. Auffällig muffig riechende Materialien sollten jedoch auch auf Bakterien untersucht werden (siehe Kapitel 5.1.2.1 und 5.1.2.4).

Insbesondere aufgrund der Tatsache, dass die meisten Bakterienarten auf Labormedien nicht wachstumsfähig sind und wegen der Schwierigkeiten bei der taxonomischen Bestimmung ist das Wissen über die in Gebäuden auftretenden Bakterienarten lückenhaft. Meist wird nur zwischen myzelbildenden Aktinobakterien, ggf. Bacillus-

Arten und anderen Bakterien unterschieden. Myzelbildende Aktinobakterien sind von besonderer Bedeutung, da ihre Sporen wie die Schimmelpilzsporen über den Luftweg verteilt werden und bei den Raumnutzern zu gesundheitlichen Problemen führen können (siehe Kapitel 2).

In **muffig riechenden Materialien** treten häufig Bakterien in hohen Konzentrationen auf. Derartige Materialien sollten auch auf Bakterien (insbesondere Aktinobakterien) untersucht werden.

Sporen von **Aktinobakterien** können wie bei Schimmelpilzsporen über den Luftweg verteilt werden.

### 1.4.1 Eigenschaften von Aktinobakterien

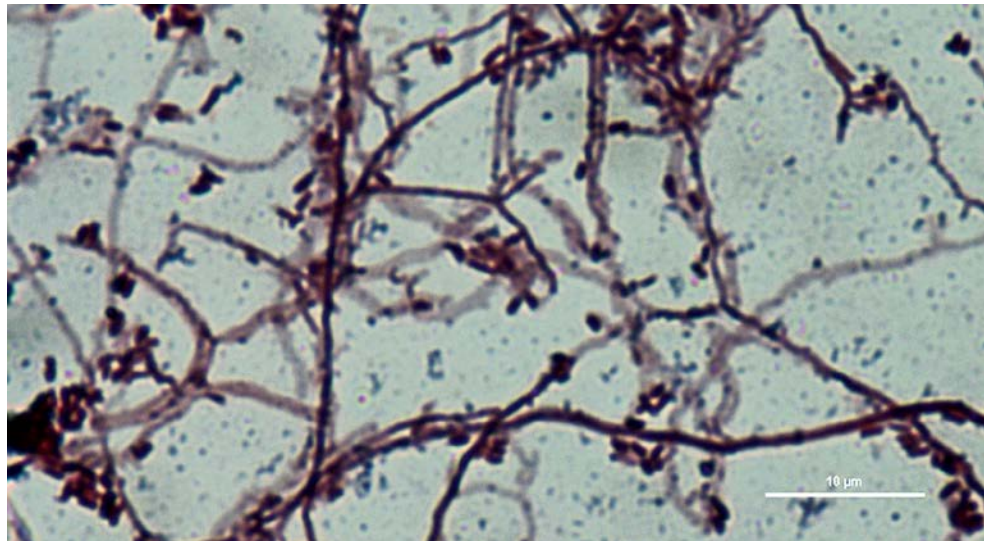
Aktinobakterien ist der deutsche Begriff für die Klasse *Actinobacteria*, die vorgeschlagen wurde, um der großen morphologischen Diversität der bis zu diesem Zeitpunkt auch als „Aktinomyzeten“ bezeichneten Bakteriengruppe Rechnung zu tragen.

Bei den *Actinobacteria* handelt es sich um heterotrophe, überwiegend aerobe Bakterien, die in ihren morphologischen, physiologischen und zytochemischen Eigenschaften stark variieren. Die sehr große morphologische Diversität der Aktinobakterien reicht von Kokken bzw. kokkoiden Zellen bis hin zu komplexen myzelialen Strukturen (daher der frühere Name „Aktinomyzeten“, der eine Verwechslung mit „echten“ Pilzen nach sich ziehen kann).

Charakteristisch für viele Aktinobakterien ist die Fähigkeit, ein Myzel (Substratmyzel) auszubilden. Die Hyphen sind im Vergleich zu Schimmelpilzhyphen deutlich dünner (ca. 1 µm, siehe Tabelle 1). Bei vielen Arten sind freie Myzelstränge aus den Oberflächenkolonien in den Luftraum (Luftmyzel) erkennbar, wodurch sie ein charakteristisches pulvriges bzw. samtiges koloniemorphologisches Bild aufweisen. Viele Aktinobakterien können Sporen ausbilden und sich dadurch verbreiten und vermehren. Hierbei wachsen die vegetativen Hyphen zu langen Filamenten aus, die zu Sporophoren umgebildet werden, an denen durch Differenzierung der Fragmente Sporen reifen, die dann an die Luft freigesetzt werden (siehe Abbildung 12).

Einige Vertreter der Aktinobakterien bilden spezifische Sekundärmetabolite wie leicht flüchtige organische Komponenten, die z.T. geruchsintensiv sind. Weiters ist bekannt, dass einige Aktinobakterien Toxine als Stoffwechselprodukte produzieren. Insbesondere zählen zahlreiche *Streptomyces*-Arten zu den bekanntesten potenziellen Produzenten von antibiotischen und/oder toxischen Wirkstoffen. In Bezug auf die Bildung von toxischen Stoffen sowie pathogenen Eigenschaften benennt die Deutsche Kommission

Abbildung 12: Myzel eines Aktinobakteriums unter dem Mikroskop (Quelle: Plaschkies, Mycolabor Dresden)



für Arbeitsschutz und Normung die Gattungen *Actinomyces*, *Mycobacterium*, *Frankia*, *Dermatophilus*, *Nocardia*, *Rhodococcus*, *Streptomyces*, *Micromonospora*, *Gordona*, *Tsakamurella* und *Actinomadura* als gesundheitlich relevant (Namen teilweise veraltet). Aktinobakterien stellen einen wichtigen Bestandteil der mikrobiellen Gemeinschaft in Räumen mit Feuchteschäden dar. Es wurden insbesondere *Streptomyces*, *Amycalotopsis*, *Pseudonocardia*, *Nocardia* und *Promicromonospora* nachgewiesen. Entsprechend dem erhöhten Vorkommen in Innenräumen mit Feuchteschäden, der damit verbundenen Exposition des Menschen und unter Berücksichtigung der zytochemischen Merkmale sind also Aktinobakterien schon seit langem Gegenstand des klinischen wissenschaftlichen Interesses (siehe Kapitel 2).

Über die Wachstumsbedingungen von Aktinobakterien liegen keine so detaillierten Erkenntnisse wie für Schimmelpilze vor. Man kann jedoch davon ausgehen, dass sie ähnliche Wachstumsbedingungen tolerieren bzw. bevorzugen wie die mit ihnen assoziierten Schimmelpilze. Meist treten sie aufgrund ihres relativ langsamen Wachstums eher bei Altschäden sowie – wie andere Bakterien – in der Regel bei hohen  $a_w$ -Werten auf.

#### 1.4.2 Nachweis und Identifizierung von Aktinobakterien

Viele Aktinobakterien können nicht mittels Standardmethoden beispielsweise nach ÖNORM ISO 16000-16 bis 18 durch Kultivierung nachgewiesen werden, da sie zum Teil sehr spezifische Wachstumsansprüche haben und von anderen Bakterienkolonien nicht unterschieden werden können. Für die Praxis ist es daher sinnvoll, nur myzelbildende Aktinobakterien nachzuweisen, da sie auf Agar morphologisch relativ gut erkennbare Kolonien bilden. Es wird vorgeschlagen, für die Praxis den Begriff Aktinomyzeten für die auf Agarplatten anzüchtbaren myzelbildenden Aktinobakterien zu verwenden.



Der Nachweis und die Identifizierung von Aktinomyzeten mittels Kultivierungsmethoden gestaltet sich schwieriger als der von Schimmelpilzen. Beim Einsatz von Standardmedien werden Aktinomyzeten häufig von den mit ihnen assoziierten Schimmelpilzen überwachsen und übersehen. Die Isolierung von Aktinomyzeten von feuchten Materialien aus Innenräumen ist zudem schwierig, weil die Gruppe der Aktinomyzeten Bakterien mit sehr unterschiedlichen Wachstumsansprüchen enthält. Um diese zu berücksichtigen und alle Aktinomyzeten zu erfassen, müssten unterschiedliche Nährmedien verwendet werden.

Eine generelle Untersuchung von Aktinomyzeten bei Feuchteschäden ist nicht sinnvoll. Bei bestimmten Fragestellungen kann es aber wichtig sein, zu untersuchen, ob bei einem Feuchteschaden ein Aktinomyzetenbefall im Material vorliegt. Für solche Fälle wird empfohlen, die Aktinomyzeten auf Mineralagar nach Gauze zu isolieren (siehe Zusammensetzung Anhang 5).

Die Art-Identifizierung von Aktinomyzeten innerhalb einer Gattung ist aufgrund der vergleichsweise geringen morphologischen Unterschiede mit morphologischen sowie mit biochemischen Methoden nicht oder nur sehr begrenzt möglich. Nur mit molekularbiologischen Methoden (DNA-Sequenzierung) können Aktinomyzetenisolate effizient differenziert werden. Diese Untersuchungen sollten ebenso wie die Identifizierung von Pilzen und anderen Mikroorganismen nur in dafür spezialisierten und auch ausgewiesenen Laboratorien durchgeführt werden.



2

# Wirkungen von Schimmel in Innenräumen auf die Gesundheit des Menschen



Schimmelwachstum im Innenraum ist als Gesundheitsrisiko zu betrachten, auch ohne dass ein quantitativer und kausaler Zusammenhang zwischen dem Vorkommen einzelner Schimmelpilzarten oder bestimmter biogener Schadstoffe und Gesundheitsbeschwerden gesichert hergestellt werden kann. Einen guten Überblick über den Stand des Wissens und die medizinische Diagnostik bei Schimmelbefall gibt die AWMF-Schimmelpilz-Leitlinie (2016).

Wissenschaftliche Erkenntnisse zu gesundheitlichen Wirkungen und Zusammenhängen bei Schimmelbefall/Feuchte in Innenräumen liegen für mehrere Beschwerdebilder vor, für andere Beschwerdebilder sind sie gegenwärtig gering (siehe Tabelle 6). Bei der Beurteilung der Auswirkung von Schimmelbefall auf die Gesundheit der Raumnutzer muss einerseits deren gesundheitliche Situation (Prädisposition) und andererseits das Ausmaß des Schimmelbefalls mit der Freisetzung von Bioaerosolen (Exposition) berücksichtigt werden.

Bevölkerungsbezogene Studien haben hinreichend gezeigt, dass Menschen, die Feuchte/Schimmel in Innenräumen ausgesetzt sind, einem erhöhten Risiko vielfältiger Atemwegserkrankungen unterliegen. Vor allem bei Kindern, die in Wohnräumen mit sichtbarem Schimmelbefall/Feuchte aufwachsen, deuten die Studienergebnisse auf eine insgesamt nachteilige gesundheitliche Entwicklung hin. Bei Kindern mit bestehendem Asthma wird nach neueren Studien ein kausaler Zusammenhang von Schimmelbefall mit einer Verschlimmerung der Erkrankung konstatiert (siehe Tabelle 6). Ein Zusammenhang zwischen feuchten Innenräumen und/oder Schimmelbefall und der Entstehung von Asthma, insbesondere bei Kindern, kann als gesichert angesehen werden. Darüber hinaus bestehen Zusammenhänge mit der Entwicklung von Asthma und der Verschlimmerung von Asthma bei Erwachsenen, mit Atemwegsinfektionen sowie mit Symptomen wie Husten, keuchenden Atemgeräuschen und Atemnot. Schimmel in Innenräumen scheint ebenfalls mit Bronchitis und allergischer Rhinitis (Heuschnupfen) verknüpft zu sein, allerdings sind die Belege für den Zusammenhang mit Heuschnupfen noch nicht eindeutig und es liegen nur wenige Studien zur Bronchitis vor (WHO Guidelines 2009).

Es ist zu beachten, dass länger andauernde oder periodisch auftretende Feuchte in Innenräumen auch ohne sichtbares Schimmelwachstum mit einem erhöhten Risiko einer Erkrankung der Atmungsorgane, einer Atemwegsinfektion oder der Verstärkung einer vorhandenen Asthmaerkrankung einhergeht. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass in Räumen, die andauernd feucht sind, mit hoher Wahrscheinlichkeit verdeckter Schimmelbefall vorhanden ist. Tabelle 6 gibt einen Überblick über die Zusammenhänge von Feuchte/Schimmelbefall und gesundheitlichen Beschwerden (nicht angeführt sind allergische Reaktionen, die in Kapitel 2.1 behandelt werden).

Zusammenhang mit Feuchte/Schimmelbefall	Gesundheitliche Beschwerden
ausreichende Hinweise für einen ursächlichen (kausalen) Zusammenhang	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verschlimmerung und Verstärkung der Symptome einer bestehenden Asthmaerkrankung bei Kindern</li> </ul>
ausreichende Hinweise für einen Zusammenhang (Daten lassen Zusammenhang als wahrscheinlich erscheinen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verschlimmerung und Verstärkung der Symptome einer bestehenden Asthmaerkrankung</li> <li>• Symptome der oberen Atemwege</li> <li>• Husten</li> <li>• keuchende Atemgeräusche</li> <li>• Entwicklung einer Asthmaerkrankung</li> <li>• Atemnot</li> <li>• aktuell bestehendes Asthma</li> <li>• Atemwegsinfektionen</li> </ul>
begrenzte Hinweise für einen Zusammenhang (Daten lassen Zusammenhang als möglich, aber nicht gesichert erscheinen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorkommen von Bronchitis</li> <li>• Vorliegen von Symptomen des allergischen Schnupfens (Heuschnupfen)</li> </ul>
unzureichende Hinweise für einen Zusammenhang (Daten wurden geprüft, sind aber nicht ausreichend, um einen Zusammenhang zu belegen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• veränderte Lungenfunktion</li> <li>• Auftreten einer Allergie oder Atopie</li> <li>• Auftreten von Asthma jemals im gesamten Leben (muss nicht aktuell vorliegen und Symptome verursachen)</li> </ul>

Tabelle 6: Stärke der Zusammenhänge zwischen einem Feuchte/Schimmelbefall in Innenräumen und gesundheitlichen Beschwerden, die in epidemiologischen Studien beobachtet wurden, nach WHO (2009) und Kanchnongkittiphon et al. (2015).

Es wurden bislang nur wenige Studien durchgeführt, die den Effekt einer Verringerung von Feuchte und Schimmelbefall in Innenräumen untersucht haben. Diese wenigen Studien zeigen jedoch, dass eine Verringerung der Feuchtelast in Innenräumen nachteilige gesundheitliche Effekte (Asthma, respiratorische Allergien) mindern kann.

Von Nutzern von Räumen mit Feuchteschäden und Schimmelbefall werden auch unspezifische Symptome wie Augenbindehaut-, Hals- und Nasenschleimhautreizungen sowie Husten, Kopfschmerzen oder Müdigkeit genannt. Augenbindehaut- oder Nasenschleimhautreizungen können sowohl im Zusammenhang mit allergischen als auch mit reizenden Wirkungen stehen; die anderen Symptome werden vor allem mit reizenden Wirkungen in Verbindung gebracht.

Wissenschaftlich abgesicherte Aussagen über eine Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen einer Exposition gegenüber Schimmel in Innenräumen und gesundheitlichen Beschwerden der Bewohner sind derzeit nicht möglich. Dies liegt darin begründet, dass die Exposition gegenüber Schimmel in bevölkerungsbezogenen Studien meist nur qualitativ anhand weniger Indikatoren wie z.B. sichtbarer Feuchte, bekanntem Wasserschaden, sichtbarem Schimmel oder Schimmelgeruch erfasst wurde. Bei den vorliegenden quantitativen

Messungen wurden nur wenige Schimmelpilzarten bestimmt, andere Einflussgrößen wie (Aktino-) Bakterien, Milben, Zellbestandteile und biogene Substanzen wie bspw. Endotoxine, Mykotoxine, MVOC oder pathogen assoziierte molekulare Muster (PAMP) blieben meist unberücksichtigt, obwohl sie ebenfalls zu gesundheitlichen Problemen beitragen können.

**Feuchte und Schimmelbefall in Innenräumen** sind mit einem **erhöhten Risiko für Atemwegserkrankungen** sowie für eine Entwicklung und Verschlimmerung von Asthmasymptomen bei den Raumnutzern verbunden.

**Im Einzelfall (Patient) ist es nicht möglich, gesundheitliche Wirkungen ursächlich auf den Schimmelbefall in einem bestimmten Innenraum zurückzuführen (Ausnahme Allergien)**, da prinzipiell eine Vielzahl von Ursachen für die jeweilige Erkrankung und eine Sensibilisierung verantwortlich sein kann.

Da prinzipiell eine Vielzahl von Ursachen für die Erkrankung verantwortlich sein kann und kaum ein definitiver Nachweis der Ursache gelingt, können gesundheitliche Wirkungen von Schimmel in Innenräumen nicht einem bestimmten auslösenden Agens und/oder einer bestimmten Konzentration von Schimmelpilzen und/oder Schimmel-assoziierten Bakterien zugeschrieben werden. Nach derzeitigem Kenntnisstand kann bei einem Schimmelwachstum in Innenräumen generell nur von einer Risikoerhöhung für bestimmte gesundheitliche Beschwerden ausgegangen werden.

Besonders zu schützende Risikogruppen sind Patienten unter bestimmter Immunsuppression sowie Personen mit Mukoviszidose oder Asthma bronchiale. Das Risiko für die Entwicklung von Asthma ist erhöht bei Patienten mit allergischer Rhinokonjunktivitis oder Rhinosinusitis sowie bei Patienten mit Atopie (AWMF-Schimmelpilz-Leitlinie 2016).



Im Folgenden werden die verschiedenartigen gesundheitlichen Wirkungen (allergische, reizende Wirkungen und Infektionen) bei Exposition gegenüber Schimmel grundsätzlich dargestellt und dann im Hinblick auf das Vorkommen bei Auftreten von Feuchte und Schimmel im Innenraum bewertet. Während allergische und reizende Wirkungen sowohl von einer Vielzahl an lebenden als auch von abgestorbenen Schimmelpilzen (bzw. deren Bestandteilen) ausgehen können, ist die Fähigkeit zur Auslösung von Infektionen auf wenige Schimmelpilzarten beschränkt.

Aktinobakterien (siehe Kapitel 1.4) können wie Schimmelpilze neben Allergien auch irritative Reaktionen und bei massiv immungeschwächten Personen Infektionen hervorrufen. Außerdem produzieren sie zum Teil sehr stark „schimmelig“ oder modrig riechende Geruchsstoffe. Zum Erkennen von Schimmelbefall ist es trotzdem meist ausreichend, nur auf Schimmelpilze als Indikatororganismen zu untersuchen. Werden bei bestimmten Fragestellungen (siehe Kapitel 5) Aktinobakterien untersucht und in hohen Konzentrationen nachgewiesen, besteht allerdings kein begründeter Anlass, Aktinobakterien bei der Bewertung zu vernachlässigen oder sie im Vergleich zu Schimmelpilzen als harmloser einzustufen.

Gesundheitliche Wirkungen nach Exposition gegenüber sehr hohen Schimmelpilzkonzentrationen (um  $10^6$  bis  $10^{10}$  Sporen/m<sup>3</sup>), wie z.B. das Organic Dust Toxic Syndrom (ODTS) oder die exogen allergische Alveolitis, treten in der Regel nur an bestimmten Arbeitsplätzen auf und kommen im Allgemeinen in Wohnungen oder Büros nicht vor.

Demgegenüber deuten hohe Konzentrationen von Gesamtbakterien in der Luft auf verunreinigte oder stark belegte Innenräume hin, ohne dass eine gesundheitliche Relevanz besteht.

## 2.1 Allergische Reaktionen

**Schimmelpilze** können sensibilisierend wirken und in der Folge **allergische Reaktionen** auslösen.

Ein Nachweis spezifischer Antikörper (IgE) im Blut lässt weder Rückschlüsse auf den Ort der Exposition gegenüber Schimmel (Innenraum oder Außenluft) noch auf den Schweregrad der allergischen Reaktion zu.

Eine der möglichen Reaktionen des Körpers beim Einatmen von Schimmelpilzen (Sporen oder Myzelbruchstücke) ist das Auftreten von Allergien. Studien zeigen, dass Pilzsporen

beim Auftreten von Allergien und Asthma eine nicht zu unterschätzende Rolle spielen (Zureik et al. 2002). Da bislang nur für wenige Schimmelpilzarten Extrakte für die Allergietestung verfügbar sind, kann es vorkommen, dass eine Schimmelpilzallergie im Test nicht als solche erkannt wird. Bislang können an Patienten nur wenige Schimmelpilzarten routinemäßig getestet werden. Manche Tests erfassen nur typische Außenluftarten. Mit solchen Tests lassen sich Allergien gegen Schimmelpilze in Innenräumen daher nicht nachweisen.

Zudem wird die Allergietestung nicht mit reinen Einzelallergenen durchgeführt, dadurch kann es auch vorkommen, dass mit den Testsystemen unterschiedlicher Hersteller durch die Kombination unterschiedlicher Einzelallergene auch unterschiedliche Ergebnisse erzielt werden.

Allergien, die durch Schimmelpilze in der Außen- und der Innenraumlufthervorgerufen werden, wurden europaweit in der Gesamtbevölkerung mit einer Häufigkeit zwischen 3 % und 10 % nachgewiesen. Meist sind die betroffenen Personen bereits gegenüber mehreren Allergenen sensibilisiert. Nach Ergebnissen des Kinder-Umwelt-Surveys (2006) des deutschen Umweltbundesamtes wiesen rund 6 % der 1.790 getesteten Kinder im Alter zwischen drei und vierzehn Jahren Antikörper gegenüber mindestens einen der getesteten Innenraumschimmelpilze auf. Die Sensibilisierungsrate war mit 5 % für *Penicillium chrysogenum* am höchsten, gefolgt von *Aspergillus versicolor* (2,3 %). Gegenüber den in der Außenluft in hohen Konzentrationen vorkommenden Schimmelpilzen *Alternaria alternata* und *Cladosporium herbarum* waren 4,8 % und 2,1 % der Kinder und gegenüber *Aspergillus fumigatus*, der sowohl in der Außenluft als auch in der Innenraumlufthervorkommt, 2,6 % der Kinder sensibilisiert.

Zu den allergischen Symptomen, die durch eingeatmete schimmelpilzhaltige Außen- oder Innenraumlufthausgelöst werden können, zählen z.B. Rhinitis (Heuschnupfen-ähnliche Symptome) oder Asthma. Rhinitis- und Asthma-Anfälle können innerhalb weniger Minuten nach dem Einatmen von Schimmelpilz-haltigen Aerosolen auftreten und gehören damit zur Typ-I-Allergie. Bei bereits sensibilisierten Personen können schon geringe Schimmelpilzsporenkonzentrationen in der Außen- und Innenraumlufth(z.B.  $10^2$  *Alternaria alternata*-Sporen/ $m^3$  oder  $10^3$  *Cladosporium herbarum*-Sporen/ $m^3$ ) ausreichen, um allergische Reaktionen auszulösen.

Da auch immer eine Exposition gegenüber Schimmelpilzen in der Außenluft vorliegt, kann im Einzelfall nicht nachgewiesen werden, dass eine Allergie durch eine Exposition gegenüber Schimmelpilzen im Innenraum hervorgerufen wurde.

Die Bestimmung spezifischer IgG-Antikörper gegenüber Schimmelpilzallergenen im Blut ist für die Diagnostik bei Schimmelpilzexpositionen in Innenräumen nicht sinnvoll, da sie keine Rückschlüsse auf das Vorhandensein einer Sensibilisierung oder den Schweregrad

einer allergischen Reaktion zulässt. Ein Nachweis dieser Antikörper besagt nur, dass die Person irgendwann gegenüber diesen Schimmelpilzen – z.B. in der Außenluft, am Arbeitsplatz oder in der Wohnung – exponiert war.

### Was ist eine Sensibilisierung?

#### Wie entsteht eine Allergie und was ist eine Atopie?

Bei Allergien reagiert das körpereigene adaptive Immunsystem auf sogenannte Antigene (Fremdstoffe wie z.B. Pollen, Bestandteile von Lebensmitteln, Schimmelpilzsporen). Beim ersten Kontakt mit dem Antigen kommt es zur Bildung von Abwehrstoffen (Antikörper). Die sog. Typ I-Allergie wird durch Immunglobulin-E-Antikörper (IgE) vermittelt und tritt kurze Zeit nach Kontakt mit dem Antigen auf (Allergie vom Soforttyp). Beim Kontakt des Körpers mit einem oder mehreren Schimmelpilz-Allergenen kann es zu einer Bildung von spezifischen IgE-Antikörpern kommen. Diesen Vorgang nennt man Sensibilisierung.

Eine Sensibilisierung an sich stellt noch keine Erkrankung dar. Erst bei erneutem Kontakt mit dem Antigen kann es zu Reaktionen im Körper kommen, die zu den typischen Krankheitserscheinungen mit Symptomen wie Schnupfen, Niesen, geröteten Augen, Hautausschlag etc. führen können.

Die Neigung, mit allergischen Reaktionen vom Soforttyp (Typ-I-Allergie) auf den Kontakt mit ansonsten harmlosen Substanzen aus der Umwelt zu reagieren, wird **Atopie** genannt. Atopie bezeichnet eine erbliche Überempfindlichkeitsreaktion des Körpers mit einer krankhaft erhöhten Bildung von IgE-Antikörpern.

Infobox 2: Sensibilisierung

## 2.2 Reizende, toxische und geruchliche Wirkungen

Bei In-vivo- und In-vitro-Untersuchungen mit Bioaerosolen aus feuchten Gebäuden wurden auch Entzündungsreaktionen sowie toxische, immunsuppressive und immunmodulatorische Wirkungen beobachtet.

Reizende und toxische Wirkungen von Schimmelpilzen wurden bisher vor allem an produktionstechnisch belasteten Arbeitsplätzen mit sehr hohen Schimmelpilzsporenkonzentrationen nachgewiesen.



**Das Ausmaß und die Bedeutung reizender, toxischer oder geruchlicher Wirkungen bei Schimmelbefall in Innenräumen ist nicht hinreichend bekannt.**

Die Substanzen, von denen vermutet wird, dass sie zu unspezifischen gesundheitlichen Wirkungen von Schimmelpilzen und Bakterien im Innenraum beitragen können, werden routinemäßig bei Schimmelbefall nicht erfasst, da für Innenräume keine standardisierten Methoden und keine Bewertungsmaßstäbe vorliegen.

Schimmel in Innenräumen kann zu unspezifischen Reizungen der Schleimhäute der Augen (z.B. Brennen, Tränen), der Nase (Niesreiz, Schnupfen und verstopfte Nase) und des Rachens (z.B. Trockenheitsgefühl, Räuspern) führen. Sie sind insbesondere als mögliche Folge einer mehrwöchigen Exposition gegenüber mittleren Schimmelpilzkonzentrationen ( $> 10^3$  Sporen/m<sup>3</sup>) am Arbeitsplatz bekannt. Aber auch in nicht exponierten Innenräumen wurden solche Symptome in bevölkerungsbezogenen Studien im Zusammenhang mit erhöhten Konzentrationen von Schimmelpilzen in Innenräumen beschrieben. Es wird vermutet, dass sowohl Bakterienbestandteile (z.B. Endotoxine) als auch Schimmelpilzbestandteile (z.B. 1,3- $\beta$ -D-Glucan) sowie unterschiedliche, von Schimmelpilzen produzierte Stoffe, evtl. auch durch synergistische Wirkungen, Schleimhautreizungen auslösen können.

Die Substanzen, von denen vermutet wird, dass sie zu unspezifischen gesundheitlichen Wirkungen bei Schimmelbefall beitragen können wie Endotoxine, Mykotoxine, MVOC und PAMP (siehe Infobox 3) werden bei Schimmelbefall nicht routinemäßig erfasst, da keine standardisierten Methoden und keine Bewertungsmaßstäbe vorliegen. Vorsorglich sollte bei der Auswahl geeigneter Sanierungsmaßnahmen (siehe Kapitel 6) aber berücksichtigt werden, dass bei Schimmelbefall solche kleinen, sehr mobilen Partikel bzw. Substanzen auftreten können und entfernt werden.

Es muss auch berücksichtigt werden, dass das Aufwachsen in einer völlig keimfreien Umwelt gesundheitlich nicht unbedenklich ist. Die Hygiene-Hypothese beschreibt, dass der Verlust des ursprünglichen Pathogen-Umfeldes des Menschen, bedingt durch einen zunehmend urbanen Lebensstil, mit bestimmten gesundheitlichen Risiken verbunden ist (z.B. Von Mutius 2001, Yazdanbakhsh et al. 2002). Statistische Daten aus Österreich (Poteser et al. 2018) decken sich mit der Hygiene-Hypothese. Folgt man dieser Hypothese, dann deuten die Befunde darauf hin, dass die ländliche Bevölkerung Österreichs, vermutlich wegen deren Exposition gegenüber bestimmten mikrobiellen Strukturen, etwas günstigere Umweltbedingungen vorfindet.

### **Wichtige bei Schimmelbefall als Bioaerosol auftretende Substanzen (routinemäßig nicht untersucht)**

#### **Endotoxine (Bestandteile der Zellwand von gramnegativen Bakterien)**

Sie können in hohen Konzentrationen verschiedene toxische Wirkungen verursachen, die sich am häufigsten als Entzündungsreaktion auf die Bindehäute, die Haut, seltener auf die Schleimhaut der Nase, der oberen Atemwege, noch seltener auf die tiefen Atemwege auswirken.

#### **1,3-β-D-Glucan (Bestandteil der Zellwand von Pilzen)**

Vergleichbar mit den aus gramnegativen Bakterien freigesetzten Endotoxinen besteht eine entzündungsfördernde Wirkung. Die Substanz wurde bei Untersuchungen in Bürogebäuden mit mangelhafter Innenraumluftqualität mit dem Auftreten von Schleimhautreizung und Müdigkeit in Zusammenhang gebracht.

#### **Mykotoxine (Stoffwechselprodukte von Schimmelpilzen)**

Die bisher in Innenräumen gemessenen Konzentrationen an Mykotoxinen sind so niedrig, dass sie keine akuten toxischen Wirkungen auslösen. Es existieren jedoch Hinweise auf immunmodulatorische Wirkungen sowie synergistische Wirkungen mit anderen biogenen Substanzen. Über die gesundheitliche Wirkung bei langfristiger Exposition gibt es bislang keine Erkenntnisse.

#### **MVOC (aus dem Englischen: Microbial Volatile Organic Compounds)**

MVOC sind Gemische flüchtiger organischer Verbindungen, z.B. Alkohole, Terpene, Ketone, Ester und Aldehyde, die von Schimmelpilzen oder Bakterien gebildet werden. Sie verursachen den charakteristischen Schimmelgeruch. Die Geruchswahrnehmungsschwellen einiger MVOC sind sehr niedrig (ng/m<sup>3</sup>-Bereich) und können zu Belästigungsreaktionen führen. Akute gesundheitliche Wirkungen der MVOC bei Schimmelbefall sind aufgrund der geringen Konzentrationen nicht zu erwarten. Über die gesundheitliche Wirkung bei langfristiger Exposition gibt es bislang keine Erkenntnisse.

#### **Pathogen-assoziierte molekulare Muster (PAMP = Pathogen Associated Molecular Patterns)**

PAMP sind charakteristische Struktur motive bzw. Moleküle von Mikroorganismen oder Viren, die vom angeborenen Immunsystem erkannt werden können. Bei Schimmelpilzen werden insbesondere bestimmte Zellwandbestandteile (z.B. β-Glukane, Phospholipomannane) als PAMP erkannt. Sie lösen Immunantworten aus, die zu reizenden oder entzündlichen

Reaktionen führen können. Es wird vermutet, dass solche Reaktionen zu den unspezifischen Krankheitssymptomen bei Exposition gegenüber Schimmel beitragen können. Hierzu besteht Forschungsbedarf.

Infobox 3: Wichtige bei Schimmelbefall als Bioaerosol auftretende Substanzen

## 2.3 Infektionen

**Infektionen durch Schimmelpilze** (Schimmelpilz-Mykosen) oder Aktinobakterien kommen **sehr selten** und fast nur bei besonders empfänglichen, stark immungeschwächten Patienten vor.

Stark immungeschwächte Patienten, die ambulant behandelt werden, sollten von ihrem behandelnden Arzt unbedingt über die Risiken einer Infektion durch Schimmelpilze und Aktinobakterien aufgeklärt werden.

Infektionen durch Schimmelpilze (Schimmelpilz-Mykosen) kommen in Innenräumen nur sehr selten und wenn, dann nur bei stark immungeschwächten Patienten vor. Mykosen werden in der Regel nur durch wenige Schimmelpilzarten (z.B. Pilzarten der Gattung *Aspergillus*) hervorgerufen. Am häufigsten tritt die durch *Aspergillus fumigatus* hervorgerufene Aspergillose auf. Infektionsstellen sind die Haut, die Nasennebenhöhlen, die Ohren und die Lunge. Am häufigsten wird die Lunge in Form einer pulmonalen Mykose befallen. Wie Schimmelpilze können auch Aktinobakterien Infektionen hervorrufen.

Neben seltenen Fällen von älteren Patienten mit einer höheren Anfälligkeit für Atemwegsinfektionen sind fast ausschließlich stark immungeschwächte Personengruppen (z.B. Krebspatienten nach Chemotherapie und Transplantationspatienten) betroffen. Um hier präventiv tätig zu sein, sollten stark immungeschwächte Patienten, die ambulant behandelt werden, von ihrem behandelnden Arzt unbedingt über die Risiken einer Infektion durch Schimmelpilze und Aktinobakterien aufgeklärt werden. Solche Patienten sollten nach Entlassung aus der Klinik im häuslichen Umfeld Räume mit Schimmelbefall und andere Schimmelpilzquellen wie Biomüll oder Zimmerpflanzen meiden. Darüber hinaus wird immunsupprimierten Patienten generell empfohlen, Räume mit Feuchteschäden oder Kellerräume aufgrund einer möglichen Schimmelbelastung zu meiden.

3

# Ursachen für Schimmelbefall in Gebäuden



Schimmelpilze und andere Mikroorganismen, die bei Schimmelbefall auftreten, benötigen zum Wachstum vor allem Feuchte (siehe Kapitel 1.2.3). Erhöhte Feuchte kann durch Baumängel, Wasserschäden oder durch die Raumnutzer verursacht werden. Im Folgenden wird auf diese Ursachen näher eingegangen. Es werden die Ursachen für Feuchteschäden beschrieben, die zu Schimmelbefall führen können (siehe Kapitel 3.1). Danach wird auf Feuchteschäden infolge unsachgemäßer Sanierung eingegangen (siehe Kapitel 3.2). Eine rasche Ermittlung der Befallsursachen ergibt sich durch Anwendung des „Ursachenbaumes“ (siehe Anhang 3).

Normative Hinweise zur Schimmelproblematik in Gebäuden findet man in aktuellen Regelwerken zum Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau. Umfassende, speziell auf die Schimmelproblematik ausgerichtete Normen gibt es derzeit für den baulichen Bereich in Österreich noch nicht, mehrere Normen gehen allerdings auf Schimmelgefährdung ein (bspw. ÖNORM B 8110). In Anhang 4 findet sich eine Zusammenstellung aktueller Normen, insbesondere für die Schimmelanalytik.

### 3.1 Bauliche, nutzungsbedingte und sonstige Einflussgrößen

Grundsätzlich ist zu unterscheiden zwischen:

- baulichen Einflussgrößen wie unzureichende oder unsachgemäße Wärmedämmung, Wärmebrücken, schlechte Feuchtepufferung von Materialien, schadhafte wasserdurchlässige Stellen in der Gebäudehülle und sonstige Leckagen, Neubaufeuchte, Sommerkondensation, mangelnde Lüftungsmöglichkeit sowie aufsteigende bzw. seitlich eindringende Feuchte durch eine unzureichende Abdichtung gegenüber dem Erdreich;
- nutzungsbedingten Einflussgrößen wie unzureichendes oder unsachgemäßes Heizen und Lüften sowie unzureichende Abfuhr feuchter Luft und
- sonstigen Einflussgrößen wie Wassereintritt durch Havarien oder Hochwasser.

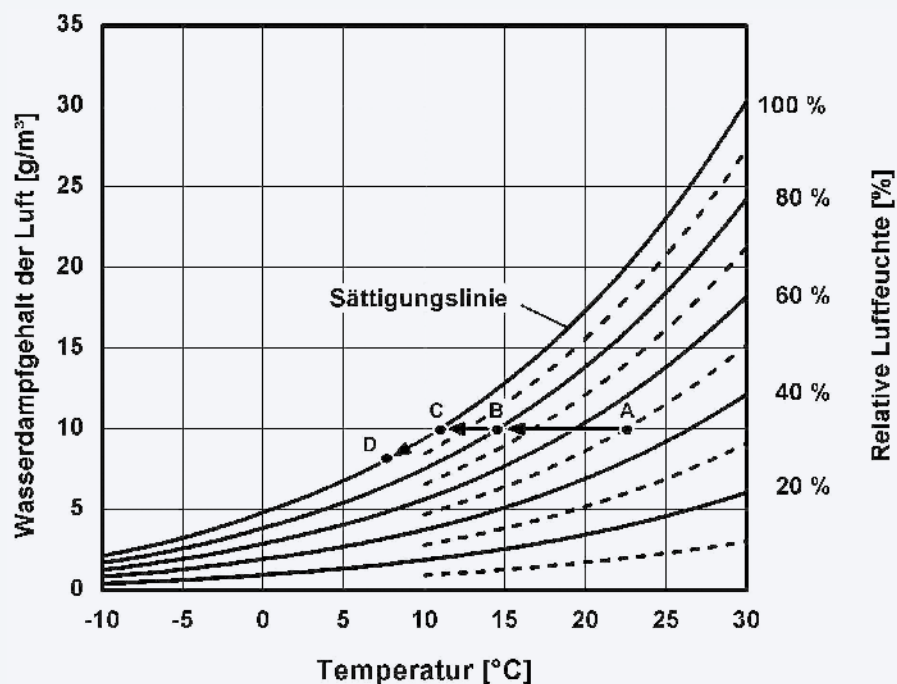
Feuchteschäden sind oft auch auf eine ungünstige Kombination unterschiedlicher Einflussgrößen zurückzuführen.

Eine Grundvoraussetzung zum Verständnis der ablaufenden Mechanismen ist die Kenntnis des Zusammenhangs zwischen der Oberflächentemperatur und der Oberflächenfeuchte in Abhängigkeit von raumluftklimatischen Bedingungen (siehe Infobox 4). Anhand des Zustandsdiagramms von Luft lassen sich die an einer kühlen Wand ablaufenden Vorgänge genauer erläutern.

Ein typisches Beispiel ist in Infobox 4 dargestellt. Die Luft in einem Raum mit beispielsweise 22 °C und einem Wassergehalt von 10 g/m<sup>3</sup> weist eine relative Luftfeuchte

von 50 % auf (Punkt A). Liegt die Oberflächentemperatur der Innenwand ebenfalls bei 22 °C, werden auch dort 50 % relative Luftfeuchte vorliegen. Gerade im Winter wird aber aufgrund der niedrigen Außenlufttemperaturen die innenseitige Oberflächentemperatur der Außenwände niedriger sein (für dieses Beispiel sei eine Oberflächentemperatur von 14,5 °C angenommen), wogegen durch die Raumheizung die Raumlufttemperatur auf 22 °C konstant gehalten wird. In Wandoberflächennähe ist der absolute Wassergehalt der Raumluft weiterhin der Gleiche wie in Raummitte (in diesem Beispiel also 10 g/m<sup>3</sup>). Die Raumluft kühlt jedoch bei Annäherung an die Wand ab. Das bedeutet: Bei Annäherung an die Wand ändert sich der Zustand der Luft, wie im Bild dargestellt, parallel zur Abszisse bis zum Punkt B. In Wandnähe liegt somit eine höhere relative Luftfeuchte von 80 % vor, was ein Schimmelwachstum begünstigt. Eine weitere Abkühlung der Wandinnenoberfläche würde unter diesen Bedingungen ein weiteres Abkühlen der Luft und damit das Erreichen des Taupunktes (bei ca. 11 °C; Punkt C) bedeuten. Bei Unterschreitung dieser 11 °C läuft der Zustand der Luft entlang der Sättigungslinie (bis hin zu Punkt D). Es entsteht Wasserdampfkondensation an der kühlen Oberfläche.

#### Zustandsdiagramm von Luft



Die Grafik zeigt die relative Raumluftfeuchte (in %) in Abhängigkeit von der Raumlufttemperatur (x-Achse) und vom Wasserdampfgehalt der Luft (y-Achse). Grafik nach Willis Haviland Carrier.

Infobox 4: Zustandsdiagramm von Luft

Zur Beurteilung der Ursachen von Feuchteschäden und Schimmelbefall ist die Erfassung der Raumklimasituation durch fachgerechte Bestimmung der Oberflächentemperatur und der Oberflächenfeuchte sehr wichtig (siehe Infobox 5).

### **Erfassung der Raumklimasituation**

Für die Einschätzung eines möglichen Risikos für Schimmelbefall ist die Oberflächentemperatur und -feuchte entscheidend.

Wird die Oberflächentemperatur an den Wänden gemessen, sollte dies möglichst an verschiedenen Stellen und ggf. zu unterschiedlichen Zeiten erfolgen. Die genaueste Messung erfolgt mittels einer kalibrierten Infrarot-Thermografiekamera. Eine einmalige Messung gibt nur unter bestimmten Bedingungen (signifikanter Temperaturunterschied innen/außen) einen Hinweis auf eventuell vorhandene Wärmebrücken. Messungen über längere Zeit liefern aussagekräftigere Ergebnisse. Diese sollten Fachleuten vorbehalten bleiben, die über das nötige Equipment und die Erfahrung bei der Bewertung verfügen. Zusatzinformationen können aus der Kenntnis des Aufbaus der Konstruktion des Gebäudes (thermohygommetrische Berechnungen) gewonnen werden.

Die Oberflächenfeuchte an Innenseiten von Außenwänden aufgrund von hygrothermischen Effekten wird in der Regel nicht durch Feuchtemessungen bestimmt, sondern rechnerisch aus der ermittelten Raumluftfeuchte und den gemessenen Raumluft- und Oberflächentemperaturen ermittelt.

Der Raumnutzer kann die Temperatur sowie die relative Luftfeuchte im Raum und in kritischen Bereichen wie in Ecken und in unmittelbarer Nähe der Außenwände leicht selbst überprüfen. Zur Eigenkontrolle, ob die Raumtemperatur ausreichend ist und genügend gelüftet wurde, eignen sich einfache elektronische Thermo-Hygrometer, die u.a. in Baumärkten günstig erhältlich sind. Allerdings erlauben die damit gemessenen Werte nur eine grobe Einschätzung.

Für die Messung der Ausgleichsfeuchte von Materialien wird auf das WTA-Merkblatt „Messung des Wassergehalts bzw. der Feuchte von mineralischen Baustoffen“ (WTA Merkblatt 4-11-16/D) verwiesen.

Infobox 5: Erfassung der Raumklimasituation

### 3.1.1 Unzureichende Wärmedämmung

Unzureichende Wärmedämmung führt dazu, dass bei niedrigen Außentemperaturen die Innenraumseite der Außenwände auskühlt und sich dort aufgrund des Anstieges der relativen Raumluftheuchte erhöhte Oberflächenfeuchte bilden kann. Das Auftreten von Schimmelwachstum an der Innenseite von Außenwänden und -decken hängt von deren Oberflächentemperatur und -feuchte ab. Diese wiederum werden beeinflusst vom Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) der Außenwand, von Ecken und Kanten (Wärmebrücken, siehe auch Kapitel 3.1.2.) und dem Wärmeübergangswiderstand (R<sub>si</sub>-Wert) an der Innenseite der Außenwand (siehe auch Kapitel 3.1.3) sowie von der Raumlufttemperatur und -feuchte. Der U-Wert charakterisiert das Dämmniveau eines Bauteiles der Außenhülle, z.B. der Außenwand. Ein hoher U-Wert bedeutet einen hohen Wärmedurchgang und damit eine schlechte Dämmung. Unter stationären Bedingungen – in der Praxis nur näherungsweise erreichbar – kann die Oberflächentemperatur wie folgt berechnet werden:

$$\Theta_{si} = \Theta_i - U R_{si} (\Theta_i - \Theta_e)$$

$\Theta_{si}$ [°C]	Oberflächentemperatur innen
$\Theta_i$ [°C]	Raumlufttemperatur
$\Theta_e$ [°C]	Außenlufttemperatur
U [W/(m <sup>2</sup> K)]*	Wärmedurchgangskoeffizient
R <sub>si</sub> [(m <sup>2</sup> K)/W]*	Wärmeübergangswiderstand innen

\* W = Watt, K = Kelvin

Die Wärmedämmung darf nicht mit der Wärmespeicherung verwechselt werden. Schwere Wandbaustoffe (Massivbauwände) können durch ihr höheres Wärmespeichervermögen Temperaturschwankungen besser ausgleichen als leichte Baukonstruktionen und damit auch für eine bessere Pufferung der Raumlufttemperatur sorgen. Dies hat jedoch nur geringen Einfluss auf eine etwaige Schimmelbildung (siehe Kapitel 3.1.7). Überdies ist in Massivbauten der sommerliche Wärmeschutz besser umsetzbar (Vermeidung übermäßiger Raumaufheizung). Für die Vermeidung von Schimmel ist jedoch nicht die Wärmespeicherung, sondern die Wärmedämmung der Außenhülle sowie ausreichendes Lüften und Heizen entscheidend.

### 3.1.2 Wärmebrücken

Jede Konstruktion besteht aus einer Vielzahl an unterschiedlichen Baustoffen, aus deren Kombination und Anordnung ein funktionsfähiges Bauwerk entstehen soll. Bei nichtsachgemäßer Verwendung dieser Materialien können sich verschiedenste Bauschäden einstellen. Wärmebrücken sind örtlich begrenzte Störungen in flächigen Bauteilen mit Bereichen unterschiedlichster Temperaturen. Diese Störungen bewirken



eine Abweichung der Isothermen (Linien gleicher Temperatur) vom oberflächenparallelen Verlauf im ungestörten Bauteil und höhere oder auch niedrigere Wärmestromdichte, die nicht senkrecht zu den Oberflächen verlaufen. Die Folgen von Wärmebrücken bedingen in der kühlen Jahreszeit – neben Heizenergieverlusten – eine geringere raumseitige Oberflächentemperatur der betroffenen Bauteile, eine Erhöhung der Oberflächenfeuchte und damit ein erhöhtes Risiko für Kondensation und Schimmelbefall entlang der Wand.

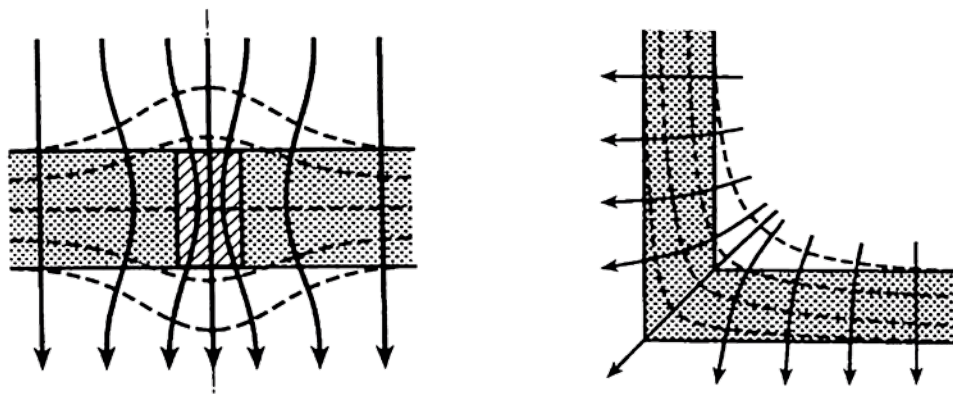


Abbildung 13: Schematische Darstellung zweier Wärmebrücken mit Angabe der Wärmeströme (Adiabaten; durchgezogene Linien) und Isothermen (gestrichelte Linien). Wärmebrücken zeichnen sich physikalisch durch verstärkten Wärmefluss mit Verdichtung der Adiabaten und Wölbung der Isothermen aus (Quelle: K. Gertis, Fraunhofer Institut für Bauphysik).

Prinzipiell können vier Grundtypen von Wärmebrücken unterschieden werden, die Störungen in das Wärme- und Temperaturverhalten flächiger Bauteile bringen. Es können auch Kombinationen zwischen den Gruppen auftreten. Für das Schimmelrisiko ist immer die geringste Oberflächentemperatur d.h. in der Regel die Temperatur in der Ecke und damit die höchste relative Luftfeuchtigkeit maßgeblich.

#### Folgende Grundtypen von Wärmebrücken treten auf:

- geometrisch bedingte Wärmebrücken
- materialbedingte Wärmebrücken
- massenstrombedingte Wärmebrücken
- umgebungsbedingte Wärmebrücken

Die Oberflächentemperatur lässt sich über den Temperaturfaktor  $f_{Rsi}$  bestimmen. Die Definition des Temperaturfaktors laut ÖNORM EN ISO 13788 lautet:

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$

$f_{Rsi}$ -Faktoren können für jede Wärmebrücke im Raum berechnet werden. Der minimale Temperaturfaktor  $f_{Rsi,min}$  für einen Raum bestimmt die minimale Oberflächentemperatur bei gegebener Raum- und Außentemperatur. Daher entsteht an dieser Stelle auch die höchste relative Oberflächenfeuchte. Die Oberflächenfeuchte wird jedoch

nicht nur vom Temperaturfaktor, sondern auch noch maßgeblich von der relativen Innenraumluftfeuchte bestimmt. Das Risiko für den Schimmelbefall ergibt sich aus der relativen Oberflächenfeuchte, Oberflächentemperatur und Dauer des Zustandes (siehe Kapitel 1.2.3).

#### **Geometrisch bedingte Wärmebrücken**

Entstehen durch eine Veränderung des Verhältnisses von Wärme aufnehmender zu Wärme abgebender Oberfläche. Sie treten vor allem bei einer Änderung der Gestalt oder der Abmessungen des Bauteils bzw. durch die Verbindung gleicher Bauteile unter Einschließung einer Kante oder Ecke auf. Bei Kühlrippen an luftgekühlten Motoren ist dieser Wärmebrückeneffekt erwünscht.

#### **Materialbedingte Wärmebrücken**

Entstehen durch einen Wechsel der wärmetechnischen Leiteigenschaften innerhalb einer oder mehrerer Bauteilschichten. Sie kommen häufig bei zusätzlichen Traggliedern hoher Festigkeit mit höherer Wärmeleitfähigkeit und bei Verbindungsmitteln, die Bauteile oder einige ihrer Schichten durchdringen, vor.

#### **Massestrombedingte Wärmebrücken**

Entstehen durch einen Materialtransport mit Energieübertrag wie z.B. bei Luftundichtheiten oder Durchführungen von Wasserleitungen durch Bauteile.

#### **Umgebungsbedingte Wärmebrücken**

Entstehen durch örtlich unterschiedliche Oberflächentemperaturen oder Energieangebot wie z.B. bei Heizkörpern vor Außenwänden.

Rauminnenecken von Außenbauteilen bilden aufgrund ihrer geometrischen Ausrichtung immer geometrische Wärmebrücken. Der Wärme aufnehmenden Fläche auf der Innenseite steht eine geometrisch größere Wärme abgebende Außenfläche gegenüber, so dass in der Ecke mehr Wärme abgeführt wird als auf der Regelfläche. Es ist gleichzeitig ein höherer innerer Wärmeübergangswiderstand vorhanden. Er kann vereinfacht mit dem dreifachen Wert angenommen werden. Noch kritischer ist der Temperaturabfall im Eckpunkt Wand/Wand/Ecke, wenn sich über oder unter dem Raum ein unbeheizter Raum oder ein Außenbereich befindet.

Aus bauphysikalischer Sicht sind Dämmungen an den Außen- wie auch an den Innenseiten eines Bauteils möglich, um die Wärmebrücken zu beseitigen. Sollten Maßnahmen zur Wärmedämmung der Eckbereiche notwendig werden, wäre es besser, diese Maßnahme an der Außenseite des gesamten Gebäudes auszuführen und die Dimensionierung der Wärmedämmung an den Erfordernissen des Eckbereiches zu orientieren. Bei derartigen Bemessungen hat größte Sorgfalt zu herrschen, da die Europäischen Normen keine eindeutigen Werte für diese Wärmeübergangswiderstände angeben. Es ist daher ratsam,

mit mehreren Werten eine Variantenberechnung durchzuführen oder durchgängig die ungünstigsten Werte anzusetzen, bzw. Werte aus konkreten Messungen zu verwenden.

Der Nachteil einer Innendämmung, das Auskühlen des massiven Bauteils, macht diese Dämmweise auch in einem anderen Zusammenhang problematisch. In die Außenwände einbindende Innenbauteile kühlen stärker aus als ohne Innendämmung der Außenwand. In diesem Fall wirkt der einbindende Innenbauteil als Wärmebrücke. Bei innen hoch gedämmten Außenwänden ist die Dämmung daher ebenfalls an den Innenbauteilen bis zu einer Tiefe von mindestens 1 m anzubringen, oder die Innenbauteile sind thermisch von den Außenbauteilen zu trennen. Eine thermische Trennung würde jedoch den Verlust der aussteifenden Wirkung der Querwände zufolge haben und darf nur bei Trenn- und Scheidewänden, die nicht zur Aussteifung des Gebäudes herangezogen werden, erfolgen. Eine Innendämmung ist immer für den jeweiligen Fall zu planen.

Die Wärmedämmung ist lückenlos an den Außenwänden anzubringen. Dabei sind Fensterlaibungen und Wandvorsprünge mitzudämmen. An ungedämmten Laibungen oder Pfeilern besteht sowohl bei Außendämmung als auch bei Innendämmung erhöhte Gefahr der Tauwasserbildung. Im Bereich von Übergängen zwischen Stahlbetonbauteilen und dämmendem Mauerwerk ist darauf zu achten, dass zusätzliche Dämmschichten auf dem Stahlbeton genügend weit in das Mauerwerk überlappen, da anderenfalls ein seitlicher Wärmeabfluss entsteht. Die beschriebenen Bereiche liegen vor allem beim Übergang vom Keller in das Erdgeschoß, bei Geschoßdecken und integrierten Betonstützen, aber auch in Leichtbauwänden (Bereiche mit Holzbalken oder Stahlträgern) vor.

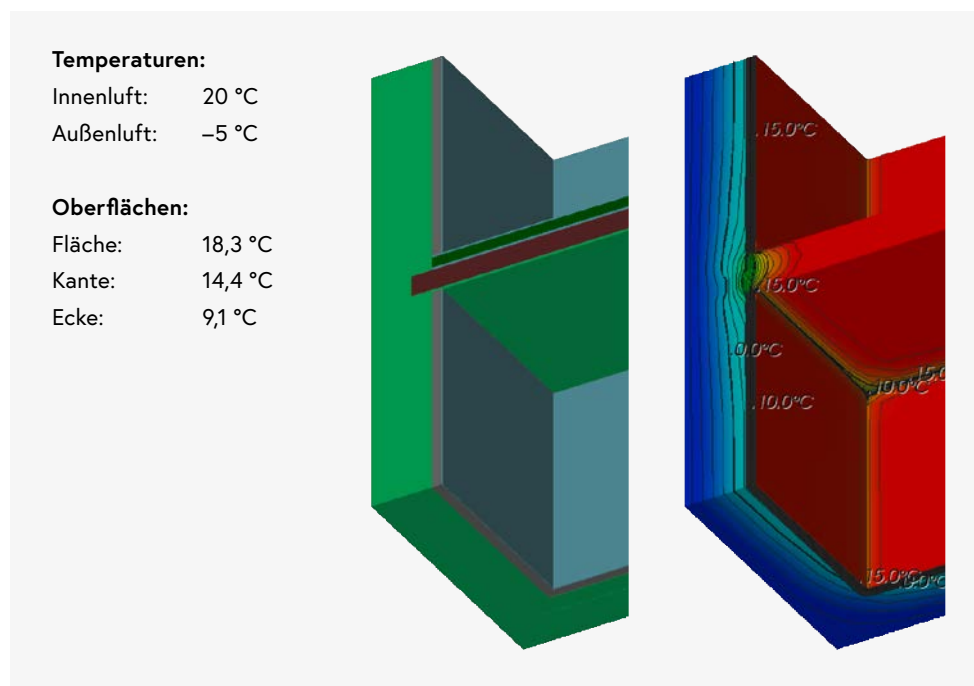


Abbildung 14: Beispiel einer geometrisch bedingten Wärmebrücke: Vollziegelmauerwerk mit 100 mm Innendämmung. (Quelle: C. Häusler, Pfaffstätten)

### 3.1.3 Erhöhte Wärmeübergangswiderstände

Durch die Behinderung der freien Luftströmung (Konvektion) in Gebäudeecken wird ein erhöhter Wärmeübergangswiderstand erzeugt. Die warme Raumluft erreicht die Ecken des Raumes nur unzureichend. Gerade bei Außenwändecken führt dies neben der Wärmebrückenwirkung zu einer zusätzlichen Absenkung der Oberflächentemperatur und damit Erhöhung der Oberflächenfeuchte entlang der Wandecke. Aus diesem Grund wird Schimmelwachstum besonders häufig an Außenwändecken beobachtet. Möbel, Vorhänge und dergleichen stellen kaum einen Widerstand für die Raumluftfeuchte dar, d.h. die Raumluftfeuchte dringt bis hinter die Möbel an die Wände. Gleichzeitig gelangt aber die Wärme im Raum – durch verringerten konvektiven und strahlungsbedingten Wärmeübergang – nur unzureichend hinter die Möbel und Vorhänge, diese verursachen also erhöhte Wärmeübergangswiderstände. Durch die Kombination beider Effekte wird entlang von Wandbereichen mit Möbeln die relative Luftfeuchte an der Wand zusätzlich erhöht (siehe Abbildung 15). Dies kann zu Schimmelbefall führen.

Möbel, Vorhänge und sonstiges Inventar vor Außenwänden erhöhen den Wärmeübergangswiderstand und sollten mit ausreichendem Abstand von der Wand entfernt aufgestellt bzw. angebracht werden, damit die warme Raumluft ungehindert auch hinter diese Einrichtungsgegenstände strömen kann und damit zum einen die Wand erwärmt und zum anderen Feuchte von der Wandoberfläche mit dem Luftstrom abführt. In kühleren Bauteilbereichen kann auch eine Heizverteilung im Sockelbereich für eine lokale Zufuhr von Heizwärme sinnvoll sein (siehe ÖNORM B 8110-2 Beiblatt 4). Hilfreich ist es auch, Möbelstücke auf Füße zu stellen, damit eine verbesserte Hinterlüftung erreicht wird.

Bei gut gedämmten Gebäuden moderner Bauart (bspw. Niedrigenergie- und Passivhäusern) ist die Anordnung von Möbeln an Außenwänden in der Regel (bei ausreichender Wohnraumlüftung) weniger problematisch.

Die zusätzlichen Wärmeübergangswiderstände sind vor allem bei Altbauten problematisch. Abbildung 15 zeigt eine zusammenfassende Darstellung der Auswirkungen eines erhöhten Wärmeübergangswiderstands (z.B. durch vor der Wand stehende Möbel), hoher Wärmedurchgangskoeffizienten (oberer Bildteil) und von Wärmebrücken (Außenecken) auf die Wandtemperatur und die relative Feuchte an der Oberfläche (Oberflächenfeuchte) der Innenraumseite der Außenwände.

Während an der unmöblierten Außenwand bei einer Oberflächentemperatur von 15 °C nur 70 % Oberflächenfeuchte auftritt, kommt es hinter einem Schrank an der Außenwand durch die verringerte Temperatur von 11 °C bereits zu 89 % Oberflächenfeuchte und in

der Außenecke bei 6 °C zu Tauwasserausfall. Bei gut gedämmten Bauwerken ist eine Möblierung an der Außenwand/-Ecke unkritisch (siehe Abbildung 15 unten), solange nicht zusätzlich beispielsweise durch unzureichende Lüftung erhöhte Innenraumluftfeuchte entsteht. Bei 20 °C Raumlufttemperatur und 50 % relativer Raumluftfeuchte tritt selbst in der Außenecke hinter dem Schrank nur eine Oberflächenfeuchte von 73 % auf (grüne Zahlen). Eine erhöhte Raumluftfeuchte von 60 % führt aber dort bereits zu einer Oberflächenfeuchte von 88 %, Schimmelbefall ist möglich (rote Zahlen). Abbildung 15 stellt die theoretisch errechneten Werte unter stationären Bedingungen dar. In der Praxis treffen diese Vorgaben praktisch niemals exakt zu.

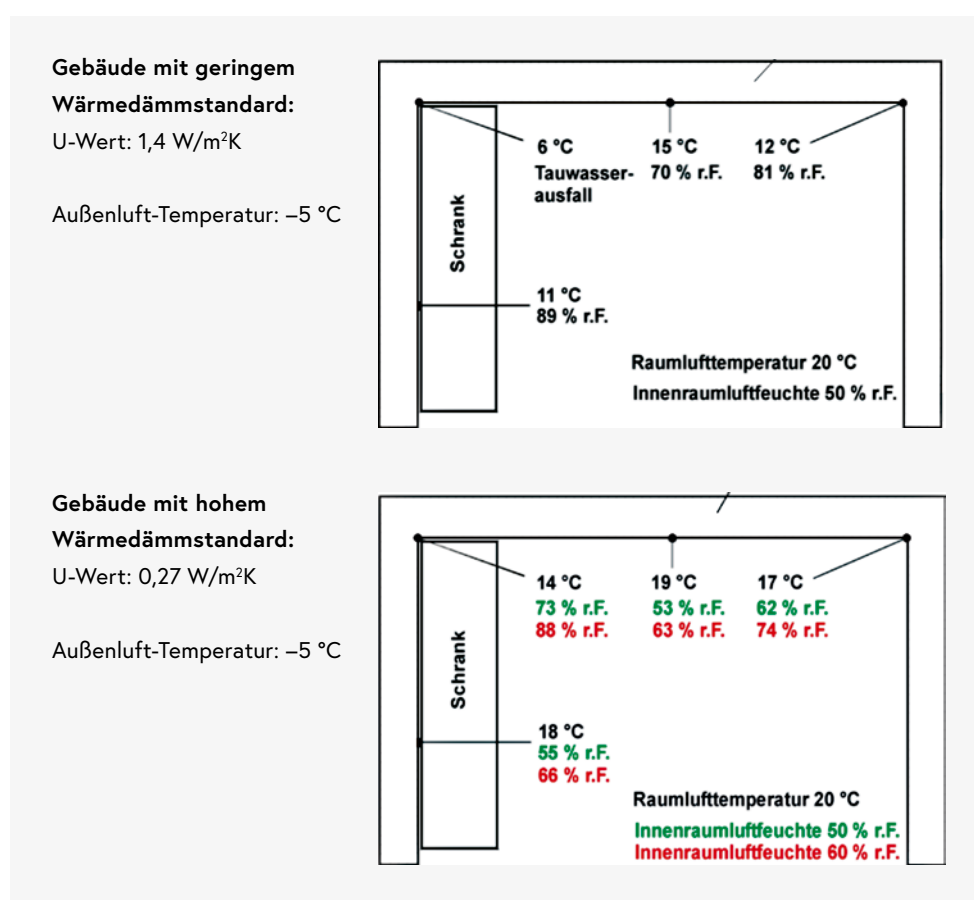


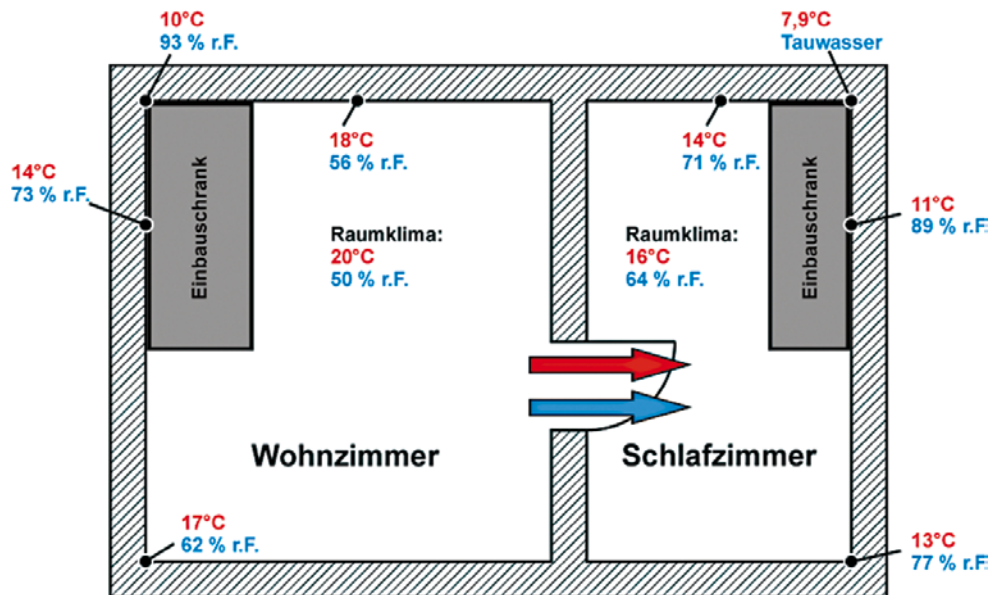
Abbildung 15:  
 Zusammenfassende Darstellung der Auswirkungen des Wärmeübergangswiderstandes.  
 (Quelle: Fraunhofer Institut für Bauphysik, Holzkirchen)

### 3.1.4 Unzureichende oder unsachgemäße Beheizung

Heizen bewirkt eine Erhöhung der Raumlufttemperatur und damit bei gleichem absolutem Wassergehalt der Luft eine Verringerung der relativen Luftfeuchte. Außerdem wird durch eine Beheizung des Raumes auch die Oberflächentemperatur der Innenwände erhöht. Beide Effekte tragen somit zu einer Vermeidung von Schimmelwachstum bei. Werden einzelne Räume wenig oder gar nicht beheizt wie Schlafzimmer, Gästezimmer oder Abstellräume, erhöht sich dort die Gefahr von Schimmelwachstum. Die abgesenkte Innenraumlufttemperatur sorgt dann nicht nur für eine erhöhte relative Raumluftfeuchte, sondern auch für niedrigere Oberflächentemperaturen (siehe Abbildung 16). Im

Schlafzimmer wird durch Atmen und Schwitzen (Transpiration) Feuchte freigesetzt. Dadurch erhöhen sich die Luftfeuchte und damit bei kühlen Wänden die Möglichkeit der Wasserdampfkondensation weiter. Gerade Schlafzimmer werden oft zu wenig oder falsch belüftet (zum sachgerechten Heizen und Lüften siehe Ausführungen und Infoboxen 9 und 11 in Kapitel 4).

Abbildung 16: Darstellung der Auswirkung von Außenecken (Wärmebrücken) und Möblierungen auf die Wandtemperatur und die relative Feuchte (r.F.) an der Oberfläche der Innenwand eines im Luftaustausch mit der restlichen Wohnung stehenden, gering beheizten Schlafzimmers bei einer relativen Raumluftfeuchte von 50 % in Raummitte des Wohnzimmers. (Quelle: Fraunhofer Institut für Bauphysik, Holzkirchen)



Außenluft-Temperatur:  $-5^{\circ}\text{C}$   
 U-Wert:  $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$

### 3.1.5 Erhöhte Feuchteproduktion im Innenraum

Die hohe Feuchteproduktion durch Kochen, Waschen etc. führt zu höherer absoluter Luftfeuchte im Innenraum und damit auch zu höherer Oberflächenfeuchte. Tabelle 7 gibt einen Überblick über die bei verschiedenen Tätigkeiten und Ausstattungen in Innenräumen anfallenden Feuchtemengen. Dabei handelt es sich um Erfahrungswerte; im Einzelfall können die Feuchtemengen deutlich nach oben und nach unten abweichen. Für einen durchschnittlichen 3-Personen-Haushalt summiert sich die von den Raumnutzern produzierte in die Luft übertretende Feuchtemenge auf etwa 6 bis 12 Liter am Tag (siehe Abbildung 17).

Besonders in Innenräumen mit hoher relativer Luftfeuchte (vgl. Abbildung 18) sollen in der kalten Jahreszeit zusätzliche Feuchtequellen wie das Trocknen von Wäsche, viele Zimmerpflanzen oder ein Zimmerbrunnen vermieden werden.

Bei erhöhter Feuchtemenge im Innenraum muss die relative Luftfeuchte durch vermehrtes Lüften und ggf. Heizen verringert werden (siehe Hinweise in Kapitel 4).

Feuchtequelle	Feuchteabgabe pro Stunde oder Tag bzw. pro m <sup>2</sup> und Stunde
Mensch, leichte Aktivität	30–40 g/h
trocknende Wäsche (4,5 kg Trommel):	
• geschleudert	50–200 g/h
• tropfnass	100–500 g/h
Kochen/Duschen pro Person	270 g/d
Zimmerpflanzen	1–5 g/h *
Wasseroberfläche:	
• offenes Aquarium	ca. 40 g/m <sup>2</sup> /h **
• abgedecktes Aquarium	ca. 2 g/m <sup>2</sup> /h

\* Kann nach Anzahl und Art der Zimmerpflanzen auch deutlich darüber liegen

\*\* Gramm pro Quadratmeter und Stunde, je nach Umgebungsbedingungen

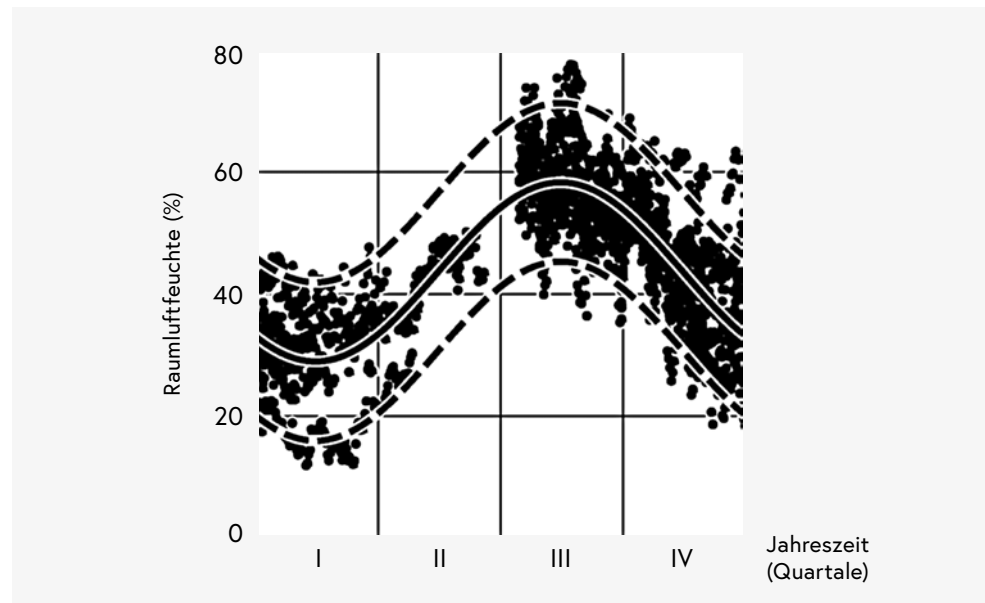
Tabelle 7: Zusammenstellung der Feuchteabgabe durch Aktivitäten der Raumnutzer oder durch Einrichtungsgegenstände in Räumen bei einer Raumlufttemperatur von 20 °C. (Quelle: Fraunhofer Institut für Bauphysik, Holzkirchen, verändert)



Abbildung 17: Feuchtequellen in Wohnungen (Quelle: Fraunhofer Institut für Bauphysik, Holzkirchen, verändert).

Die im Jahresverlauf in Gebäuden üblichen Raumlufffeuchtwerte sind in Abbildung 18 dargestellt. Die Daten wurden für normal genutzte, nicht von Schimmel befallene Räume ermittelt. Es zeigt sich ein typischer Jahresverlauf mit niedriger Raumlufffeuchte im Winter und höherer Raumlufffeuchte im Sommer. Zur Vermeidung von Schimmelbefall sollte vor allem in unzureichend gedämmten Gebäuden im Winter die Raumlufffeuchte dauerhaft die angegebenen üblichen Werte nicht überschreiten. Lang andauernde Kälteperioden wie bspw. in alpinen Regionen können zu sehr trockener Raumluff führen (unter 20 %). Auch in Räumen mit hohem Luftwechsel und fehlenden Feuchtequellen wie Büroräumen mit raumlufftechnischer Anlage, in denen nicht gekocht, geduscht und geschlafen wird, trocknet die Raumluff im Winter stark aus. Wird in solchen Fällen ein Luftbefeuchter in Betrieb genommen, sollte mit einem Hygrometer kontrolliert werden, dass die relative Luftfeuchte keine zu hohen Werte erreicht (siehe Abbildung 18), da sonst die Gefahr für Schimmelwachstum zunimmt. Luftbefeuchter sollen regelmäßig gereinigt werden.

Abbildung 18: Typischer Jahresgang der relativen Raumlufffeuchte in Gebäuden in Deutschland. Die durchgezogene Linie ist eine an die Messpunkte angepasste Sinuskurve. Die strichlierten Linien stellen die Streubreite der Messpunkte dar: zwischen diesen beiden Linien liegen 90 % der Messpunkte. (Quelle: Fraunhofer Institut für Bauphysik, Holzkirchen).



### 3.1.6 Unzureichendes oder unsachgemäßes Lüften

Eine ausführliche Beschreibung zum Thema Lüften enthält das Kapitel 4.

Lüften stellt das wirksamste Mittel dar,  
um Feuchte aus Innenräumen zu entfernen.

Die Effektivität der Lüftung wurde lange Zeit durch die Luftwechselzahl ausgedrückt. Sie gibt an, welches Luftvolumen, bezogen auf das Raumvolumen pro Stunde ausgetauscht



und durch Außenluft ersetzt wird. Für die Berechnung des Luftaustausches insbesondere bei Lüftungstechnischen Einrichtungen werden heute anstatt der Luftwechselzahl nutzer- und flächenbezogene Außenluftvolumenströme herangezogen. Vor allem bei geringen Temperaturen im Winter weist die Außenluft auch bei hoher relativer Luftfeuchte (z.B. bei Regen) nur geringe absolute Feuchte auf (siehe Tabelle 8). Wird z.B. bei  $-10\text{ °C}$  Außentemperatur gelüftet und die kalte Außenluft erwärmt sich im Innenraum auf  $20\text{ °C}$ , verringert sich durch die Erwärmung die relative Feuchte der Außenluft von ursprünglich  $80\%$  auf nur noch  $9\%$ . Damit steht sehr viel Kapazität zur Aufnahme von der in Innenraummaterialien gespeicherten Feuchte zur Verfügung, die an die nun trockene Raumluft abgegeben und beim nächsten Lüftungsvorgang nach außen transportiert wird. In der Praxis werden Luftfeuchtegehalte unter  $20\%$  relative Feuchte im Innenraum jedoch nur selten erreicht, da feuchtepuffernde Materialien Feuchte an die Raumluft abgeben (Feuchtepufferung durch Desorption).

Außenluft- temperatur [°C]	Relative Feuchte außen [%]	Absolute Feuchte [g/m <sup>3</sup> ]	Theoretische rel. Innenluftfeuchte bei $20\text{ °C}$ [%]
-10	80	1,7	9
0		3,9	21
10		7,5	42
20		13,5	80

Tabelle 8: Theoretische relative Luftfeuchte im Innenraum bei Erwärmung von Außenluft mit  $80\%$  relativer Luftfeuchte und unterschiedlicher Ausgangstemperatur auf  $20\text{ °C}$  Innenraumtemperatur (ohne Berücksichtigung der Feuchtepufferung).

Immer wieder hört man die These, dass Wände „atmen“ und dadurch ein Luftaustausch stattfindet. Das ist jedoch physikalisch nicht möglich, es sei denn die Wände weisen (meist bauphysikalisch problematische) Undichtheiten und Risse auf.

Einen Luftaustausch vom Innenraum nach außen über baulich intakte Wände gibt es nicht. Auch die durch Dampfdiffusion durch die Wände transportierte Feuchtemenge ist im Vergleich zu der durch Lüftung abtransportierten Menge vernachlässigbar. Die Dampfdichtheit des Wandaufbaus übt daher nur minimalen Einfluss auf die Raumluftfeuchte und -qualität aus. Der in diesem Zusammenhang gern verwendete Begriff der „atmenden“ Wände ist lediglich in Verbindung mit der Feuchtepufferung (siehe Kapitel 3.1.7) zu sehen, nicht aber als bauliche Unterstützung beim Luftaustausch.

### 3.1.7 Geringe Feuchtepufferung der Baumaterialien

Durch die Nutzung von Innenräumen werden über den Tag verteilt unterschiedliche Feuchtemengen freigesetzt. Ein Teil dieser Feuchte wird von den Baumaterialien in den Räumen aufgenommen, gespeichert und wieder abgegeben. Dies bezeichnet man als Feuchtepufferung oder Feuchtereulation. Bei einer Erhöhung der relativen Luftfeuchte nimmt das Material Umgebungsfeuchte auf (Adsorption) und transportiert sie teilweise durch Diffusion in tiefer liegende trockenere Bauteilbereiche. Bei einer Verringerung der Umgebungsfeuchte wird Feuchte aus dem Inneren des Baumaterials wieder an die umgebende Luft abgegeben (Desorption). Da sich im Innenraum die Bedingungen ständig verändern, ändern sich auch Feuchtereulation und Temperatur des Materials. Wie schnell ein Material Feuchte aufnehmen oder abgeben kann, hängt in erster Linie von den Materialeigenschaften Sorptionsfähigkeit und Diffusionswiderstand ab. Die Pufferwirkung der Bauteile beschränkt sich meist auf eine Tiefe von wenigen Millimetern der raumseitigen Materialien. Auch die Möblierung (unbeschichtete Holzmöbel, Polstermöbel) hat einen Einfluss auf den Raumluftheuchteverlauf. Die Feuchtepufferung der Baumaterialien verringert, abhängig von dem Puffervermögen des Materials, die täglichen Luftfeuchteschwankungen (siehe auch Infobox 6).

Die feuchtepuffernde Wirkung all dieser Materialien zusammen führt zu einer Verringerung der Raumluftheuchteschwankungen, was die empfundene Behaglichkeit des Raumklimas erhöht. Inwiefern dies auch Einfluss auf das Schimmelrisiko ausübt, lässt sich daraus nicht unmittelbar ableiten. Werden durch die sorptive Wirkung der Wände Feuchtespitzen gepuffert, die ohne Pufferung zu Kondensation oder zu einer erhöhten Oberflächenfeuchte geführt hätten, kann dies das Schimmelrisiko reduzieren. Durch die Sorptionseigenschaften des Wandmaterials werden jedoch lediglich Feuchtespitzen ausgeglichen, der mittlere Feuchtegehalt der Luft bleibt weitgehend unverändert und kann nur durch aktives Lüften verringert werden (siehe Kapitel 4).

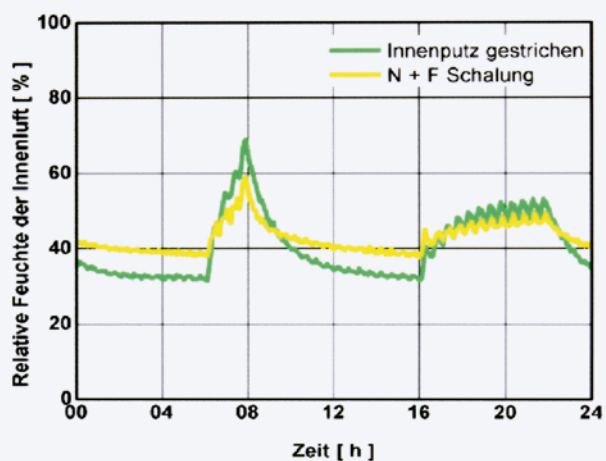
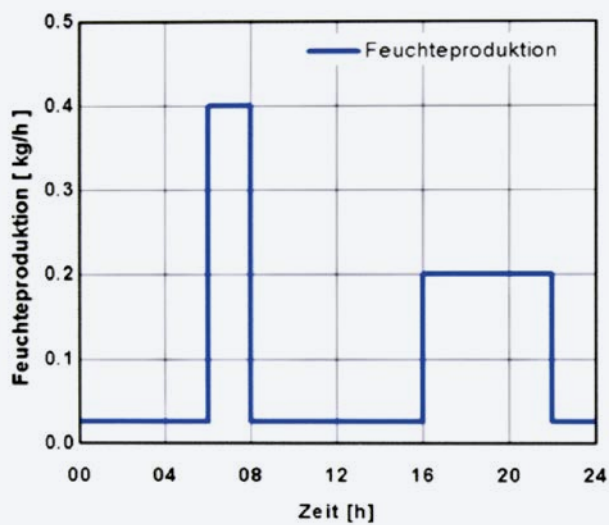
#### Beispiel für Feuchtepufferung

Den Effekt der Feuchtepufferung kann man messtechnisch untersuchen, indem in einem definierten Raum mit unterschiedlichen Wandbeschichtungen die typische tägliche Feuchtelast eingebracht wird (Bild oben) und die relative Raumluftheuchte ermittelt wird (Bild unten).

Im Untersuchungsbeispiel wurde die Feuchteproduktion einer Familie mit zwei Erwachsenen und zwei Kindern in einer 65 m<sup>2</sup> großen Wohnung simuliert. Man erkennt, dass zwischen 6 Uhr und 8 Uhr eine besonders hohe Feuchteproduktion durch Kochen und Duschen stattfindet und abends zwischen 18 Uhr und 22 Uhr erneut. Die ab diesem Zeitpunkt erhöhte Feuchtelast entsteht erneut durch z.B. Waschen, Kochen und durch die

Feuchteproduktion der Bewohner. Man erkennt weiter, dass bei einer Pufferung der Holzverkleidung im gewählten Beispiel die relative Raumluftheuchte von ca. 60 % auf ca. 40 % abfällt, beim gestrichenen Putz sogar noch mehr, allerdings bei höherer Schwankungsbreite.

Abgesehen von diesen beiden Beispielen hängt im Einzelfall die Pufferwirkung maßgeblich von der Art und Struktur der Wandoberflächenmaterialien sowie von der Art des Anstriches (diffusionsoffen, kapillar offen, versiegelnd etc.) ab.



Tagesverlauf der Feuchteproduktion (oben) und daraus resultierende Feuchteveränderungen der Raumluftheuchte (unten) eines Raumes mit einem mit Wandfarbe beschichteten typischen Innenputz (grüne Linie) und eines Raumes mit Holzverkleidung (Nut und Feder, N + F Schalung, gelbe Linie). (Quelle: Fraunhofer Institut für Bauphysik, Holzkirchen)

### 3.1.8 Feuchte in der Baukonstruktion durch Leckagen und aufsteigende Feuchte

Feuchte kann von außen in die Baukonstruktion von Gebäuden eindringen. Durch Schlagregen kann Feuchte über die Außenwände in das Bauwerk gelangen, sofern dieses nicht ausreichend gegenüber Regenwassereintritt geschützt ist. Typische Bauschadensfälle, bei denen Wasser in das Gebäude gelangt, sind undichte Anschlussfugen beispielsweise bei Fensterlaibungen und -rahmen oder Undichtheiten im Dachbereich. Aufsteigende und seitlich eindringende Feuchte kann über unzureichend gegen das Erdreich abgedichtetes Mauerwerk und Fundamente erfolgen. Weiters können große Mengen an Wasser durch Leitungswasserschäden, undichte Heizungsrohre, geplatzte Schlauchverbindungen oder mangelhafte Abdichtung im Bereich von Armaturen z.B. in Duschen oder Wannen freigesetzt werden und in die Gebäudekonstruktion gelangen. Bei allen Feuchteschäden in der Baukonstruktion ist es erforderlich, die Ursachen des Feuchteintritts umgehend zu beseitigen und die betroffenen Gebäudebereiche unverzüglich zu trocknen, um das Entstehen von sichtbarem und verdecktem Schimmelbefall zu vermeiden (siehe Kapitel 6).



### 3.1.9 Baufeuchte

Baufeuchte stellt ein Problem dar, wenn neu errichtete Gebäude oder bestehende Gebäude nach größeren Umbauten zu früh nach Fertigstellung bezogen werden bzw. wenn nach der Fertigstellung nicht ausreichend gelüftet wird. Bauteile (allen voran Beton und Estriche, aber auch verputzte Wände und Decken) enthalten unmittelbar nach Errichtung oft noch große Mengen Wasser.

Diese Baufeuchte wirkt sich negativ auf die Wärmedämmeigenschaften und damit auf den Energieverbrauch aus. Wesentlicher ist aber der Einfluss auf die Raumluftfeuchte,

die durch die Baufeuchte über längere Zeit oft deutlich erhöht wird. Eine intensive Lüftung ist bei Neubauten oder größeren Umbauten wegen der erhöhten Baufeuchte, aber auch im Hinblick auf die möglicherweise von den Baumaterialien abgegebenen chemischen Substanzen sinnvoll. Bei Bezug eines noch baufeuchten Innenraumes sollte unbedingt eine längerfristige intensive Lüftung erfolgen. Je nach Bauausführung und Konstruktion kann die Trocknungsphase bis zu einigen Jahren dauern. Unterstützend kann auch verstärktes Heizen wirken.

### 3.1.10 Hochwasserschäden und Löschwasser

Die in Gewässernähe periodisch auftretenden Hochwässer führen oft zu massivem Feuchteanfall in Gebäuden durch Überschwemmungen. Die Frequenz und das Ausmaß von Hochwässern nehmen als Folge des Klimawandels und fehlender Rückhalteflächen in der Natur seit Jahren zu. Auch Löschwasser nach Bränden kann zu stark durchfeuchteten Bauteilen führen. Der Wassereintritt führt in der Folge oft nicht nur zu Schimmelwachstum, sondern auch zu einer mikrobiellen und chemischen Kontamination durch entsprechend verunreinigtes Wasser. Weitere Ausführung dazu siehe Kapitel 6.



### 3.1.1 Sommerkondensation

Ein bisher wenig untersuchtes und vielen Experten unbekanntes Phänomen ist im Sommer auftretender Schimmelbefall an Innenwänden von gut wärmeisolierten Gebäuden, die in Lagen situiert sind, die aufgrund von erhöhter Transpirations- bzw. Evaporationsrate der umgebenden Ökosysteme (Gewässer, Wald, Auen, Tallagen etc.) an sehr warmen Sommertagen (Außentemperaturen von zumindest 30 °C) von höherer Außenluftfeuchtigkeit geprägt sind. Gleichzeitig spielen auch die verminderte Durchlüftung und die Schattenwirkung im Bereich von vegetationsnahen Zonen (beispielsweise am Waldrand) eine Rolle.

Dabei treten jene Phänomene auf, die auch beim Lüften von Kellerräumen im Sommer von Relevanz sind. Warme Außenluft mit hohem absoluten Feuchtegehalt, die in Innenräume eintritt, kann an den relativ zur Außenluft kühleren Außenwänden zu Bedingungen führen ( $a_w$ -Wert  $\geq 0,8$ ), die Schimmelpilzwachstum ermöglichen. Es kann auch zu Taupunktunterschreitungen kommen. Bei längerem Perioden mit feucht-warmer Witterung kommt es mitunter zu umfangreichem Schimmelbefall an den raumumschließenden Flächen und (Einrichtungs-) Gegenständen. Dieser Effekt ist bei raschen Wetterveränderungen am Übergang von der kalten zur warmen Jahreszeit in sonst unkritischen Gebäuden sowie bei Kellerlüften in der warmen Jahreszeit zu beobachten. Sommerliches Dauer-Kipplüften an Hitzetagen fördert den Eintritt schwül-heißer Luft in die Innenräume.

Bei den dokumentierten Fällen handelt es sich durchwegs um Wohnungen bzw. Wohnungsteile, die im Erdgeschoß gelegen sind und vorwiegend Nordorientierung aufweisen, demnach von geringerer Sonneneinstrahlung geprägt sind. Betroffen sind häufig Wohngebäude jüngeren Errichtungsdatums, also Gebäude mit einem höheren Wärmeschutz (Warmedämmverbundsysteme), aber auch leerstehende Gebäude unter ungünstigen Randbedingungen (Schlacher und Ebner 2014).

## 3.2 Unsachgemäße energetische Modernisierung

Jede energetische Sanierung hat neben der beabsichtigten Reduzierung des Energiebedarfs immer auch Einfluss auf den Feuchtehaushalt der Raumluft und der Baumaterialien. Im Falle einer fachgerecht ausgeführten außenseitigen Wärmedämmung wird die Möglichkeit von Schimmelpilzwachstum durch die damit verbundenen höheren Temperaturen an der Innenseite der Außenwände und Reduktion von Wärmebrücken verringert. Ein alleiniger Austausch von Fenstern reicht meist nicht aus, um das Gebäude energetisch optimal zu verbessern und fördert das Auftreten von Feuchte- und Schimmelschäden (siehe Kapitel 3.2.1). Aufgrund von energetischer Modernisierung und damit einhergehender erhöhter Dichtigkeit ist eine Anpassung des Lüftungsverhaltens erforderlich.

Innendämmungen können, sachgerecht ausgeführt, die Oberflächentemperaturen der Wände erhöhen. Leider werden hierbei hin und wieder Fehler gemacht, die das Risiko für Schimmelwachstum sogar erhöhen (siehe Kapitel 3.2.2). Auch unsachgemäß ausgeführte Abdichtungen bei energieeffizient gebauten Gebäuden können Schimmelbefall begünstigen (vgl. Kapitel 3.2.3).

### 3.2.1 Einbau dichter Fenster in unzureichend gedämmten Altbauten

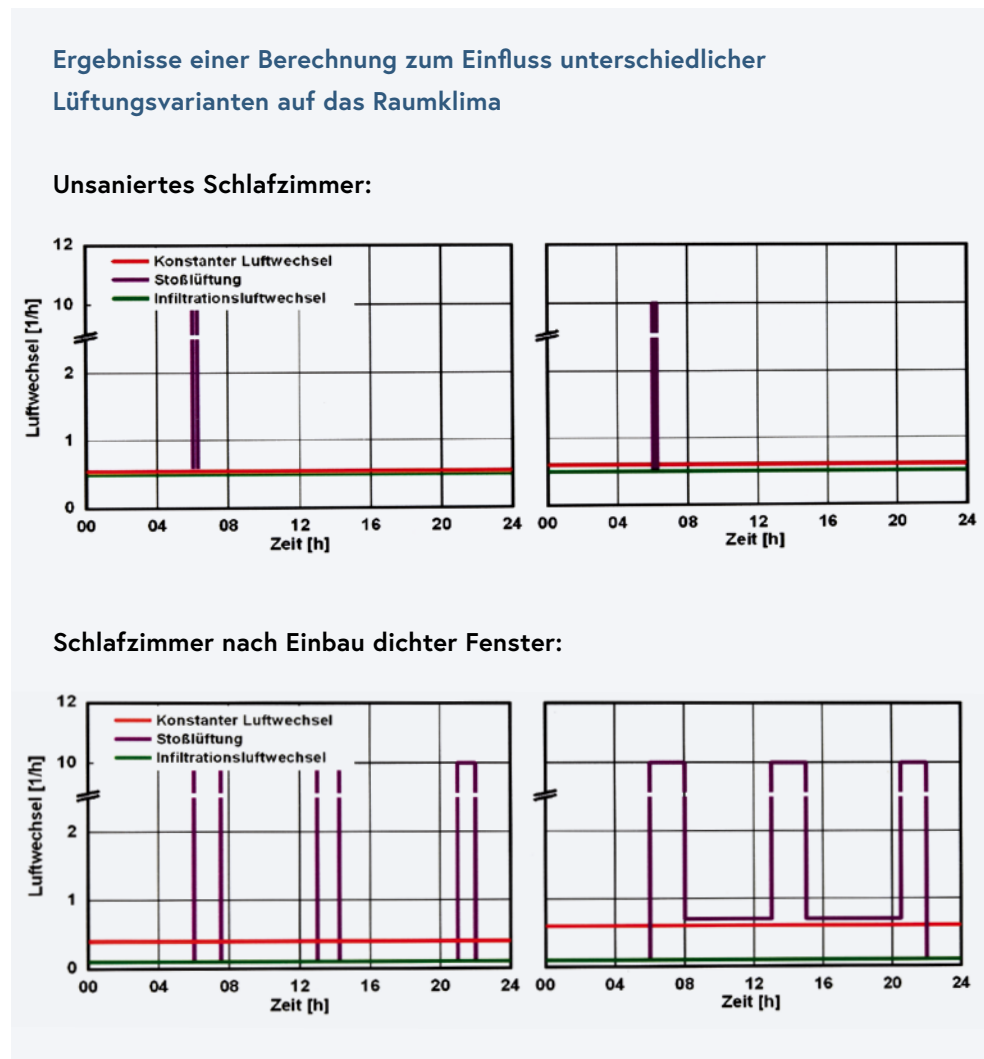
Unter „Altbau“ sind hier Gebäude zusammengefasst, die bis in die 60er- und 70er-Jahre des vorigen Jahrhunderts gebaut wurden sowie Gebäude mit späterer Errichtung, die aus heutiger Sicht dennoch unzureichenden Wärmeschutzstandard aufweisen. Durch undichte Fenster in nicht energetisch sanierten Altbauten findet über Fenster und Türen ein gewisser Luftaustausch (Infiltrations- und Exfiltrationsluftwechsel) auch ohne aktives Lüften statt. Dadurch wird bereits ein Teil der im Innenraum produzierten Feuchte nach außen transportiert. Durch den Einbau dicht schließender Fenster, wie es aufgrund von verschärften Wärmeschutzvorschriften üblich ist, fällt der Infiltrations- und Exfiltrationsluftwechsel weitgehend weg und es muss zum Abtransport der Feuchte mehr aktiv gelüftet werden. Problematisch sind dicht schließende Fenster insbesondere dann, wenn Wände und andere kritische Bauteile (z.B. Fensterlaibungen) nicht gleichzeitig wärmegeklämt werden und die Außenwände im Gebäude kalt bleiben. Dann kann es durch unzureichende Lüftung zu erhöhter Luftfeuchte im Innenraum kommen, die an den kühlen Wänden zu Erhöhung der Oberflächenfeuchte, Wasserdampfkondensation und Schimmelbefall führen kann. Aus diesem Grund wird beim Einbau neuer dichter Fenster die Erstellung eines Lüftungskonzeptes empfohlen. Technische Lüftungseinrichtungen können dabei den Feuchteabtransport unterstützen.

Mit Hilfe eines Berechnungsmodells (siehe <http://www.raumluft.org>) kann der Einfluss unterschiedlicher Lüftungsvarianten auf das Raumklima abgelesen und ein Lüftungskonzept erstellt werden.

Infobox 7 zeigt Berechnungen unterschiedlicher Lüftungsvarianten für sanierte und unsanierte Räume. Das Bild zeigt den zeitlichen Verlauf der zur Vermeidung von Schimmelwachstum resultierenden Lüftungserfordernisse für unsanierte Schlafzimmer einer Modellwohnung (oben) und für das Schlafzimmer nach dem Einbau dichter Fenster (unten). Dargestellt sind Anzahl und Dauer der notwendigen aktiven Stoßlüftungen (Fenster öffnen, in violett) oder als Alternative der notwendige konstante Luftwechsel (z.B. über Lüftungsanlagen oder Infiltration, in rot), bei denen/dem es auch an der ungünstigsten Stelle im Raum (Außenecken) nicht zu einem Schimmelwachstum kommt. In dieser Berechnung wird auch der Infiltrationsluftwechsel über Undichtigkeiten (grün) berücksichtigt, der bei nicht sanierten Altbau Fenstern hoch (in diesem Beispiel  $0,5 \text{ h}^{-1}$ ) und bei neuen, dichteren Fenstern sehr gering (in diesem Beispiel  $0,1 \text{ h}^{-1}$ ) ist. Bei der nicht sanierten Altbauwohnung (oben) ist aufgrund der hohen Infiltration (grüne Linie) durch

die undichten Fenster eine einzige Stoßlüftung morgens ausreichend. Der Einfluss der erhöhten Feuchtelast durch Wäschetrocknen auf die Lüftung ist zwar zu erkennen (Bild rechts), trotzdem kommt man ohne weitere Fensterlüftung aus. Bei Dauerlüftung (bspw. mit einem Abluftventilator) genügt ein geringer zusätzlicher Luftaustausch.

Ein ganz anderes Bild ergibt sich, wenn beim Altbau ohne zusätzliche Dämmmaßnahmen dichte Fenster eingesetzt werden. Die dann notwendige Frequenz für das Stoßlüften (Bild unten links) wird in der Praxis kaum noch erreicht. Das gilt erst recht, wenn zusätzlich Wäsche in der Wohnung getrocknet wird (Bild unten rechts). In solchen Fällen ist eine Lüftung über technische Lüftungseinrichtungen von Vorteil (rote Linie).



Infobox 7



### 3.2.2 Falsch ausgeführte Innendämmungen

Eine Innendämmung von Außenwänden entspricht mittlerweile einer technisch ausgereifte Methode, um den geringen Wärmedämmstandard von Außenwänden in alten Gebäuden rasch zu verbessern. Allerdings ist eine sachgerechte Planung und Ausführung wichtig, da Innendämmmaßnahmen ansonsten das Auftreten von Schimmelbefall sogar noch fördern können. Innendämmmaßnahmen sollten daher vorzugsweise von Fachfirmen durchgeführt werden.

Eine Innendämmung sind dann das Mittel der Wahl, wenn aus Gründen des Denkmalschutzes oder der Ästhetik die Außenfassade nicht verändert werden darf oder aufgrund baulicher Gegebenheiten (z.B. Feuermauer an Grundstücksgrenze) eine Außendämmung nicht möglich ist. Die Innendämmung darf keinesfalls dazu eingesetzt werden, feuchte Wände (z.B. durch aufsteigende oder seitlich eindringende Feuchte) zu kaschieren. Bei feuchten Außenwänden bewirken Vorsatzschalen – auch mit passiver Hinterlüftung – ein erhöhtes Risiko für Schimmelbefall. Vorsatzschalen sollten daher in feuchten Keller- und Souterrainräumen sowie generell bei feuchten Wänden nicht eingesetzt werden. Die Anbringung einer nachträglichen Innenwanddämmung birgt unterschiedliche Risiken und kann bei nicht fachgemäßem Einbau innerhalb von kurzer Zeit zu erheblichen Schäden am Bestandsgebäude führen (Abbildung 19). Typische Probleme sind Hinterströmung der Innendämmung mit (feuchter) Luft, Kondensation im Bauteilinneren durch Dampfdiffusion sowie Fehlstellen bei der Innendämmung (siehe Infobox 8). Deutlich besser geeignet sind diffusionsoffene, vollflächig verklebte Dämmstoffe oder der Einbau von Installationsebenen. Für das Anbringen einer Innendämmung sollten vor allem deswegen Fachleute zu Rate gezogen werden, da für den Laien die möglichen späteren Probleme meist nicht absehbar und nicht erkennbar sind.



Abb. 19: Schadensbild Innendämmung (Quelle: S. Betz, Sachverständigenbüro für Gebäude- und Innenraumanalytik, Hellertshausen)

Häufig kann auch im Bereich von Wanddurchbrüchen und Steckdosen Feuchte hinter die Dämmfassade gelangen. Wanddurchbrüche müssen daher besonders sorgfältig ausgeführt werden. Mit raumseitig vor der Innendämmung angeordneten Installationsebenen können Durchbruchstellen in der Dämmebene vermieden werden. Ein weiteres Problem kann durch Schlagregen entstehen, wobei die Feuchte durch die Außenwand bis zur Raumseite vordringt, dort wegen der Innenwanddämmung aber nicht abtrocknen kann. Die jahrhundertlang bewährte zusätzliche Verkleidung von Außenwänden auf der Wetterseite mit schlagregensicheren Materialien wie bspw. Schindeln kann auch bei der energetischen Altbausanierung mit Innendämmung eine sinnvolle Lösung zur Vermeidung dieser Probleme sein.

### Probleme bei Innendämmung vermeiden

#### **Hinterströmung der Innendämmung von an der Außenwand verklebten**

**Systeme:** Durch die Dämmmaßnahme kann die Temperatur hinter der Dämmung unter den Taupunkt der Raumluft sinken. Luft aus dem Wohnraum, die über Konvektion hinter die Dämmung gelangt, führt dann zu einer Feuchteerhöhung in diesem Bereich. Dämmstoffplatten sollen deshalb immer vollflächig an der Außenwand verklebt sein, um eine Befeuchtung durch Hinterströmung mit Innenraumluft zu vermeiden.

**Kondensation durch Dampfdiffusion:** Die Temperatur der Oberfläche hinter der Innendämmung sinkt bei steigendem Dämmwert zeitweise deutlich unter die Taupunkttemperatur der Innenluft. Aus diesem Grund eignen sich diffusionsoffene, aber kapillararme Standarddämmstoffe, wie z.B. Mineralwolle, als Innendämmung nur, sofern der Dämmwert dieser Innendämmung im Vergleich zum Dämmwert des dahinterliegenden Wandaufbaus gering ist oder raumseitig eine zusätzliche geeignete Dampfbremse oder Dampfsperre angebracht wird. Diffusionsoffene, aber kapillaraktive Dämmstoffe (z.B. Kalziumsilikatplatten, Mineralschaumplatten, Aufspritzzellulose) sind besser geeignet.

**Fehlstellen bei der Innendämmung:** Ausführungsfehler können dazu führen, dass am Bauwerk eventuell durch die Innenbeschichtung und die Dämmung ein durchgehender konvektionsoffener Spalt auftritt. Selbst bei korrekter Bauausführung ist aufgrund der Bewegungen im Mauerwerk oder Schrumpfungs- und Dehnvorgängen das Auftreten derartiger Fehlstellen nicht immer auszuschließen. Auch hierbei ist die Kapillaraktivität des Dämmstoffes von Vorteil. Ganz wesentlich ist bei einem Innendämmsystem mit Dampfbremse oder Dampfsperre, dass die Folie ordentlich verklebt und

nicht beschädigt wird (z.B. durch nachträglich angebrachte Steckdosen oder Dübellöcher in der Wand). Vermeidbar sind solche Beschädigungen durch Verwendung von speziell präparierten Hohlraumsteckdosen oder durch den Einbau von Installationsebenen.

**Einbindende Decken bzw. Innenwände:** Vor der Anbringung einer Innendämmung ist insbesondere zu prüfen, ob im Übergangsbereich der (bestehenden) Außenwand zur Decke Schimmelprobleme aufgetreten sind. Falls ja, sind die Ursachen zu klären und zu beseitigen, bevor die Innendämmmaßnahme erfolgt. Liegen nach der thermischen Sanierung eine Nutzungsänderung mit höherer Feuchtelast oder veränderte Lüftungsgegebenheiten (z.B. durch Einbau dichter Fenster) vor, muss zudem das zukünftige Schimmelrisiko neu bewertet werden.

**Fensterlaibungen:** Eine Innendämmung ohne Dämmung der Fensterlaibung führt zu einer Absenkung der Temperatur im Laibungsbereich. Hier sind die Anwendungsmöglichkeiten für eine Dämmung meist stark eingeschränkt, da im Falle der Beibehaltung der bestehenden Fenster im Bereich des Fensterstocks meist nur wenige Zentimeter zur Verfügung stehen. Dieser Bereich muss deshalb besonders beachtet werden und erfordert häufig gesonderte Dämm Lösungen mit gegebenenfalls anderem Dämmstoff mit einer geringeren Wärmeleitfähigkeit als bei der Innendämmung der Wandflächen.

Weitere Informationen zur Innendämmung finden sich in WTA-Merkblättern, siehe Anhang 4.

Infobox 8

### 3.2.3 Unsachgemäß ausgeführte Abdichtungen bei energieeffizient ausgeführten Gebäuden

Bei modernen Gebäuden sind die Luft-, Wind- und Dampfdichtheit wichtige Qualitätsmerkmale. In der kalten Jahreszeit liegt meist ein hohes Dampfdruckgefälle von innen nach außen vor. Hierdurch kommt es durch Wasserdampfdiffusion zu einem Feuchtetransport vom höheren zum niedrigen Potential (meist von innen nach außen). Bei Fehlern in der Dichtheitsebene kann vor allem bei Holzständerwänden und Leichtbaukonstruktionen feuchte Innenraumluft in die Konstruktion gelangen und dort zu massivem Schimmelbefall und zu Befall durch holzerstörende Pilze führen. Auf die fachgerechte Planung und Ausführung der Dichtheitsebene ist daher ganz besonderes Augenmerk zu legen.

## 3.3 Schimmel in Dachböden und Keller- bzw. Souterrainräumen

### 3.3.1 Dachböden

In nicht ausgebauten Dachböden (Nutzungsklasse III – zur Nutzungsklassendefinition siehe Kapitel 6.1) können die hölzerne Dachkonstruktion, Holzwerkstoffe, aber auch Dämmstoffe von Schimmel befallen sein. Vielfältige Ursachen dafür sind möglich. Diese umfassen zu hohe Feuchtigkeit in den eingebauten Materialien, Leckstellen der Luftdichtheitsschicht zu unterhalb des Daches liegenden Innenräumen und falsche Reihenfolge der beteiligten Gewerke, etwa durch mangelhafte Koordination. In der Praxis häufig auftretende Beispiele dafür sind offene bzw. nicht dichte Anschlüsse von Abluftleitungen aus Nassbereichen unterhalb des Dachbodens oder undichte Dachluken, wodurch in großen Mengen Feuchte in den Dachbodenraum gelangen kann.

### 3.3.2 Keller- und Souterrainräume

Feuchteschäden und Schimmel in Keller- und Souterrainräumen (Nutzungsklasse III – zur Nutzungsklassendefinition siehe Kapitel 6.1) können bspw. kapillar aufsteigende oder seitlich eintretende Feuchte, Kondensation durch hohe Luftfeuchte in Verbindung mit kühlen Kellerwänden oder Havarieschäden von Leitungen als Ursachen haben. Häufig besteht die irrierte Meinung, dass durch Lüften zu Beginn der wärmeren Jahreszeit eine Abfuhr von feuchter Kellerluft erfolgen kann. In Wirklichkeit ist das Gegenteil der Fall: durch das Lüften zur falschen Zeit, bspw. in Perioden mit höherer absoluter Außenluftfeuchte (Frühjahr und Sommer), steigt die Luftfeuchte in den Keller- und Souterrainräumen an und es kann zu Sommerkondensation (weitere Ausführungen siehe auch Kapitel 3.1.11) kommen. Werden im Keller diverse leicht durch Mikroorganismen besiedelbare Gegenstände wie Textilien, Papier oder Leder gelagert, erfolgt häufig massiver Befall auf diesen Gegenständen. In zunehmendem Maß werden bisher anderweitig genutzte Keller- und Souterrainräume auch für Wohnzwecke genutzt, ohne vorher eine fachgerechte Sanierung durchzuführen. Die Folge können massive Schimmelschäden sein.

Ein klassischer, da immer wieder auftretender Planungsfehler ist der Anschluss der kontrollierten Lüftungsanlage des Hauses an Kellerabteile – dies führt nahezu zwangsläufig zu Schimmelbefall. In gefährdeten Kellerräumen helfen spezielle Lüftungsmaßnahmen (siehe Kapitel 4.2).

### 3.3.3 Vorsatzschalen

Eine preisgünstige, aber oftmals unzureichende Möglichkeit, Wandoberflächen optisch ansprechend auszuführen, besteht darin, Vorsatzschalen (meist aus Gipswerkstoffen) in einem Abstand von einigen Zentimetern vor der originären Wand anzubringen. Diese als Sanierung verstandene Maßnahme ist vor allem im Souterrainbereich und bei ausgebauten Kellerräumen, in denen es aufgrund eintretender Feuchte zu Salzausblühungen und Putzschäden kam, gebräuchlich. Die Vorsatzschale wirkt wie eine Innendämmung mit Verschiebung des Taupunktes nach innen. Bei schlecht gedämmten Wänden oder bei aufsteigender bzw. horizontal eintretender Feuchtigkeit wird dadurch das Schimmelrisiko maßgeblich erhöht. Zur Verhinderung des Eintritts von Schimmelbestandteilen in die Raumluft müsste die Vorsatzschale fix und ohne Durchbrüche oder Fugen mit dem Fußboden und der Decke verbunden sein, was jedoch den Eintritt von Geruchsstoffen in den Innenraum nicht verhindert.

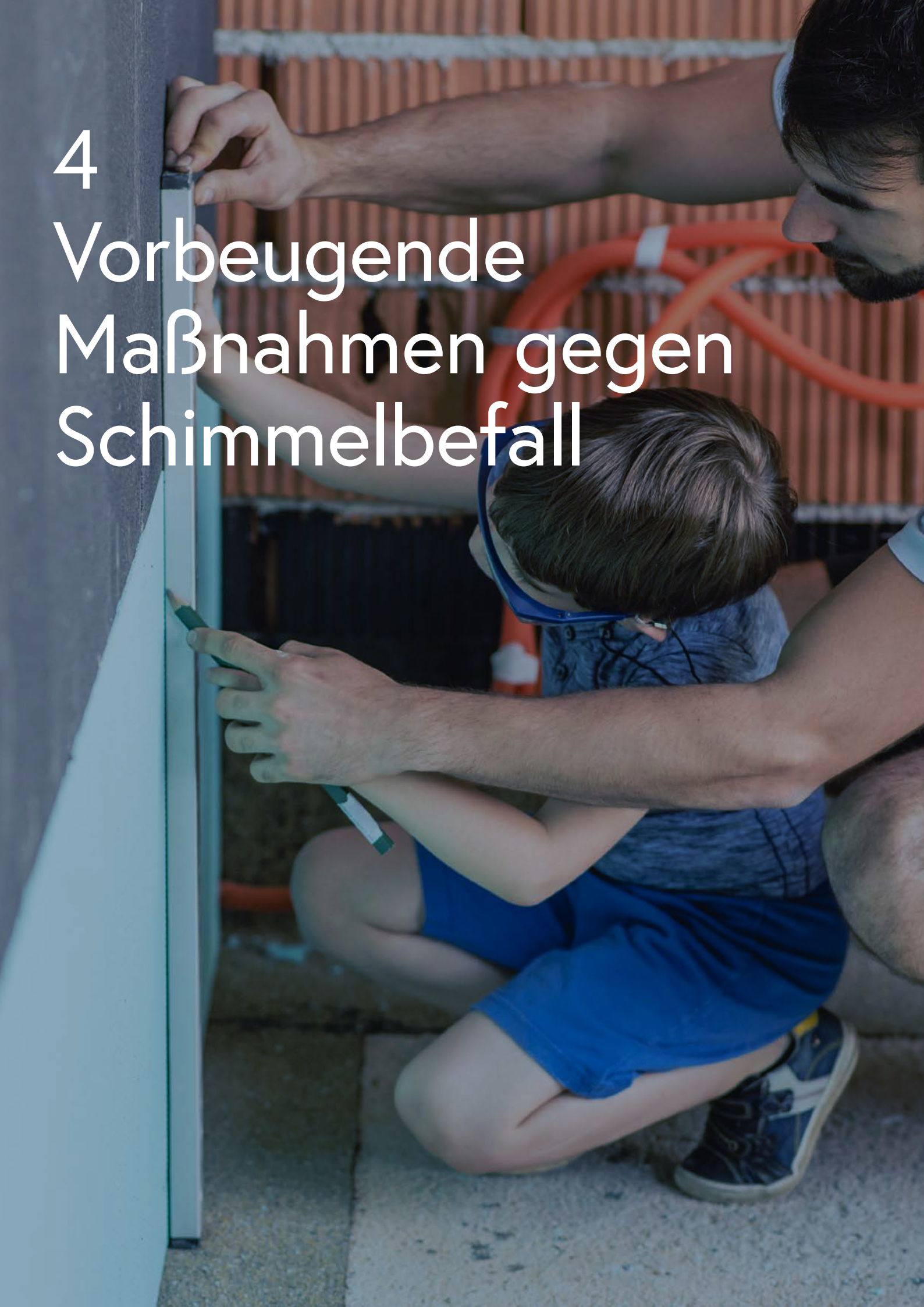
Wenn auch der Gipswerkstoff der Vorsatzschale feucht wird, kann im Laufe der Zeit auch an der raumseitigen Plattenoberfläche Befall auftreten. Häufig bleibt ein derartiger Schaden jedoch lange unentdeckt, mitunter macht er sich zuerst durch den charakteristischen Geruch nach mikrobiellem Befall (MVOC: muffig oder nach Schimmel) bemerkbar.

In den meisten Fällen werden im unteren und oberen Bereich der Vorsatzschale passive Lüftungsöffnungen angebracht, die für eine Durchlüftung des Bereiches hinter der Vorsatzschale sorgen sollen. Diese Lüftungsöffnungen können jedoch aufgrund des durch die Raumhöhe bedingten zu geringen Kamineffektes praktisch nie für einen relevanten Luftaustausch mit der Innenraumluft sorgen. Stattdessen führen sie bei Befall durch die lufttechnische Verbindung zwischen ursprünglicher Wand und Innenraum zu einem langfristigen, oft unbemerkten Eintritt von Schimmelbestandteilen und Gerüchen in die Raumluft. Nur eine aktive Entlüftung von Vorsatzschalen könnte den Eintritt von Schimmelbestandteilen und Gerüchen in die Innenraumluft vermeiden, diese Maßnahme ist sehr aufwendig, daher in der Praxis nicht gebräuchlich.

Nicht aktiv entlüftete **Vorsatzschalen** sollten in Keller- und Souterrainräumen sowie bei feuchten Wänden generell vermieden werden, da sich dahinter Schimmelbefall ausbilden kann. Auch ein Anbringen von einfachen Lüftungsöffnungen zum Bereich hinter den Vorsatzschalen ermöglicht keine ausreichende Feuchteabfuhr, sondern führt lediglich zu einem stärkeren Eintritt von mikrobiellen Bestandteilen und Geruchsstoffen in die Innenraumluft.

4

# Vorbeugende Maßnahmen gegen Schimmelbefall



**Schimmelbefall vorzubeugen bedeutet in erster Linie, Maßnahmen zu ergreifen, um erhöhte Feuchte (im Gebäude oder in der Innenraumluft) wirksam zu vermeiden oder zeitnah zu beseitigen.**

Viele häufig auftretende Schäden können durch Beachtung technischer und (bau-) physikalischer Aspekte (siehe Kapitel 4.1) sowie durch sachgerechte Nutzung mit ausreichendem Lüften (siehe Kapitel 4.2 und 4.3) und Heizen (siehe Kapitel 4.4) vermieden werden.

## **4.1 Vorbeugende bauliche Maßnahmen**

Die Grundvoraussetzung für die Vermeidung von Feuchteproblemen und Schimmelbefall in einem Gebäude ist die Errichtung des Gebäudes nach den geltenden bautechnischen Vorgaben (anerkannte Regeln der Technik, bautechnische Vorschriften der Länder). Dazu gehören insbesondere das Vermeiden von unzulässigen Wärmebrücken und Undichtheiten in der Gebäudehülle, die Abdichtung der erdberührten Bauteile, evtl. besondere bauliche Schutzmaßnahmen in Hochwassergebieten sowie Einhaltung der baulichen Vorgaben zur Nutzung (Lüftung, Lüftungssysteme, Heizungsanlagen). Für die Schimmelvermeidung sind im Einzelfall eventuell noch weitere Maßnahmen erforderlich. Es empfiehlt sich, die Gebäudehülle sowie wasserführende Installationen vor der Nutzung auf mögliche Undichtheiten mittels Dichtheitsprüfung zu untersuchen.

Ebenso ist der Wärmeschutz der Außenhülle insbesondere an Wärmebrücken zu beachten. So kann eine Überprüfung der Dämmung im ersten Winter mittels thermografischer Analyse des Innenraumes zeigen, wo eventuell wärmetechnische Schwachstellen vorliegen. Bei der Bauausführung ist insbesondere zu beachten, dass keine feuchten Baumaterialien eingebaut werden (siehe Kapitel 4.1.2) und vorhandene Baufeuchte ausreichend getrocknet und/oder abgelüftet werden muss (siehe Kapitel 4.1.1). Werden Bestandsgebäude saniert, dann sind zusätzliche Aspekte zu beachten (siehe Kapitel 4.1.3). Außerdem helfen regelmäßige Inspektionen bei Gebäuden, Problemen vorzubeugen (siehe Kapitel 4.1.4).

### **4.1.1 Vermeidung von Schimmelbefall durch Baufeuchte**

Bei der Errichtung von Neubauten, aber auch bei umfangreichen Sanierungen bestehender Gebäude werden Baumaterialien verwendet, die als wesentliche Komponente Wasser enthalten. So werden beispielsweise bei einem massiv errichteten Einfamilienhaus, bestehend aus gemauerten Wänden, Zementputz, Kellerwänden und Geschoßdecken aus Beton mehrere Tausend Liter Wasser eingesetzt, d.h. in das Gebäude „eingebaut“.

Ein Teil des Wassers muss über Trocknungsvorgänge sowie längerfristige intensive Gebäudelüftung nach außen transportiert werden (siehe auch Kapitel 3.1.9). Je nach Bauausführung und Konstruktion kann die endgültige Durchtrocknung bis zu einigen Jahren dauern.

Aus wirtschaftlichen Gründen besteht seit Jahren die Tendenz dazu, Gebäude zu allen Jahreszeiten so schnell wie möglich zu errichten und zu beziehen. In der Vergangenheit wurde darauf geachtet, dass Rohbauten über die Wintermonate trocknen konnten, bevor mit dem Innenausbau begonnen wurde. Da früher weniger Wasser verwendet wurde (Ziegelmauerwerk und Holzbalkendecken statt Beton), die Gebäude undichter waren und zudem durch Verwendung von teils offenen Feuerstätten ein stärkerer Luftaustausch gegeben war, fand im Allgemeinen eine rasche Trocknung statt. Die Trocknung von Häusern mittels Zentralheizung gestaltet sich, zudem sie mitunter noch (luft-)dicht ohne ausreichende Lüftungsmöglichkeit gebaut sind, deutlich schwieriger und zeitintensiver.

**Baufeuchte**, die vor allem bei monolithischer Bauweise und beim Gießen von Estrichen auftritt, **muss ausreichend ablüften**, bevor der Innenausbau erfolgt.

Durch frisch eingebrachten Estrich und Schüttungen werden vor allem Trockenbauwände und Vorsatzschalen mit Feuchtigkeit angereichert, sodass vor allem auf der Innenseite verdeckt Schimmelbefall entstehen kann. Auf einen entsprechenden Feuchteschutz und angepasste Lüftungsmaßnahmen ist zu achten.

Das vollständige Durchtrocknen der Bauteile kann bis zu einigen Jahren dauern (vgl. Kapitel 3.1.9).

Bei der Bauausführung sollte darauf geachtet werden, dass der Innenausbau erst erfolgt, wenn die Baufeuchte hinreichend abgeführt wurde. Insbesondere bei Winterbaustellen muss ein detaillierter Plan für die Lüftung und Beheizung während der Bauphase erstellt werden. Spezielle Probleme treten bei Estrichverlegearbeiten in Gebäuden mit Trockenbauwänden auf, hier kommt es häufig zu (teils verdecktem) Schimmelbefall an den Gipswerkstoffplatten. Auch beim Einbringen des Innenputzes und des Estrichs nach dem Einbau von Fenstern kommt es häufig zu Schimmelbefall. Neben Gipswerkstoffplatten sind häufig auch Holzbauteile im Dachbereich betroffen. Bei zu starker Lüftung kann es zu Fehlern bei der Estrichtrocknung kommen, bei zu geringer Lüftung besteht die Gefahr von Schimmelbefall. Im Zuge von Estrichverlegungsarbeiten sollte eine definierte Lüftung erfolgen. Beim Gießen von Estrichen und bspw. Polystyrolbeton-Schüttungen sind feuchteabweisende Trennlagen zu den Gipskartonplatten hin sinnvoll.





Abbildung 20: Schimmelschaden durch Neubaufeuchte (Quelle: S. Betz, Sachverständigenbüro für Gebäude- und Innenraumanalytik, Hellertshausen)

#### 4.1.2 Vermeidung von feuchten Baumaterialien

Baumaterialien sollen trocken gelagert und in trockenem Zustand eingebaut werden. Die Baupraxis zeigt immer wieder, dass Baumaterialien ungeschützt im Freien (und damit auch im Regen) gelagert und in diesem Zustand später eingebaut werden.

Besondere Sorgfalt ist auf die Bauausführung zu legen. So sollen an der Baustelle angelieferte **Materialien trocken gelagert und in trockenem Zustand eingebaut werden**. Besonders kritisch zu sehen sind die ungeschützte Lagerung und der feuchte Einbau von Dämmmaterialien sowie Trockenbauelementen und Holzwerkstoffplatten. Feucht eingebaute Materialien können später nur schwer abtrocknen und es kann in der Folge zu verdecktem Schimmelbefall kommen.

### **4.1.3 Vermeidung von Feuchte und Schimmel bei Umbaumaßnahmen**

Werden bisherige Nutzräume zu Wohnräumen umgewandelt oder für eine andere Nutzung umgerüstet, ist zu prüfen, inwieweit sich die bauphysikalischen Bedingungen dadurch ändern. Ein als Lager in einem Altbau genutzter und entsprechend errichteter Kellerraum oder Anbau kann zu erheblichen Problemen führen, wenn lediglich ein Innenausbau mit Wandverkleidungen und neuen Bodenbelägen durchgeführt wird, ohne die Dichtheit der Außenwände und der Bodenplatte gegen eindringende Feuchte zu prüfen und gegebenenfalls herzustellen. Darüber hinaus sind auch Schichtaufbauten aus bauphysikalischer Sicht zu prüfen. Räume im Altbau, bestehend aus einer Betonbodenplatte und gemauerten Wänden, „vertragen“ bei undichten Türen und Fenstern und dem damit verbundenen Luftwechsel problemlos das Eindringen geringer Mengen an Feuchte. Wird jedoch beispielsweise die ursprünglich nicht gestrichene oder mit Kalkputz beschichtete Ziegelwand mit Trockenbauteilen verkleidet und der Fußboden mit schwimmendem Estrich und relativ dichtem Belag versehen, dann kann die über das Erdreich in Wände und Bodenplatte eindringende Feuchte nicht mehr in gleichem Maße an die Raumluft abgegeben werden wie zuvor. Dadurch kann es zu einem Feuchtestau und daraus resultierendem mikrobiellen Befall der Gipskartonwände, des Wandputzes oder der Dämmung im Fußboden kommen.

Beim Anbau von Räumen oder Bauteilen, wie Treppen, ist genau darauf zu achten, dass der Schutz der Gebäudehülle gegen eindringendes Wasser (Schlagregen, drückendes Wasser) oder Erdfeuchte weiterhin gegeben ist. Insbesondere im Anschlussbereich zwischen alten und neuen Bauteilen entstehen oft Lücken in der Gebäudeabdichtung, die zu erheblichen Schäden führen können. Fatal ist die Problematik dann, wenn die Abdichtung nach dem Anbau nicht mehr ohne weiteres nachgebessert werden kann, z.B. wenn an ein bestehendes Gebäude eine Garage direkt angebaut und hierbei die Abdichtung der erdberührenden Bauteile beschädigt wird. Die Reparaturstelle würde in diesem Fall genau unter der Garage liegen und wäre von außen nicht mehr erreichbar, ohne die neue Garage wieder abzureißen. Aufgrund der Komplexität der bauphysikalischen Zusammenhänge und der verschiedenartigen möglichen Konstruktionen sollten bei derartigen Umbaumaßnahmen Fachplaner hinzugezogen werden.

### **4.1.4 Wärmedämmung und Abdichtung**

Über Dämm- und Dichtmaßnahmen gibt es viele Vorurteile und Halbwahrheiten. Die gängigsten sind: „Bei zu viel Dämmung entsteht Schimmel!“ und „Die Wände müssen atmen können!“. Immer wieder hört man, dass Wärmedämmung zu einem dichteren Gebäude führt. Diese Ansichten basieren jedoch auf unzureichendem Wissen, meist wird „Dichtigkeit eines Gebäudes“ mit „Wärmedämmung“ verwechselt und durcheinander gebracht. Bei modernen Gebäuden ist „Dichtigkeit“ ein wichtiges Qualitätsmerkmal. Bei Fehlern in der Dichtebene kann vor allem bei Holzständerwänden und Leichtbaukonstruktionen feuchte Innenraumluft in die Konstruktion gelangen und

dort zu einer Anfeuchtung der Bauteile führen, was massiven Schimmelbefall und Besiedelung durch Holz zerstörende Pilze zur Folge haben kann. Eine hohe Dichtigkeit des Gebäudes ist daher unbedingt erforderlich, um bauphysikalische Schwachstellen sowie Schimmel und Pilzbefall in der Konstruktion zu vermeiden.

Die Aussage, dass Wände „atmen“, bezieht sich meist auf die Wasserdampfdiffusion. Sie sorgt dafür, dass insbesondere in der kalten Jahreszeit ein Dampfdruckgefälle von innen nach außen entsteht. Wände können und sollten dagegen nicht im Sinne eines Luftdurchtrittes atmen, und wenn sie es tun, liegt ein veritabler Baumangel vor – der hygienisch notwendige Luftaustausch von Räumen erfolgt ohnehin nahezu ausschließlich über die Lüftung über Fenster, Türen oder mechanische Lüftungseinrichtungen, er sollte jedoch niemals über undichte Bauteile (dies gilt auch für Fensterdichtungen) erfolgen. Für die Vermeidung von Schimmel ist auch die Wärmedämmung der Außenhülle entscheidend. Grundsätzlich erhöht eine korrekt angebrachte Außendämmung die Wandinnentemperatur signifikant, senkt die relative Luftfeuchte an diesen Bauteilen und verhindert dadurch Schimmelbefall. Ist eine Außendämmung nicht möglich, kann eine Innendämmung erwogen werden, sie birgt allerdings mehr Risiken und kann bei nicht fachgemäßem Einbau innerhalb von kurzer Zeit zu erheblichen Schäden am Gebäude führen (siehe Kapitel 3.2.2).

#### **4.1.5 Überprüfung von Gebäuden im Alltagsbetrieb**

Technische Produkte, die Umwelteinflüssen ausgesetzt sind, werden gewöhnlich regelmäßig inspiziert. Dies ist bei Fahrzeugen und bei gewerblich betriebenen Anlagen vorgeschrieben. Auch bei Gebäuden ist eine regelmäßige Inspektion hilfreich, um Feuchte- und Schimmelprobleme zu vermeiden. Neben baulichen Inspektionen (vgl. Vorbemerkung in Kapitel 4.1) kommt der Überprüfung im Alltagsbetrieb eine wichtige Rolle zu. Leitungen im Haus sollen regelmäßig geprüft werden. Das ist bei unter Putz verlegten wasserführenden Versorgungsleitungen allerdings technisch aufwendig und schwierig. Deutliche Hinweise auf die Notwendigkeit, Rohre zu erneuern, können Rostpartikel im Wasser oder entsprechende Verfärbungen des Wassers sein. Andererseits entstehen Schäden häufig durch sehr einfach zu beseitigende Ursachen, wie z.B. mit Laub verstopfte Regenrinnen. Wenn sich die Dachrinne verstopft (siehe Abbildung 21), läuft Wasser an der Fassade herunter und kann einerseits in die Wände eindringen und andererseits zu einer Auskühlung der nassen Teile der Gebäudehülle führen. Im Winter können zusätzlich Frostaufbrüche die Folge sein, in die später weiteres Schlagregenwasser eindringt.

Silikonfugen in Nassräumen sind sogenannte „Wartungsfugen“, die nach einer gewissen Betriebszeit ausgetauscht werden müssen, da sie dann undicht werden. Silikonfugen können nie die Dichtheit in Nassräumen sicherstellen. Daher sind Nassräume mit entsprechenden Abdichtungsmaßnahmen (z.B. Alternativabdichtung, Dichtflansche) auszuführen. Duschwasser kann bei undichten Silikonfugen und bei mangelhafter

Abdichtungsebene dahinter leicht in die Wand hinter der Badewanne oder der Duschtasse eindringen und vor allem bei Leichtbau- und Holzkonstruktionen, meist unbemerkt, schweren Schaden anrichten.



Abbildung 21: Verschmutzte Dachrinne (Bildquelle W. Lorenz, Institut für Innenraumdiagnostik, Düsseldorf)

#### TIPPS zur Vorbeugung von Wasserschäden an und in Gebäuden

- regelmäßig die **Regenrinnen** und die **Fassade** kontrollieren
- nach einem Sturm das **Dach** inspizieren
- im Zuge einer Sanierung prüfen, ob **alte Wasserrohre** getauscht werden müssen
- auf möglichen Austritt von Wasser aus **Heizungssystemen** achten (Druckabfall, Wasserverbrauch beachten)
- auf Ablösungen und Undichtigkeiten von **Silikondichtungen im Badbereich** (Dusche, Badewanne) achten

## 4.2 Richtiges Lüften

Die Raumnutzer können normalerweise dazu beitragen, den Innenraum frei von Schimmelwachstum zu halten, denn durch ausreichendes Lüften (siehe Infobox 9) kann die bei der Nutzung freigesetzte Feuchte ins Freie abgeführt werden. Durch Heizen (siehe Kapitel 4.4) wird zu geringen Oberflächentemperaturen von Bauteilen (siehe Kapitel 3.1) entgegengewirkt und der Feuchteabtransport beim Lüften unterstützt. Bei Gebäuden mit baulichen Mängeln wie zu geringem Wärmeschutz oder unzureichenden Lüftungsmöglichkeiten sind diese Maßnahmen durch den Raumnutzer im Einzelfall jedoch nicht ausreichend. Alte, undichte Gebäude verfügen bei geschlossenen Fenstern und Türen über einen höheren Luftwechsel (= größerer Luftaustausch) als neue oder sanierte dichte Häuser. Lüften ist in alten wie neuen (dichten) Gebäuden gleichermaßen wichtig. Allerdings ist die Lüftungsfrequenz in „dichten“ Gebäuden je nach Nutzung zum Teil deutlich zu erhöhen. Alternativ können Lüftungstechnische Einrichtungen (siehe Kapitel 4.3.3) eingebaut werden.

Die Raumnutzer sollen insbesondere bei Erstbezug und nach energetischen Sanierungsmaßnahmen über die jeweiligen Besonderheiten ihrer Gebäudesituation aufgeklärt werden und auf die Situation abgestimmte Handlungsempfehlungen erhalten. In Häusern oder Wohnungen mit kontrollierten Wohnraumlüftungssystemen wird in der Regel über die raumlüftungstechnische Anlage ausreichend Feuchte abtransportiert. Hinweise zu hochwertigen Lüftungssystemen, genannt „Komfortlüftungen“, findet man auf der Homepage des Vereines „komfortlüftung.at“. Wie Komfortlüftungen fachgerecht geplant, ausgeführt und gewartet werden, ist in einer Konsumentenbroschüre der Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus „klimaaktiv“ zusammengefasst (siehe Infobox 10)



## TIPPS zum richtigen Lüften

Die folgenden Tipps beziehen sich auf Gebäude, die über Fenster belüftet werden und über keine technischen Lüftungseinrichtungen verfügen.

**In Räumen mit hoher Feuchtfreisetzung, insbesondere im Schlafzimmer, Bad und in der Küche, die mit Feuchte angereicherte Luft so rasch wie möglich nach der Nutzung durch Lüften ins Freie transportieren.** Eintrag der feuchten Luft in andere Räume verhindern, d.h. mit komplett geöffnetem Fenster (oder mehreren Fenstern) bei geschlossener Tür lüften.

**Auch Räume lüften, die nur kurz oder fast nicht genutzt werden,** wie Flure, Gästezimmer oder Abstellräume. Unweigerlich gelangt Feuchte aus den genutzten Räumen auch in diese Räume; diese muss auch dort abgelüftet werden, bevor es zu einer kritischen Feuchteanreicherung kommt.

**Beim Trocknen von Wäsche oder feuchten Handtüchern in geschlossenen Räumen auf ausreichendes, zeitnahes Lüften achten.** Alternativ kann der Einsatz von Wäschetrocknern sinnvoll sein, bei dem die feuchte Abluft direkt ins Freie transportiert (Ablufttrockner) bzw. das Kondenswasser in das Abwassersystem geleitet oder in einem Behälter gesammelt wird (Kondenstrockner).

**Wassertropfen auf Wandfliesen und Duschwänden nach dem Baden oder Duschen mit einem Wischer abziehen.** Innenliegende Bäder sollen durch ventilatorbetriebene Abluftanlagen entlüftet werden. Bei fehlender

Lüftungsmöglichkeit über das Fenster ist eine nachträgliche Installation einer über den Lichtschalter oder besser durch eine Feuchtesensor gesteuerte Entlüftung (Hygrostat) mittels Abluftventilator dringend zu empfehlen. Auf eine entsprechende Zuluftöffnung muss geachtet werden.

**Ablufschächte (mit oder ohne Ventilator) regelmäßig auf einwandfreie Funktion kontrollieren.** Auf einfache Weise testet man dies, indem man ein Stück Toilettenpapier an das Lüftungsgitter hält. Wird das Papier nicht angesaugt und bleibt nicht am Gitter hängen, ist die Lüftung sehr wahrscheinlich unzureichend oder es muss der Filter vor dem Ventilator gereinigt oder ausgetauscht werden. Wenn dies nicht hilft, muss der Abluftventilator von Fachleuten inspiziert werden. Auf keinen Fall dürfen der Auslass verschlossen oder der Ventilator außer Betrieb genommen werden.

Zur Reduzierung der Feuchtelast in Küchen haben sich Dunstabzugshauben mit Abführung der Abluft ins Freie bewährt. Viele Abzugshauben sind jedoch als Umluftanlagen ausgeführt, die nur Gerüche reduzieren, nicht aber die beim Kochen freigesetzte Feuchte entfernen. Küchen ohne Entlüftungsanlagen müssen während und nach der Nutzung durch ausreichende Fensterlüftung unbedingt „entfeuchtet“ werden.

## Informationen zu Lüftungsfragen


Infos zu Komfortlüftungen des Vereines „komfortlüftung.at“

<http://www.komfortlüftung.at>

**komfortlüftung.at**  
gesund & energieeffizient

Positionspapier zur Lüftung von Schulen und Unterrichtsräumen

<https://www.bmnt.gv.at/umwelt/luft-laermverkehr/luft/innenraumluft/positionspapiere.html>

 Bundesministerium  
Nachhaltigkeit und  
Tourismus

Empfehlung der österreichischen Ärztekammer zur Schullüftung

[http://www.raumluft.org/fileadmin/dokumente/aerztekammer\\_schullueftung.pdf](http://www.raumluft.org/fileadmin/dokumente/aerztekammer_schullueftung.pdf)

  
ÖSTERREICHISCHE  
ÄRZTEKAMMER

OIB-Richtlinie 3 2015

<https://www.oib.or.at/de/oibrichtlinien>

 **OiB** ÖSTERREICHISCHES  
INSTITUT FÜR BAUTECHNIK

klimaaktiv Konsumentenbrochure zur Komfortlüftung

<http://www.klimaaktiv.at/service/publikationen/bauensanieren/komfortlueftung.html>

**klimaaktiv**  


klimaaktiv Broschüre zur Schullüftung

<http://www.klimaaktiv.at/service/publikationen/bauensanieren/schulbau.html>

klimaaktiv Broschüre zu Lüftungslösungen für die Sanierung

[http://www.klimaaktiv.at/service/publikationen/bauensanieren/lueftung\\_sanierung.html](http://www.klimaaktiv.at/service/publikationen/bauensanieren/lueftung_sanierung.html)

### Infobox 10

Beim Lüften von kühlen Kellerräumen bei warmen Außentemperaturen besteht das Problem, dass die im Sommer häufig sehr feuchte Außenluft in den Keller einströmt, dort abkühlt und zur sogenannten „Sommerkondensation“ führt (siehe auch Kapitel 3.1.11). Dieser Effekt kann auch bei Souterrainräumen auftreten. Bei warmem und damit feuchtem Außenklima sollte daher nur gelüftet werden, wenn sichergestellt werden kann, dass die absolute Luftfeuchte außen deutlich unter der absoluten Luftfeuchte im Keller liegt, d.h. gegebenenfalls nachts oder in den frühen Morgenstunden lüften. Für den Nutzer ist es allerdings äußerst schwierig bis unmöglich, dies richtig einzuschätzen. Tagsüber in der warmen Jahreszeit und in Tropennächten sollten die Kellerfenster jedenfalls geschlossen bleiben. Reicht eine entsprechend angepasste Lüftung nicht aus, um kritische Feuchte zu vermeiden, sind technische Maßnahmen wie beispielsweise über die absolute Feuchte geregelte Lüftungssysteme erforderlich. Auch zusätzlich aufgestellte elektrisch betriebene Luftentfeuchter (wenn möglich mit Kanalanschluss) können in kühlen Kellerräumen helfen. Wenn das Gerät nicht an das Abwassersystem angeschlossen ist, muss das aufgefangene Wasser regelmäßig entfernt werden.

## 4.3 Möglichkeiten der Lüftung

**Ausreichende Lüftung ist eine Voraussetzung zur Vermeidung erhöhter Luftfeuchte und beugt damit Schimmelbefall vor.**

In den folgenden Kapiteln werden zunächst die Möglichkeiten der freien Lüftung (siehe Kapitel 4.3.1) beschrieben. Reicht das manuelle Lüften über Fenster oder passive Lüftungsöffnungen nicht aus, um eine ausreichende Feuchteabfuhr zu erreichen, ist der Einbau lüftungstechnischer Einrichtungen zu empfehlen. Sie haben den Vorteil, dass sie nutzerunabhängig und bedarfsabhängig betrieben werden können (siehe Kapitel 4.3.2 und Kapitel 4.3.3). Wichtig ist bei allen technischen Systemen eine sachgerechte Wartung (siehe Kapitel 4.3.5).

### 4.3.1 Freie Lüftung

Eine Luftförderung, die durch Ausnutzung natürlicher Druckunterschiede infolge von Wind und Thermik (Temperaturunterschiede) entsteht, nennt man „freie Lüftung“. Eine freie Lüftung kann manuell über Fensterlüftung oder baulich über Abluftschächte erfolgen. Unterschiedliche Wetterlagen und Windverhältnisse (Luv/Lee oder Über-/Unterdruck) führen jedoch zu einem nicht kontrollierbaren Luftwechsel.

#### Manuelle Fensterlüftung

Für hohe Lüftungsraten sollen die Fenster im zu lüftenden Raum komplett geöffnet werden (Stoßlüftung, siehe Abbildung 22). Die Fensterlüftung ist dabei am wirksamsten, wenn man gegenüber liegende Fenster gleichzeitig öffnet (sog. Querlüftung), da dann die Luft am schnellsten gegen Außenluft ausgetauscht wird.

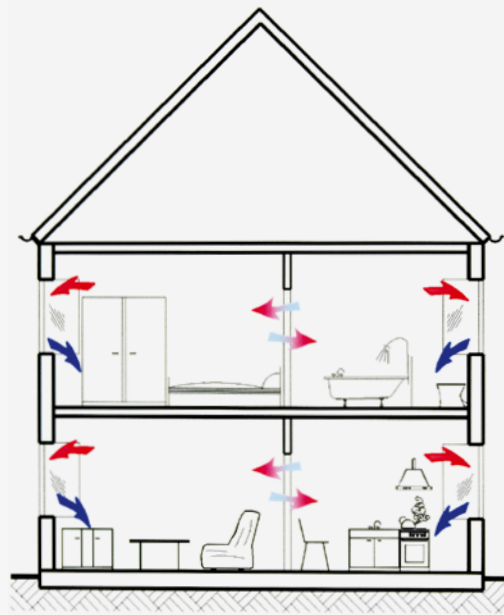
#### **Stoß- und Querlüftung sind die Mittel der Wahl!**

Eine Lüftung mittels gekippter Fenster ist deutlich weniger effektiv und müsste über einen erheblich längeren Zeitraum erfolgen. Das lang anhaltende Lüften über Kippstellung der Fenster kann in der kalten Jahreszeit zudem dazu führen, dass der Fensterlaibungs- und Fenstersturzsbereich stark auskühlt und es dann an den ausgekühlten Oberflächen zu Kondensation und damit gegebenenfalls zu Schimmelbildung kommt. Außerdem empfiehlt sich in der kalten Jahreszeit die Kipplüftung über längere Zeiträume nicht, da zu viel Heizenergie verloren geht. Bei dichteren Gebäuden ist Fensterlüftung je nach Nutzung und Auslastung nicht immer ausreichend und muss ggf. durch mechanische Lüftungseinrichtungen unterstützt oder ersetzt werden.



Abbildung 22: Freie Lüftung  
– Fensterlüftung (rot = Abluft; blau = Zuluft) (Quelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik)

Außenluft tritt über Fenster- und Türfugen in den Raum ein und aus, der Luftwechsel ist vom Winddruck, von der Temperatur und anderen Parametern abhängig und kann durch Öffnen der Fenster gesteuert werden.



### Schachtlüftung und passive Lüftungsöffnungen

Besonders in älteren Mehrfamilienhäusern mit Bädern oder Toiletten ohne Fenster sind häufig nicht ventilatorunterstützte Abluftschächte (Schachtlüftungen) vorhanden. Über einen über das Dach führenden Lüftungsschacht sollen damit Bäder und Küchen durch natürlichen Auftrieb entlüftet werden. Wohnungen in übereinander liegenden Stockwerken wurden an denselben Schacht angeschlossen. In diesen Fällen kann es leicht zu einer Geruchs- und Schallübertragung zwischen den Wohnungen kommen. Passive Lüftungsöffnungen wie gezielt eingebaute Schlitze oder Öffnungen in Fenster und ggf. Türen können ebenfalls einen gewissen (meist nicht ausreichenden) Luftaustausch zulassen und damit zur Entfeuchtung der Räume beitragen. Bei Schachtlüftungen und passiven Lüftungsöffnungen kann die Menge an Frischluft nicht gesteuert werden. Dies führt dazu, dass oft im Winter zu viel und im Sommer zu wenig Luft ausgetauscht wird. Eine effiziente Abfuhr von Luftfeuchte ist dadurch nur zeitweise gegeben, es kommt zu unnötigen Energieverlusten und unkontrollierten Luftströmungen. Eine gezielte Abluftführung mittels Ventilator gewährleistet die notwendige Feuchteabfuhr wesentlich besser. Die Eignung von vorhandenen Schächten für eine ventilatorgestützte Lüftungsanlage (siehe Kapitel 4.3.2) muss vor der Installation von Fachleuten für Lüftungstechnik geprüft werden.

Schachtlüftungen ohne Ventilatorunterstützung und passive Lüftungsöffnungen z.B. in Badezimmern bewirken einen gewissen Luftwechsel, sind aber für eine gezielte Feuchteabfuhr unzureichend.

### 4.3.2 Einfache mechanische Lüftungseinrichtungen

Einfache mechanische Lüftungseinrichtungen wie ventilatorbetriebene Abluftanlagen gewährleisten in der Regel (bei nicht zu hoher Außenluftfeuchte) eine ausreichende Entfeuchtung von Räumen. Alleine betrieben sind solche Anlagen bei dichten Gebäuden jedoch meist nicht in der Lage, einen hygienisch ausreichenden Luftwechsel in den Bereichen, in denen größere Mengen an Außenluft benötigt werden (bspw. Schlafzimmer) zu gewährleisten. Abluftanlagen sind außerdem mit einem erhöhten Lüftungswärmeverlust verbunden. Sie können daher kein Ersatz für Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung sein. Sie kommen in Betracht, wenn bspw. im Altbau aus Kostengründen oder baulichen Gegebenheiten der Einbau von Zu- und Abluftanlagen nicht zeitnah möglich ist.

#### Ventilatorbetriebene Abluftanlagen

Abluftanlagen sind dadurch gekennzeichnet, dass Abluft aus den am meisten feuchtebelasteten Räumen (Küche, Bad, WC) mittels eines Ventilators abgesaugt und über einen Luftkanal nach außen (meistens über das Dach) transportiert wird (Abbildung 23). Wenn aus diesen Räumen Luft gesaugt wird, muss auch Luft in die Wohnung nachströmen können. Bei älteren, undichten Gebäuden strömt die Außenluft über Undichtheiten im Gebäude nach. Bei neuen oder energetisch sanierten, mithin luftdichten Gebäuden ist der Einbau von Außenluftdurchlässen (ALD) zur Luftnachströmung erforderlich.

Verschmutzte Filter von Abluftanlagen in Nassräumen beeinträchtigen oder verhindern die Luftströmung und gehören daher zu den häufigen Ursachen von zu hoher Luftfeuchte in diesen Räumen. Die Filter müssen also regelmäßig überprüft und gegebenenfalls gereinigt oder ausgetauscht werden.

**Ventilatorgestützte Abluftanlagen in Verbindung mit Außenluftdurchlässen bieten eine einfache Möglichkeit zur zielgerichteten Entfeuchtung, sind jedoch kein Ersatz für Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung.** Der Betrieb der Abluftanlagen erfolgt am einfachsten durch Kopplung mit dem Lichtschalter mit Nachlauf, z.B. bei Bädern ohne Fenster. Mitunter reicht dies aber für eine effektive Entfeuchtung nicht aus.

Über einen Feuchtesensor gesteuerte Anlagen (Hygrostaten) gehen dann in Betrieb, wenn eine bestimmte Luftfeuchte überschritten wird (bspw. 50–60 % relative Luftfeuchte). Im Sommer muss dieser Wert deutlich erhöht werden. Die eleganteste Art sind Regler mit Feuchte- und Temperatursensoren innen und außen, die ab einer gewissen Differenz der absoluten Feuchte innen/außen den Abluft-Ventilator einschalten.

Filter, Ventilator und Deckenauslass von Abluftventilatoren und Dunstabzugseinheiten müssen regelmäßig gesäubert bzw. gewechselt werden. Mieter sollen vom Vermieter darüber informiert werden, für welche Wartungsarbeiten (z.B. Filterwechsel) der Mieter selbst zuständig ist.

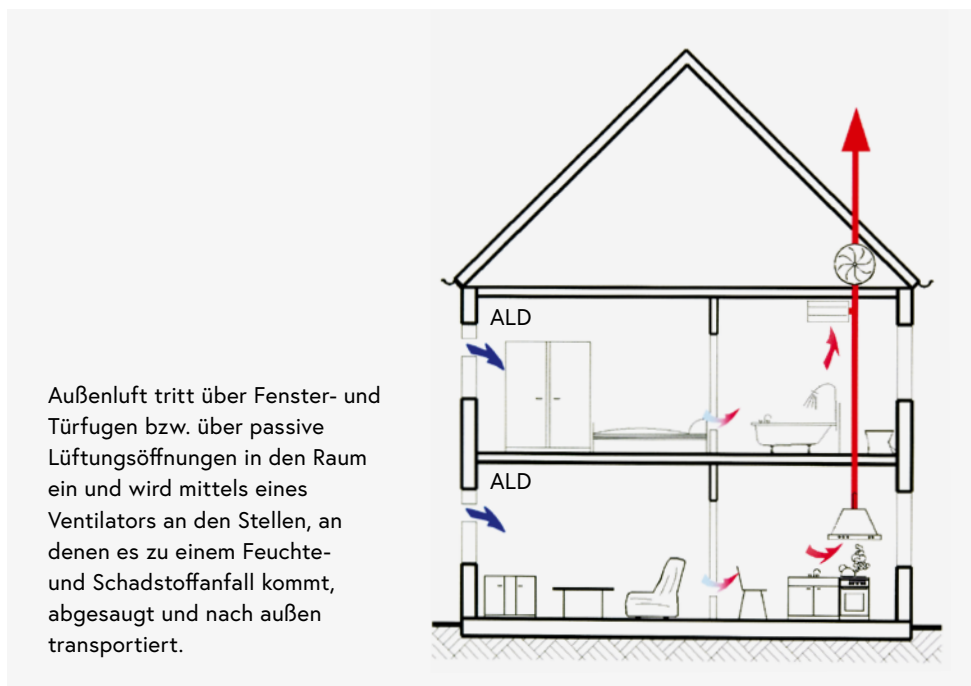


Abbildung 23:  
Ventilatorgestützte  
Entlüftung einer Wohnung:  
Außenluftdurchlässe (ALD)  
und Abluftanlage (rot =  
Abluft; blau = Zuluft) (Quelle:  
Fraunhofer-Institut für  
Bauphysik)

#### Bedarfsorientierte mechanische Fensterlüftung

Eine einfache gezielte Lüftungsmaßnahme stellt die bedarfsorientierte mechanische Fensterlüftung dar. Bei erhöhter Luftfeuchte, zu hoher Raumtemperatur oder zu hohen  $\text{CO}_2$ -Werten werden die Fenster mittels kleiner Motoren automatisch geöffnet und anschließend bei Erreichen der gewünschten Werte wieder verschlossen. Regen- und Windsensoren verhindern das Öffnen bei ungünstigen Wetterverhältnissen. Vorteile einer derartigen Lösung sind der relativ einfache Einbau (vor allem bei Dachflächenfenstern) und die Möglichkeit der automatisierten Nachtlüftung im Sommer. Nachteile können sich im Vergleich zur kontrollierten Wohnraumlüftung (siehe Kapitel 4.3.3 und 4.3.4) bspw. durch den erhöhten Lüftungswärmeverlust und die häufig unkalkulierbaren zugeführten Luftmengen, die unter bestimmten Umständen zu Zugerscheinungen führen können, ergeben.

#### 4.3.3 Raumlüfttechnische Anlagen mit Zu- und Abluftführung

Komplexer als reine Entlüftungsanlagen sind Anlagen mit Zu- und Abluftführung (raumlüfttechnische Anlagen oder kurz RLT-Anlagen im engeren Sinn), die heute in der Regel mit einer Wärmerückgewinnung versehen werden. Diese Lüftungseinrichtungen

haben den Vorteil, dass sie unabhängig vom Nutzungsverhalten für den Luftaustausch sorgen, z.B. bei Abwesenheit der Nutzer oder in den Nachtstunden an dicht befahrenen Straßen ohne Lärmbelästigung. Der Luftvolumenstrom (und damit der Lüftungserfolg) hängt nicht nur von den Luftdruckdifferenzen innen/außen, sondern auch von der Nutzung der Räume ab. Ein gewisser Nachteil dieser Systeme ist die Notwendigkeit zur regelmäßigen Wartung und Kontrolle.

Wenn die Luft nur transportiert und gegebenenfalls temperiert wird, spricht man von „Lüftungsanlagen“, ggf. mit Heizfunktion (für Wohnungen siehe dazu ÖNORM H 6038). Systeme mit zusätzlicher Kühlung und Feuchteregulierung nennt man „Klimaanlagen“. Funktionstüchtige Lüftungs- oder Klimaanlagen sind die sicherste Lösung, um Feuchte, Gerüche, Kohlendioxid und sonstige, im Innenraum unerwünschte Luftinhaltsstoffe abzutransportieren.

In Schulräumen sind in jedem Fall technische Lüftungseinrichtungen vorzusehen, möchte man Leistungsverluste und gehäufte Krankenstände bei Schülern und beim Lehrpersonal vermeiden. Im Schulneubau ist in der Regel eine mechanische Lüftungsanlage aufgrund der gesetzlichen bautechnischen Vorgaben, die sich auf die OIB-Richtlinie 3 beziehen, erforderlich. Sowohl der Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus in seinem „Positionspapier zu Lüftungserfordernissen in Schul-, Unterrichts- und Vortragsräumen“ (2014) als auch das Österreichische Institut für Schul- und Sportstättenbau (ÖISS 2015) empfehlen, solche Lüftungseinrichtungen vorzusehen. In Deutschland sind laut Umweltbundesamt (UBA 2017b) hybride Lüftungsanlagen obligatorisch, um eine maximale mittlere CO<sub>2</sub>-Konzentration von 1.000 ppm in den Klassenräumen einzuhalten. Im Wohnungsbau ist der Einbau von geeigneten (mitunter kleinen) RLT-Anlagen zumindest in den kritischen Bereichen wie dem Schlafzimmer aus hygienischen Gründen sowie zur Vermeidung von Schimmel zu empfehlen.

### **Lüftungsanlagen**

Lüftungsanlagen können als zentrale Anlagen für das gesamte Gebäude, für einzelne Wohnungen oder Büroeinheiten sowie als dezentrale Geräte für einzelne Räume ausgeführt werden. Bei zentralen Lüftungsanlagen – in Wohngebäuden auch „kontrollierte Wohnraumlüftung“ genannt – (siehe Abbildung 24) wird mit einem Ventilator Raumluft aus Abluft-Räumen (bspw. Küche, Bad und WC) abgesaugt. Die Zuluft wird mit einem zweiten Ventilator über Luftkanäle in die Wohnung oder den Bürobereich geleitet. Während der Heizperiode erfolgt eine Wärmerückgewinnung, die die Gesamtenergiebilanz des Gebäudes verbessert. Die ÖNORM H 6038 regelt Planung, Errichtung und Betrieb von Lüftungsanlagen für Wohnobjekte, weitere Normen behandeln Lüftungsanlagen für Nichtwohngebäude. Lüftungsanlagen mit erhöhten Anforderungen an Effizienz, Hygiene und Komfort werden „Komfortlüftung“ genannt (<http://www.komfortlüftung.at>).

Außenluft wird mittels eines Ventilators über eine Außenluftansaugung in das Gebäude eingesaugt und über einen Wärmetauscher und ein Rohrsystem in die Zuluftbereiche geblasen. In den Abluftbereichen (WC, Bad, Küche...) wird die Luft abgesaugt und wieder über einen Ventilator und einen Wärmetauscher nach außen transportiert.

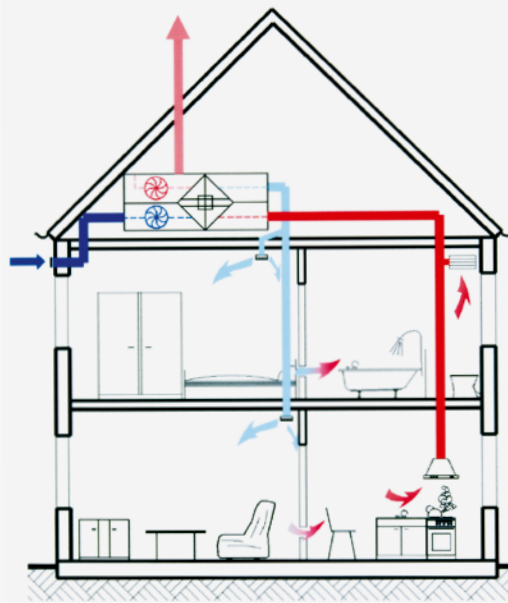


Abbildung 24: Zentrale Lüftungsanlage mit Zu- und Abluftführung und Wärmerückgewinnung (rot = Abluft; blau = Zuluft) (Quelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik)

Bei Passivhäusern oder Nullenergie-Häusern sowie bei so genannten Plus-Energie Häusern sind der Einbau von Zu- und Abluftanlagen mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung (Komfortlüftungsstandard) zwingend erforderlich. Bei älteren und einfacheren Zu- und Abluftanlagen kann üblicherweise der Luftaustausch in mehreren Stufen eingestellt werden oder er wird über eine Zeitschaltautomatik gesteuert. Bei diesen Systemen kann es im Winter zu sehr niedriger Luftfeuchte kommen. Moderne Anlagen nutzen die eingebrachte Luft effizienter durch einfache oder mehrfache Überströmung (kaskadische Mehrfachnutzung) und arbeiten mit einer durch Sensoren unterstützten Bedarfsregelung. Am häufigsten werden heute moderne  $\text{CO}_2$ -Sensoren eingesetzt, die langzeitstabil und wartungsarm sind. Feuchte- oder VOC-Sensoren alleine sind für eine Regelung von Luftmengen in Innenräumen nicht geeignet. Komfortlüftungsanlagen können auch mit Feuchterückgewinnung ausgestattet sein, damit die Luft in den Wintermonaten nicht zu trocken wird.

Studien und praktische Erfahrungen zeigen, dass der Betrieb von Lüftungsanlagen mit hochwertigen Zuluftfiltern zu einer Reduktion von außenluftgetragenen Partikeln, darunter auch Schimmelsporen und Feinstaub, führt. Tabelle 9 zeigt das Verhältnis der Schimmelsporen-Konzentrationen ( $\text{KBE}/\text{m}^3$ ) in der Innen- und Außenluft bei Neubauten nach 3 und 15 Monaten Betrieb (nach Tappler et al. 2014).

Anzahl Objekte/Messungen	Einheit	Objekte mit Wohnraumlüftungsanlage		Objekte mit ausschließlicher Fensterlüftung	
		Ersttermin	Folgetermin	Ersttermin	Folgetermin
		61/122	61/122	61/122	59/118
Innenraumkonzentration an KBE/m <sup>3</sup>					
geringer als/gleich wie Außenbereich (Differenz Raumlufte/Außenluft ≤ 0)	[%]	84	90	65	79
höher als im Außenbereich (Differenz Raumlufte/Außenluft ≤ 500)	[%]	9	8	23	19
deutlich höher als im Außenbereich (Differenz Raumlufte/Außenluft > 500)	[%]	7	2	12	2

Tabelle 9: Verhältnis der Konzentrationen (KBE/m<sup>3</sup>) innen/außen, Anzahl der Räume in Prozent der Gesamtanzahl nach Tappler et al. (2014)

Neben zentralen Lüftungsanlagen erfreuen sich Einzelraumlüfter (dezentrale kleine Lüftungsgeräte) zunehmender Beliebtheit (siehe Abbildung 25). Diese Geräte werden bevorzugt an der Außenwand neben dem Fenster oder im Bereich der Fensterbank montiert. Eine andere Variante besteht in der Kombination des Lüftungsgerätes mit dem Heizkörper unter dem Fenster. Abgesehen von einigen Sonderlösungen handelt es sich um Zu- und Abluftgeräte. Wie bei der zentralen Zu- und Abluftanlage ist der Einsatz eines Wärmetauschers mittlerweile Standard. Für Einzelraumlüfter sind keine längeren Lüftungsleitungen erforderlich (siehe Abbildung 25). Die Lüftung lässt sich gut – oft auch mit Zeitprogramm oder Sensoren – an die Raumnutzung anpassen. Besonders wichtig sind leise Ventilatoren, da besonders in den Schlafräumen Lüftungsgeräusche als störend empfunden werden. Nachteile dezentraler Lösungen ergeben sich aus den oft zu geringen Luftwechselleistungen derartiger Geräte, wodurch keine ausreichende Abfuhr anthropogener Luftverunreinigungen gewährleistet ist. Sogenannte Pendellüfter weisen aufgrund ihrer Betriebsweise unter anderem hygienische Probleme auf und sind daher nur sehr eingeschränkt empfehlenswert.

Einzelraumlüfter eignen sich besonders für die Altbausanierung, wo es baulich kaum oder nur mit hohem Kostenaufwand möglich ist, zentrale Zu- und Abluftanlagen für das ganze Haus oder die Wohnung zu installieren. Sie eignen sich auch als Lösung für besonders beanspruchte bzw. ungünstig gelegene Räume, wie z.B. Wohn- und Schlafräume an viel befahrenen Straßen. Für jedes Lüftungsgerät sind in der Regel Öffnungen in der Außenwand erforderlich. Das Aussehen der Gebäudefassade – und in Einzelfällen auch die Statik – werden dadurch beeinflusst. Besonders bei denkmalgeschützten Gebäuden erschweren architektonische Bedenken oft den Einbau. Es stehen mittlerweile aber auch Einzellüftungsgeräte, die vollständig in den Fensterrahmen integriert sind und keine

derartigen Öffnungen mehr benötigen, zur Verfügung. Der Nachteil dieser Geräte ist wie bei allen Einzelraumlüftern die eher geringe Leistung.

Schallschutz- oder leistungstechnische Probleme mit Einzelraumlüftern lassen sich durch intelligente Systeme mit aktiven Überströmern verhindern. Bei diesen wird Außenluft bedarfsgeregelt in einen zentralen Raum eingebracht und abgeführt. Von diesem Raum wird die Luft in die einzelnen Räume mittels aktiver Überströmer verteilt. Diese neue Entwicklung vermag es, die eingesetzten Luftmengen noch weiter zu senken, was Lüftungswärmeverluste verringert und Problemen durch zu niedrige Luftfeuchte in der kalten Jahreszeit vorbeugt.

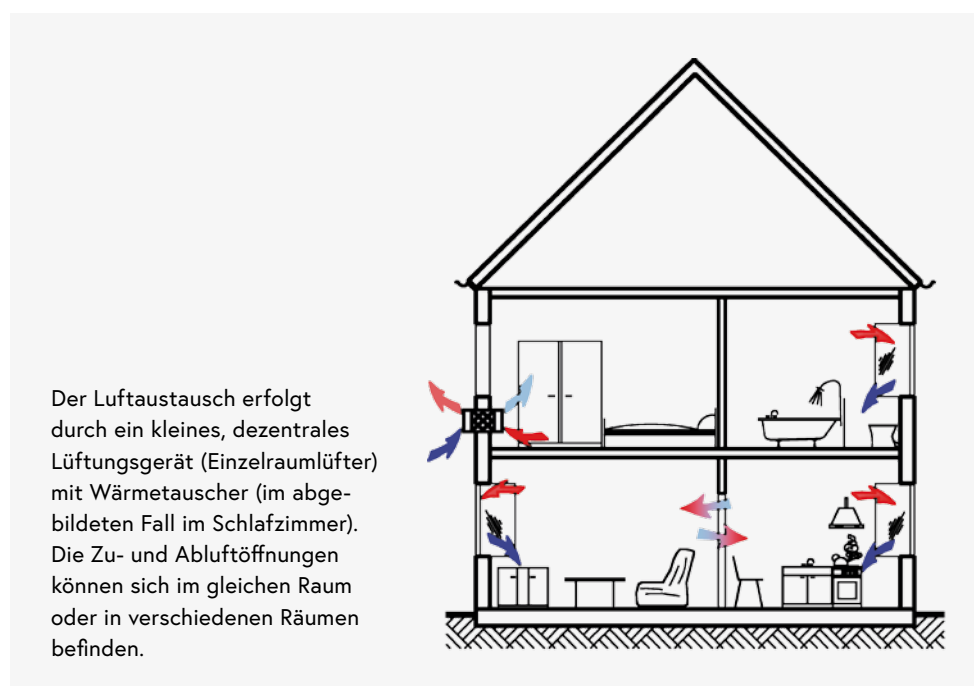


Abbildung 25: Dezentrales Lüftungsgeschäft (Einzelraumlüfter) mit Wärmerückgewinnung im Schlafzimmer (rot = Abluft; blau = Zuluft) (Quelle: Fraunhofer-Institut für Bauphysik)

### Klimaanlagen

Als „Klimaanlagen“ werden zentrale Lüftungstechnische Anlagen bezeichnet, bei denen die Zuluft zusätzlich be- oder entfeuchtet bzw. gekühlt werden kann. Der Vorteil derartiger Anlagen liegt in der genauen Regelung des gewünschten Innenraumklimas. Nachteile sind der energie- und kostenintensivere Betrieb und der erhöhte Wartungsaufwand. Die Auswahl und Anordnung der Luftauslässe erfordert vor allem bei Räumen in denen sich viele Menschen aufhalten (bspw. Unterrichts- oder Vortragsräume) strömungstechnisches Fachwissen, da sonst leicht Zugerscheinungen auftreten.

Unter „Klimaanlagen“ versteht man raumlufttechnische Anlagen, die nicht nur eine Temperierung der Luft über eine Wärmerückgewinnung ermöglichen, sondern auch über **zusätzliche Komponenten zur Kühlung/Heizung und/oder zur Be- und Entfeuchtung der Luft** verfügen. An die Installation und Wartung solcher Anlagen sind hohe Anforderungen zu stellen. Klimaanlagen arbeiten meist mit zwei **Filtersystemen**, die Verunreinigungen aus der angesaugten Luft filtern. Auch Verfahren zur „Luftverbesserung“ wie Ozonung oder Ionisation der Zuluft werden angeboten, sind aus hygienischen Gründen aber weder erforderlich noch sinnvoll.

#### 4.3.4 Erdwärmetauscher

Soll die Außenluft vorgekühlt (Sommer) oder vorerwärmt (Winter) in das Gebäude geführt werden, können unterschiedliche Systeme an Erdwärmetauschern eingesetzt werden. Entweder wird die zu temperierende Luft direkt durch den Erdwärmetauscher geführt (Luft-Erdwärmetauscher) oder über einen flüssigkeitsgefüllten Wärmetauscher (Sole-Erdwärmetauscher). Die Wandtemperatur der Luft-Erdwärmetauscher ist ähnlich wie bei kalten Kellerwänden im Frühjahr und im Sommer zeitweise niedriger als die Taupunkttemperatur der Luft, dadurch kommt es zu hoher relativer Feuchte an den Wänden und zur Kondensation. Infolge des Wachstums von Mikroorganismen im Luft-Erdwärmetauscher kann auch bei korrekter Abfuhr der Feuchte und guten Zuluftfiltern mit der Zuluft ein Transport von kleineren mikrobiellen Bestandteilen wie PAMPs oder Zellbestandteile (siehe Kapitel 2.2) in die Innenräume stattfinden. Aus diesem sowie aus Gründen der einfacheren Regelung sollten Luft-Erdwärmetauscher nicht mehr verwendet und Sole-Erdwärmetauscher oder Wärmepumpen bevorzugt werden.

#### 4.3.5 Wartung technischer Lüftungseinrichtungen

Werden technische Lüftungseinrichtungen installiert, sind die sorgfältige Ausführung beim Bau, die eingestellten Zuluftströme und die einwandfreie Funktion unmittelbar nach der Installation zu überprüfen. Die ÖNORMen EN 15780 und H 6021 sowie die Richtlinienreihe VDI 6022 geben Hinweise zur hygienischen Gefährdungsbeurteilung, Wartung, Kontrolle und Inspektion technischer Lüftungseinrichtungen. Entgegen der mitunter von wenig informierter Seite geäußerten Meinung („Lüftungsanlagen sind Keimschleudern“) werden durch eine geeignete Filterung der Zuluft deutlich niedrigere Mengen an Luftkeimen, Pollen und Feinstaub der Raumlufte von außen zugeführt als bei reiner Fensterlüftung. Voraussetzung für eine Minimierung von Mikroorganismen ist ein bestimmungsgemäßer Einsatz von entsprechend geeigneten, hochwertigen Luftfiltern. Eine regelmäßige Prüfung der Filterbelegung, soweit sie von den Geräten



nicht automatisch angezeigt wird, ist zu gewährleisten. Die Filter müssen bei Bedarf gereinigt oder ausgetauscht werden.

**Technische Lüftungseinrichtungen müssen regelmäßig inspiziert und wenn nötig gereinigt werden.** Details dazu sind in den ÖNORMen EN 15780 und H 6021 sowie in der Richtlinienreihe VDI 6022 geregelt. Zu- und Abluftfilter sind regelmäßig zu wechseln. Hochwertige Zuluftfilter helfen Verschmutzungen im System zu vermeiden und senken den Eintrag von Pollen, Sporen und Feinstaub aus der Außenluft deutlich.

Bestehende Luft-Erdwärmetauscher müssen regelmäßig überprüft und gereinigt werden, da es hier vermehrt zur Kondensation und damit zu einem mikrobiellen Befall kommen kann.

## 4.4 Richtiges Heizen

In Kapitel 3 wurden bereits einige Ausführungen über den Zusammenhang zwischen Heizen und Raum- und Oberflächentemperaturen gemacht. Richtiges Heizen zusammen mit richtigem Lüften beugt Schimmelbefall vor.

### TIPPS zum richtigen Heizen

#### **Alle Räume ausreichend heizen:**

Kühlere Luft kann weniger Wasser aufnehmen als wärmere Luft!

#### **Schlafräume:**

Pro Nacht gibt jede Person etwa  $\frac{1}{4}$  Liter Wasser, zum Teil an die Raumluft, ab. Deshalb sollte die Raumlufttemperatur in Schlafräumen möglichst nicht zu tief sinken, die Türen zu wärmeren Räumen geschlossen bleiben und für eine ausreichende Lüftung gesorgt werden. Aufgrund der allgemein niedrigeren Raumlufttemperaturen gegenüber bspw. dem Wohnzimmer sollte die Möblierung bei schlecht gedämmten Gebäuden gerade im Schlafzimmer bevorzugt an den Innenwänden erfolgen. Bei Möblierung an den Außenwänden derartiger Gebäude sind einige Zentimeter Abstand einzuhalten (siehe Kapitel 3).

**Ungenutzte Räume:**

Auch über längere Zeiträume wenig oder nicht genutzte Räume sollten geringfügig beheizt werden.

**Türen zu weniger beheizten Räumen geschlossen halten:**

Es ist nicht sinnvoll, kühle Räume mit Luft aus wärmeren Räumen zu temperieren, denn dadurch wird nicht nur Wärme, sondern auch Feuchte in den kühlen Raum übertragen. Wenn sich die warme Luft an den Wandoberflächen abkühlt, steigt die relative Oberflächenfeuchte und es kann Schimmelbefall entstehen.

**Heizung kann nachts oder bei längerer Abwesenheit gedrosselt werden:**

Durch die Verringerung der Raumlufttemperatur – das geschieht nachts meist zentral über die Heizkesselanlage des Hauses – wird Energie gespart. Dabei muss aber der Zusammenhang mit der Raumluftfeuchte beachtet werden. Beim Vorliegen erhöhter Raumluftfeuchte sollte die Raumlufttemperatur nur abgesenkt werden, wenn dadurch keine zu hohe relative Luftfeuchte an (kühlen) Oberflächen entsteht. Ein Absenken der Raumtemperatur wird nur bei Abwesenheit über einen längeren Zeitraum empfohlen. Das stundenweise Absenken führt zu keiner wesentlichen Heizenergieeinsparung.

**Wärmeabgabe der Heizkörper nicht behindern.**

Sehr ungünstig ist es, wenn Heizkörper durch falsch angebrachte Verkleidungen oder übergroße Fensterbretter verbaut oder durch Vorhänge verhängt sind. Im ungünstigsten Fall ist die gewünschte Raumlufttemperatur nicht mehr erreichbar und gleichzeitig steigt damit der Energieverbrauch.

## Infobox 11

Die Art der Wärmeeinbringung in den betreffenden Raum hat erheblichen Einfluss auf die sich einstellenden Oberflächentemperaturen der kritischen Außenbauteile. Die ÖNORM B 8110-2 Beiblatt 4 gibt Hinweise zur Effektivität unterschiedlicher Heizsysteme zur Anhebung der Oberflächentemperatur:

Die relativ geringste Wirkung auf die Anhebung der Oberflächentemperatur hat eine „Luftheizung“. Infolge der Abkühlung der Raumluft(-Grenzschichte) an den Außenbauteilen kommt es zum Abgleiten der Luft an den relativ kühlen Außenbauteilen (der Wände und Fenster), was die konvektive Wärmezufuhr an die unteren Wandschichten behindert und daher zu einer Unterkühlung dieses Wandbereiches führt. Ähnlich wirkt die „Konvektorenheizung“, die dem Raum den größten Anteil der Wärme über Luftströmungen zuführt.

Einen größeren Einfluss auf die Anhebung der Oberflächentemperatur hat die „Radiatorenheizung“, die einen erheblichen Anteil der Wärmeabgabe über Wärmestrahlung dem Raum und damit auch den Außenbauteilen zuführt.

Den größten Einfluss hat die (Groß-)Flächenheizung, die lange Zeit hindurch überwiegend als Fußboden- oder Deckenstrahlungsheizung ausgeführt wurde. Damit ist der Raumwinkel, unter dem die Wärmestrahlung die Außenbauteile erreicht und deren Oberflächentemperatur anhebt, relativ groß und wirksam. Noch wirksamer ist die Integration der Flächenheizung in die Außenbauteile (Außenwandheizung), wodurch deren Oberflächentemperatur sogar über die Lufttemperatur hinaus angehoben wird.

Zusammenfassend darf daher festgestellt werden, dass die Art der Wärmeeinbringung in die Innenräume die Oberflächentemperaturen erheblich beeinflussen und damit den Feuchtigkeitszustand der Bauteile mitbestimmen kann. Darüber hinaus können mit Hilfe einer lokalen Zufuhr von Heizwärme zu unterkühlten Bauteilbereichen Kondensation verhindert sowie sonst schwer behebbare Baumängel (an Wärmebrücken) zumindest kompensiert werden.

5

# Schimmelbefall erkennen, erfassen und bewerten



Die allgemeinen Empfehlungen zu Ortsbegehungen und Erfassung des Schimmelbefalls gelten für alle Nutzungsklassen (zur Nutzungsklassendefinition siehe Kapitel 6.1).

#### **An wen kann ich mich wenden, wenn ich in der Wohnung Schimmelbefall vermute?**

Möchten Sie wissen, wer in Ihrer Nähe Ortsbegehungen und bei Bedarf Messungen durchführt, dann lassen Sie sich von unabhängigen Verbänden (bspw. Bundesverband für Schimmelsanierung und technische Bauteiltrocknung), Mieterschutzvereinen, Arbeiterkammer oder anderen Konsumentenschutz-Organisationen beraten.

Achten Sie bei der Vergabe von Aufträgen für Begehungen, Gutachten und Schimmeluntersuchungen darauf, dass die beauftragten Experten unabhängig sind, sowie dass das Messinstitut für diese speziellen Messungen ausreichend qualifiziert ist und allfällige Messungen normgerecht durchführt (siehe Kapitel 5.1.3).

#### **An wen kann ich mich wenden, wenn ich befürchte, durch Schimmel in meiner Wohnung krank zu werden?**

Wenn Sie krank sind oder unter gesundheitlichen Beschwerden leiden und einen möglichen Zusammenhang mit einem Schimmelbefall in Ihrem Wohnraum vermuten, dann wenden Sie sich an Ihren Hausarzt, der Sie ggf. an einen qualifizierten Facharzt z.B. für Lungenheilkunde oder Allergologie überweist. Sie können sich auch bei der österreichischen Ärztekammer nach qualifizierten Ärzten mit einer umweltmedizinischen Zusatzausbildung erkundigen.

Falls das Ergebnis der ärztlichen Untersuchung Hinweise auf Probleme mit der Innenraumhygiene in Ihrer Wohnung gibt, sollten Sie Ihre Wohnung auf eine mögliche Schimmelquelle untersuchen lassen (siehe oben). Klären Sie als Mieter mit Ihrem Vermieter das weitere Vorgehen ab.

#### Infobox 12

Bei Verdacht auf Schimmelbefall werden die betroffenen Räume von Fachleuten mit bauphysikalischem und mikrobiologischem Sachverstand überprüft („begangen“), um die Ursachen der erhöhten Feuchte und das Ausmaß des Schadens festzustellen (siehe Kapitel 5.1.1). Die Schadensaufnahme wird mit dem Ziel durchgeführt, relevante Schäden durch Feuchte zu lokalisieren sowie einen möglichen mikrobiellen Befall in Abgrenzung zur normalen Hintergrundbelastung zu erkennen. Bei der Ortsbegehung wird auch festgelegt, ob zur Abklärung der Ursache und des Ausmaßes des Befalls weiterführende Untersuchungen (siehe Kapitel 5.1.2) notwendig sind.

Die Auswertung der Ergebnisse der Ortsbegehung und ggf. weiterer Untersuchungen im Gesamtzusammenhang ermöglichen eine Aussage über das Vorliegen einer Schimmelquelle im Innenraum (siehe Kapitel 5.2). Beim Vorliegen eines Schimmelbefalls im Innenraum müssen die Ursachen für die erhöhte Feuchte beseitigt und der betroffene Bereich unter Berücksichtigung der Nutzungsklasse saniert werden (siehe Kapitel 6). Alle Ergebnisse und die Bewertung sollen in einem aussagekräftigen Gutachten zusammengefasst werden (siehe Kapitel 5.3).

## 5.1 Ortsbegehung und Schadenserfassung

Eine sorgfältige Ortsbegehung durch Fachleute ist die Basis zur Erfassung und Bewertung eines sichtbaren oder verdeckten Schimmelschadens. Ohne Ortsbegehung – beispielsweise lediglich auf der Basis von durch die Raumnutzer durchzuführenden Do-it-Yourself-Messungen (Schimmel-Schnelltestkits, die man selber auslegt) – ist eine fachgerechte Beurteilung eines Schimmelbefalls grundsätzlich nicht möglich. Auch zur Erhärtung eines anfänglichen Verdachts sind derartige „Messungen“ durch Laien nicht sinnvoll, da durch die hohe Anzahl zu erwartender falsch negativer Ergebnisse (Proben zeigen trotz Vorhandensein von Sporen keine Belastung an) Schäden unentdeckt bleiben und die Nutzer in falscher Sicherheit belassen werden. Es ist auch zu bedenken, dass ein Befall auch ohne Sporenbildung vorliegen kann.

Die zu untersuchenden Fragestellungen bei der Schadenaufnahme sollten vor der Begehung zwischen den Beteiligten abgestimmt werden. Die Untersuchung ist ergebnisoffen zu führen. Begehungen aufgrund eines vermuteten Schimmelbefalls werden z.B. durchgeführt, wenn kein sichtbarer Schimmelbefall vorliegt, aber Feuchteschäden, bauliche Mängel oder Geruch auf mögliches Schimmelwachstum hindeuten oder gesundheitliche Probleme vorliegen, bei denen vermutet wird, dass sie auf Schimmelbefall zurückzuführen sein könnten.

Bei der Ortsbegehung (siehe Kapitel 5.1.1) werden die möglichen Ursachen für einen erhöhten Feuchteanfall oder einen Schimmelbefall abgeklärt und in einem Begehungsprotokoll festgehalten. Je nach Ergebnis der Ortsbegehung und der Art der Fragestellung können weitere bauphysikalische und mikrobiologische Untersuchungen notwendig sein (siehe Kapitel 5.1.2). Durch die bei der Begehung erhaltenen Informationen und ggf. die Ergebnisse aus den weiterführenden Untersuchungen (siehe Kapitel 5.1.2) ist es in der Regel möglich festzustellen, ob eine Schimmelquelle im Innenraum vorliegt. Die Gesamtbeurteilung setzt hohen Sachverstand voraus, da keine allgemein anwendbaren schematischen Beurteilungskriterien vorhanden sind und damit immer eine Einzelfallprüfung notwendig ist (siehe Kapitel 5.2). Die Durchführung der Ortsbegehung, der weiterführenden Untersuchungen und die Bewertung sollen nur durch Personen, Laboratorien oder Institutionen erfolgen, die bestimmte Qualitätskriterien erfüllen und richtlinienkonform bzw. normgerecht vorgehen (siehe Kapitel 5.1.3). Vorsicht

ist angebracht, wenn im Zuge der Beratung der Eindruck entsteht, dass bestimmte Sanierungsmethoden angewendet werden sollen oder (oft unwirksame) Produkte verkauft werden.

### 5.1.1 Ortsbegehung

Bei der Ortsbegehung wird abgeklärt, ob und in welchem Ausmaß Schimmelbefall vorliegt und was die möglichen Ursachen sind (siehe Kapitel 3). Erhoben werden dabei zum einen wichtige bauphysikalische Parameter wie Raumtemperatur, Raumluftheuchte, Materialfeuchte und Oberflächentemperatur, zum anderen baukonstruktive Randbedingungen und Angaben über den betroffenen Raum und dessen Nutzung sowie mögliche bauwerksunabhängige Quellen für Schimmel (z.B. Biomüll, Pflanzenerde, Käfigtierhaltung, Terrarien). Die ÖNORM EN ISO 16000-32 (2014) „Untersuchung von Gebäuden auf Schadstoffe“ gibt zur Ortsbegehung wertvolle Hinweise. Ein wichtiger Hinweis auf Schimmelbefall sind schimmel- und feuchtetypische Gerüche. Im Rahmen der Ortsbegehung ergibt sich die Möglichkeit zur Lokalisation von Geruchsquellen. Sofern eine Geruchsbestimmung erfolgt, sollten die einschlägigen Normen und Richtlinien (ÖNORM S 5701, „Leitfaden zur Beurteilung von Gerüchen in Innenräumen“ des Arbeitskreises Innenraumluft des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus) zu Grunde gelegt werden. Durch bauphysikalische und raumklimatische Untersuchungen kann ermittelt werden, ob nutzungsbedingte oder baulich bedingte Einflüsse für erhöhte Feuchte und Schimmelwachstum ursächlich sind (siehe Kapitel 3).

Bei der **Begehung** werden bauphysikalische Daten (z.B. Temperatur, Feuchte) und allgemeine Angaben über die betroffenen Räume erhoben und in einem **Begehungsprotokoll** festgehalten. Zielführend ist auch eine Befragung der Raumnutzer zur Art der Raumnutzung und zur Wahrnehmung der Innenraumsituation. Bei der Begehung wird auch eine optische sowie sensorische Beurteilung der betroffenen Räume sowie der Materialien und Gegenstände in den Räumen durchgeführt.

**Ziel der Ortsbegehung ist die Abklärung, ob ein Schimmelbefall vorliegt und ggf. welches Ausmaß er annimmt.** Aus diesen Informationen ergibt sich, ob und ggf. welche zusätzlichen weiterführenden Untersuchungen zur Abklärung erforderlich sind.

Bei sichtbarem Schimmelbefall (Kategorie 2 und 3, siehe Tabelle 10) mit geklärter Ursache sind in der Regel keine weiterführenden Messungen erforderlich, sondern der betroffene Bereich soll zeitnah unter Berücksichtigung der Nutzungsklasse saniert werden.

Um die unterschiedlichen Einflüsse auf die Befallsentstehung besser einschätzen zu können, haben sich Klimaaufzeichnungen (Temperatur und relative Feuchte) mittels Datenloggern bewährt. Diese Messungen sind in der Regel in der kalten Jahreszeit sinnvoll und sollten an Schlüsselstellen (vermutete kühle Oberflächen, Raumluft, ggf. Außenluft) erfolgen. Da die Ergebnisse von Einzelmessungen starken Schwankungen unterliegen, sind für aussagekräftige Ergebnisse Langzeitmessungen von mehreren Wochen mittels Datenlogger sinnvoll, wodurch auch das Lüftungsverhalten erfasst werden kann. Dadurch kann festgestellt werden, ob und in welchen Zeiträumen oder bei welchen Aktivitäten kritische Konstellationen von Temperatur und Luftfeuchte auftreten.

Ergänzend können zusätzlich bauphysikalische Untersuchungen (z.B. raumseitige Gebäudethermografie oder Untersuchungen der Luftdichtheit) eingesetzt werden. Bei der raumseitigen Thermografie wird die Oberflächentemperatur in der kalten Jahreszeit berührungslos gemessen. Temperaturdifferenzen, die auf Wärmebrücken oder Feuchte in der Bausubstanz hindeuten, werden sichtbar. An solchen Verdachtsbereichen für mikrobiellen Befall können während der Begehung Klebefilmpräparate (Folienkontaktproben) gewonnen und zeitnah auf aktiven Befall (Vorhandensein von Myzel/Sporenträger) untersucht werden. Da die Gebäudethermografie durch eine Vielzahl von Faktoren (z.B. Materialeigenschaften, Bauweise, Wetterlage, Sonneneinstrahlung, Einrichtungsgegenstände) beeinflusst werden kann, gehört die Durchführung und Bewertung der Aufnahmen in die Hand von erfahrenen Sachverständigen.

Durch eine Thermografie werden Differenzen in der Temperatur von Bauteiloberflächen als Farbmuster erkennbar. Eine raumseitige Thermografie ermöglicht die Verdeutlichung von Wärmebrücken sowie feuchten Stellen und kann dadurch auch zur Ortung von Risikobereichen für Schimmelpilzwachstum (kühlere Stellen) eingesetzt werden.

Schimmel findet oft gute Wachstumsbedingungen hinter Möbelstücken an Außenwänden, da hier die Zirkulation warmer Luft unterbunden wird und durch die dahinter liegenden kühlen Wandbereiche eine deutlich erhöhte Oberflächenfeuchte möglich ist. Daher sollte bei einer Innenraumbegehung bei Verdacht auch hinter Regalen, Schränken und Polstermöbeln auf Schimmelpilzbefall kontrolliert werden, vor allem, wenn die Möbel dicht an kühlen Außenwänden stehen (vgl. Ausführungen in Kapitel 3.1.3 und 3.1.4). Außerdem sollten, wenn möglich – insbesondere in bewohnten Dachgeschossen – abgetrennte Hohlräume und Verschlüsse etc. inspiziert werden. Bei Wasserschäden ist bei Leichtbaukonstruktionen insbesondere der Zwischenraum in der Konstruktion immer zu öffnen und zu kontrollieren (Rückseite von Gipswerkstoffplatten). Bei der Begehung sollten vom Sachverständigen neben den bauphysikalischen Parametern auch relevante Angaben über den Innenraum zielorientiert in Bezug auf Schimmelpilzbefall



erhoben werden (siehe auch ÖNORM EN ISO 16000-19). Die Erfassung allgemeiner Angaben zum Innenraum und dessen Nutzung sowie möglicher bekannter Quellen für Schimmelpilze ist für eine sinnvolle Interpretation der Messergebnisse zum Auftreten von Schimmelbefall im Innenraum (siehe Kapitel 5.2) und gegebenenfalls für eine Sanierung des Schimmelbefalls (siehe Kapitel 6) unerlässlich.

Wichtige Angaben im Begehungsprotokoll sind u.a.:

- Innenraum:
  - allgemeine Angaben (Lage und Größe, Alter des Gebäudes, bauliche Besonderheiten, Nassräume, Baumaterialien, Unterkellerung, Dachgeschoß, Dämmung, Art der Fenster)
  - Ausstattung des Innenraums (Fußböden, Wände, Möblierung, Vorhänge, Topfpflanzen, Luftbefeuchter)
  - Lüftungstechnische Anlagen
  - Heizungssystem
  - Art der Raumnutzung
  - Anzahl der Bewohner
  - Heizungs- und Lüftungsverhalten
  - Wärmedämmmaßnahmen
  - Geruch: Art und Intensität
- Hinweise auf Schimmelbefall und/oder Feuchteschäden im Innenraum:
  - sichtbarer Schimmelbefall, Feuchteflecken und sonstige Feuchteschäden
  - früheres oder aktuelles Auftreten von Feuchte- bzw. Schimmelproblemen (inklusive bisher erfolgter Maßnahmen)
  - Wasserschäden, Heizungsleckagen
  - Materialien mit Feuchteschäden (z.B. Mauerwerk, Möbel, Dämmmaterialien, Bücher)
  - Baumaßnahmen mit Feuchteintrag
- Mögliche weitere Schimmel- oder Feuchtequellen im Innenraum:
  - Sammeln von Biomüll im Innenraum
  - Topferde von Zimmerpflanzen
  - Käfigtierhaltung
  - Gewächshaus in Verbindung mit dem Innenraum
  - Luftbefeuchter, Zimmerspringbrunnen
  - Aquarium in der Wohnung
  - feuchtes Feuerholz
- Mögliche Schimmelquellen im Umfeld:
  - emittierende Betriebe in der Umgebung wie Kompostwerke, Gärtnereien, Wertstoffsortieranlagen, landwirtschaftliche Betriebe
  - Mülltonnen für Bioabfälle, Komposthaufen

Es ist sinnvoll, diese Angaben in einem standardisierten Begehungsprotokoll festzuhalten, in das alle Informationen, inklusive ggf. fotografischer Dokumentation eingetragen werden. Ein solches Begehungsprotokoll dient als Checkliste für die Untersuchung vor Ort und soll eine vergleichbare und nachvollziehbare Dokumentation ermöglichen. Für die Untersuchung im Labor müssen alle Daten enthalten sein, die eine eindeutige Zuordnung und Charakterisierung der Probe erlauben (Probenahmeprotokoll). Bei der Erstellung des Begehungsprotokolls sollte berücksichtigt werden, dass dieses als Unterlage für weitere Sachverständige (bspw. Architekten, Umweltmediziner) dienen kann. Es muss daher auf Verständlichkeit und Nachvollziehbarkeit geachtet werden.

Aus den Ergebnissen der Ortsbegehung leitet sich das weitere Vorgehen ab. In vielen Fällen ergeben sich aus der Ortsbegehung bereits konkrete Empfehlungen für Sanierungsmaßnahmen des festgestellten Schimmelbefalls, ohne dass weitere Untersuchungen notwendig sind. Insbesondere bei optisch eindeutig wahrnehmbarem Schimmelbefall und erkennbarer Schadensursache sind weiterführende Messungen entbehrlich. Es sollten vielmehr zeitnah Schritte zur Sanierung (siehe Kapitel 6) unternommen werden. Zum Nachweis, dass es sich um Schimmelbefall handelt, können Klebefilmpräparate (Folienkontaktproben, siehe Kapitel 5.1.2.1) sinnvoll sein.

### **5.1.2 Weiterführende Untersuchungen**

Falls sich durch Ortsbegehung und bauphysikalische Untersuchungen nicht eindeutig abklären lässt, ob ein Schimmelproblem vorliegt oder wo der Schimmelbefall sich genau befindet, sind weiterführende Untersuchungen erforderlich. Vor der Beauftragung weiterführender Untersuchungen muss das Ziel der Untersuchung genau definiert werden. Der Sachverständige hat vor der Übernahme eines Auftrages eine dem Untersuchungsziel angepasste Untersuchungsstrategie vorzulegen, wobei auch deutlich werden soll, welche Aussagen durch die vorgeschlagenen Methoden möglich sind. Es gibt kein Verfahren zur Probenahme und zum Nachweis von Schimmelpilzen und Bakterien, das für alle Fragestellungen anwendbar ist, eine absolute Quantifizierung von Schimmelbestandteilen in der Innenraumluft ist zum derzeitigen Zeitpunkt mit keiner Methode möglich. Die üblicherweise angewandte Bestimmung von KBE (Kolonie bildende Einheiten) pro m<sup>3</sup> Luft liefert nur einen groben Richtwert, da die Ausbildung von Kolonien von der Keimfähigkeit, den gewählten Medien und der Sammelmethode abhängt. In der Hand eines erfahrenen Analytikers führt diese Methode unter Berücksichtigung der vor Ort angetroffenen Situation meist dennoch zu aussagekräftigen Ergebnissen. Manche Methoden sind dagegen zur Beurteilung von Schimmelbefall in Innenräumen als gänzlich ungeeignet anzusehen.

Einen Überblick über die entsprechenden Messstrategien bei Schimmelbefall gibt die ÖNORM EN ISO 16000-19.

**Messungen von Schimmelpilzen dienen dazu, zu erkennen, ob ein Schimmelbefall im Raum vorhanden ist** und ggf. welche Ausdehnung der Befall hat. Messungen sollten normgerecht erfolgen.

**Schimmelbefall wird durch den Nachweis von Schimmelpilzen als Leitorganismen bestimmt. Eine Untersuchung auf andere, bei Schimmelbefall auftretende Mikroorganismen ist daher in der Regel nicht notwendig.**

Nur in Ausnahmefällen (mikrobiell verursachte Gerüche, massive Durchfeuchtung) ist eine Untersuchung von Materialien auf Bakterien sinnvoll (siehe Kapitel 5.1.2.4).

Eine quantitative Erfassung einer Schimmelexposition zur Beurteilung eines individuellen gesundheitlichen Risikos ist mit Schimmelmessungen grundsätzlich nicht möglich.

Folgende Probenahme- und Nachweisverfahren für Schimmelpilze im Innenraum wurden als ÖNORMen standardisiert (siehe auch Anhang 4):

- ÖNORM ISO 16000-16 (2015)  
Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen – Probenahme durch Filtration
- ÖNORM ISO 16000-17 (2015)  
Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen – Kultivierungsverfahren
- ÖNORM ISO 16000-18 (2015)  
Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen – Probenahme durch Impaktion
- ÖNORM EN ISO 16000-19 (2015)  
Probenahmestrategie für Schimmelpilze
- ÖNORM ISO 16000-20 (2016)  
Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen – Bestimmung der Gesamtsporenzahl

Eine wichtige, nicht als ÖNORM übernommene ISO-Norm ist:

- ISO 16000-21 z.B. DIN ISO 16000-21 (2014)  
Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen – Probenahme von Materialien

Materialien können direkt untersucht werden, um das Ausmaß des Befalls festzustellen (siehe Kapitel 5.1.2.1). Wurden bei der Ortsbegehung weder sichtbares Schimmelwachstum noch bautechnische Auffälligkeiten ermittelt und liegen dennoch geruchliche Probleme, Feuchteschäden oder gesundheitliche Beschwerden bei den Raumnutzern vor, die auf Schimmel hindeuten, kann der Einsatz eines Suchhundes zum Auffinden und zur Lokalisation verdeckten Befalls von Nutzen sein (siehe Kapitel 5.1.2.2).

Messungen von kultivierbaren Schimmelpilzen in der Innenraumluft können Hinweise auf die Wahrscheinlichkeit von Schimmelbefall liefern und erlauben die Art- oder Gattungsbestimmung der nachgewiesenen Schimmelpilze (siehe Kapitel 5.1.2.3). Durch die Identifizierung der Schimmelpilze erhält man zusätzliche Hinweise auf Feuchteschäden (Feuchteindikatoren, siehe Kapitel 1), auf die Ursachen einer möglichen Belastung und in Einzelfällen auf mögliche gesundheitliche Auswirkungen durch spezielle Schimmelpilzarten (z.B. *Aspergillus fumigatus*, siehe Kapitel 2).

Die Untersuchung von Staubproben kann Auskunft über eine mögliche andauernde Schimmelbelastung im Innenraum geben, da sich im Staub Schimmelpilze über einen längeren Zeitraum anreichern („Passivsammler“). Bis heute ist es aber aufgrund von Schwierigkeiten, ausreichende Mengen eines definierten Sedimentationsstaubes zu sammeln, der unterschiedlichen Zusammensetzung des Hausstaubs und der geringen Überlebensfähigkeit mancher Pilzsporen nicht gelungen, ein standardisiertes Verfahren zur Analytik und Beurteilung von Staubproben zu erarbeiten. Daher können Ergebnisse von Staubuntersuchungen nur relativ (in Bezug auf bspw. Referenzbereiche ohne vermuteter Belastung) beurteilt werden.

Da in der Regel nur ein Teil der tatsächlich vorhandenen Schimmelpilzsporen kultivierbar ist, andererseits allergische oder toxische Wirkungen auch von nicht kultivierbaren Mikroorganismen und deren Bestandteilen ausgehen können (siehe Kapitel 2), wurden Methoden entwickelt, um die Gesamtsporenzahl der Schimmelpilze (siehe Kapitel 5.1.2.5) ohne Kultivierung nachzuweisen.

Mitunter, vor allem bei älteren Fertigteilhäusern, wird der Geruch nach Chloranisolen mit Schimmelgeruch verwechselt. Hier kann eine analytische Untersuchung auf diese Substanzgruppe Klarheit schaffen. Bei Geruchsproblemen kann auch die analytische Bestimmung von MVOC unter bestimmten Voraussetzungen Hinweise auf die Ursache des Geruches oder verdeckten Schimmelbefall geben (siehe Kapitel 5.1.2.6).

Auf biochemischer oder molekularbiologischer Grundlage wurden Verfahren zum schnellen Nachweis von Schimmelwachstum wie z.B. Nachweis von ATP, Enzymaktivität, speziellen Antigenen oder Zellbestandteilen entwickelt (siehe Kapitel 5.1.2.7). Diese Verfahren sind jedoch derzeit für den Einsatz in der Praxis noch nicht ausreichend validiert.

## Zusammenfassung der weiterführenden Untersuchungen für Innenräume

**Verfahren, die in der Fachwelt als verbindlich akzeptiert sind und von der Mehrheit der Fachleute in der Praxis angewendet werden:**

- Messung von kultivierbaren vitalen Schimmelpilzen in der Luft (ÖNORM ISO 16000-16 bis 18)
- Messung der kultivierbaren Schimmelpilze im Material (DIN ISO 16000-21)
- Messung der Gesamtsporenzahl in der Luft (ÖNORM ISO 16000-20)
- Direktmikroskopie inklusive Klebefilmpräparaten (Folienkontaktproben)
- Kontaktkulturen (Abklatsch-/Abdruckproben)

**Verfahren, die zwar Anwendung finden, aber gegenwärtig in der Fachwelt nicht als weitgehend akzeptiert gelten:**

- Messung der kultivierbaren (Aktino)Bakterien im/auf Material
- MVOC Messungen (VDI 4254 Blatt 1)
- Messung der Gesamtzahl an Bakterien im Material
- Schimmelsuchhunde

**Verfahren, die im Moment in wissenschaftlichen Forschungsprojekten eingesetzt werden oder in der Erprobungsphase sind, aber noch nicht für routinemäßige Messungen im Innenraum geeignet sind, da keine standardisierten Messverfahren und/oder allgemein anerkannte Beurteilungskriterien vorhanden sind:**

- molekularbiologische Nachweismethoden von Mikroorganismen
- Nachweis von Mykotoxinen und anderen Sekundärstoffwechselprodukten
- Nachweis von Endotoxinen,  $\beta$ -Glukanen und anderen Zellbestandteilen
- Schnellverfahren zum Nachweis von Schimmelwachstum (z.B. ATP)
- Gesamtzellzahl im Material durch Mikroskopie
- Gesamtzellzahl in der Luft durch Filtration und Mikroskopie
- Messung von Aktinomyzeten in der Luft
- Vorgangsweise nach WTA-Merkblatt 4-12-16/D zur Freimessung von Räumen nach einer Schimmelsanierung
- Messung von pilzspezifischen Enzymen

**Nicht für Innenräume empfohlene Messverfahren (Ausnahmen für spezielle Anwendungsfälle möglich):**

- Messung kultivierbarer Schimmelpilze in der Luft durch Sedimentationsplatten (Ausnahme: bestimmte Anwendungen in medizinischen Einrichtungen, in der Lebensmittelverarbeitung etc.)
- Messung von Schimmelpilzsporen im Hausstaub
- Messung der kultivierbaren Gesamtbakterien in der Innenraumluft

In der Infobox 13 werden Verfahren vorgestellt, die in Innenräumen angewendet werden. In der Praxis sollen möglichst solche Verfahren die Grundlage einer Beurteilung bilden, die in der Fachwelt als verbindlich akzeptiert sind und von der Mehrheit der Fachleute in der Praxis angewendet werden. Meist dienen diese dem Aufspüren eines sanierungsbedürftigen Schadens oder der Kontrolle nach einem Schaden. Verfahren, die (noch) nicht von der Mehrheit der Fachleute in der Praxis angewendet werden, können im Einzelfall hinzugezogen werden, um weitergehende Aussagen zu erhalten. Eine Beurteilung des Befalls und eine Sanierungsentscheidung dürfen alleine aufgrund solcher Methoden jedoch nicht getroffen werden.

Weiterführende Untersuchungen sollten nur von erfahrenen Fachleuten und Institutionen durchgeführt werden, die ein internes Qualitätsmanagement durchführen und sich regelmäßig an externen Qualitätssicherungsmaßnahmen beteiligen (siehe Kapitel 5.1.3).

#### **5.1.2.1 Messung der Schimmelpilze und Bakterien auf Materialoberflächen und im Material**

Materialproben (wie z.B. Putz, Tapete, Holzteile, Estrich, aber auch Blumenerde und Dämmungsmaterialien) werden untersucht, um Hinweise auf die Art und Ausdehnung eines Schimmelbefalls zu erhalten.

**Die Untersuchung von Schimmelpilzen und in Einzelfällen auch von Bakterien auf oder in Materialien gibt Hinweise auf die Art und Ausdehnung eines Schimmelbefalls oder einer Kontamination.**

Materialproben können durch Mikroskopie und Kultivierung untersucht werden.

Untersuchungen von Material werden mit folgenden Zielen durchgeführt:

- Fragestellung, ob es sich bei Materialverfärbungen um Schimmel handelt
- Unterscheidung zwischen einem Befall und einer Kontamination (siehe Kapitel 1.1)
- Bestimmung von Art und Ausdehnung des Befalls in der Fläche
- Bestimmung von Art und Stärke des Befalls in der Tiefe des Materials

Zur einfachen und schnellen Bestätigung, ob es sich bei Verfärbungen an der Wand oder auf anderen Materialien tatsächlich um Schimmel handelt, können Klebefilmpräparate (Folienkontaktproben) hergestellt werden. Dabei werden die auffälligen Bereiche mit Klebefolie beprobt. Der Nachweis der Mikroorganismen erfolgt anschließend mikroskopisch. Durch den Nachweis von Myzel kann das Wachstum von Schimmelpilzen oder Aktinomyzeten auf dem Material nachgewiesen werden.

Abklatsch-/Abdruckproben, wie sie zur Überprüfung der Sauberkeit von Oberflächen z.B. in raumlufttechnischen Anlagen (siehe VDI 6022), medizinischen Einrichtungen oder in der Lebensmittelhygiene eingesetzt werden, müssen bezüglich Schimmelpilzwachstum vorsichtig interpretiert werden, da auch sedimentierte Schimmelpilzsporen auf dem Nährmedium wachsen und daher hinsichtlich Schimmelbefall zu falsch positiven Aussagen führen können.

Zur Untersuchung der Schimmelpilze in der Tiefe des befallenen Materials wird eine Materialprobe entnommen, zerkleinert und sowohl mikroskopisch als auch mit dem Verdünnungsverfahren mittels Kultivierung untersucht. Beim Verdünnungsverfahren wird das zerkleinerte Material in einem wässrigen Medium suspendiert und ein definierter Anteil dieser Suspension wird auf Nährböden ausgebracht. Durch Anfärbung mit einem Fluoreszenzfarbstoff kann das Myzel von Pilzen im Fluoreszenzmikroskop optisch nachgewiesen werden.

Die Kultivierung erlaubt eine Aussage zur Konzentration der kultivierbaren Schimmelpilze pro Gramm Material. In den letzten Jahren wurde ein Verfahren zu Materialuntersuchungen erarbeitet, validiert und standardisiert (DIN ISO 16000-21). Neben der Konzentrationsbestimmung ist die Identifizierung der vorhandenen Arten oder Gattungen von Schimmelpilzen wichtig. Das Vorkommen von typischen Feuchteindikatoren (siehe Kapitel 1) ist ein deutlicher Hinweis auf erhöhte Feuchte und Schimmelwachstum im Material.

Bei der direkten mikroskopischen Untersuchung liefert der Nachweis von relevanten Mengen an Myzel im Material einen guten Hinweis, dass es sich um Schimmelwachstum im Material und damit um einen Befall und nicht um eine Kontamination handelt (siehe Kapitel 5.2).

Die Beurteilung eines Materials durch direkte Mikroskopie erfordert viel Erfahrung. Da nur sehr kleine Materialflächen untersucht werden können, kann es zu falsch negativen Ergebnissen kommen. Daher ist es sinnvoll, das Material parallel mittels der sensitiveren Kultivierungsmethode zu untersuchen. Wenn bei der direkten Mikroskopie bereits ein massives Wachstum von Schimmelpilzen nachgewiesen wird, kann auf eine Kultivierung verzichtet werden (siehe auch das Beurteilungsschema für Materialien in Fußbodenaufbauten in Anhang 6).

Bei der **Untersuchung von Materialien** ist zu beachten, dass stets eine gewisse Zahl von Pilzsporen in allen Materialproben vorhanden ist. Die Anwesenheit von mikrobiellen Bestandteilen sollte nicht automatisch zu dem Schluss führen, dass das Material befallen ist.

Durch sedimentierten Staub können auch höhere Konzentrationen „materialfremder“ Schimmelpilze im Material nachgewiesen werden. Eine Fehlinterpretation der Ergebnisse kann durch eine möglichst kontaminationsfreie Probenahme und durch Vermeidung staubbelasteter Proben ausgeschlossen werden.

In den letzten Jahren wurden durch Untersuchungen von Materialien ohne bekannte Feuchteschäden Vergleichswerte für das übliche Auftreten von Schimmelpilzen in bestimmten Baumaterialien (Hintergrundbelastung) abgeleitet. Durch Vergleich der bei einem vermuteten Schimmelschaden erhaltenen Messwerte mit solchen Vergleichswerten kann beurteilt werden, ob ein relevantes Schimmelwachstum im Material stattgefunden hat (siehe Kapitel 5.2.2).

Bakterien werden bei Verdacht auf Schimmelbefall in Materialien nicht routinemäßig untersucht, da mikrobieller Befall meist bereits durch die Messung der Schimmelpilze nachgewiesen werden kann. Bei sehr nassen Materialien haben Bakterien jedoch einen Wachstumsvorteil und es treten kaum Schimmelpilze auf. Bei Verdacht auf mikrobiellen Befall und unauffälligen Messergebnissen hinsichtlich der Schimmelpilzkonzentration sollten daher auch Untersuchungen auf Bakterien (insbesondere bei sehr nassem Material und/oder bei muffigen Gerüchen) sowie Aktinomyzeten (insbesondere bei älteren Schäden) erfolgen. Zum Nachweisverfahren von Bakterien siehe Kapitel 5.1.2.4.

### 5.1.2.2 Schimmelsuchhunde

Schimmelsuchhunde können bei Verdacht auf verdeckten Schimmelbefall in Gebäuden eingesetzt werden, um Hinweise auf das Vorhandensein und die Lokalisation von Schimmelbefall zu erhalten. In den letzten Jahren wurden Untersuchungen zur Validierung durchgeführt und Qualitätssicherungsmaßnahmen aufgebaut (siehe Kapitel 5.1.3).

**Schimmelsuchhunde können helfen, verdeckten Schimmelbefall zu lokalisieren, da sie in der Lage sind, u.a. MVOC (mikrobiell verursachte flüchtige organische Verbindungen) bereits in geringen Konzentrationen zu riechen.**

**Eine Entscheidung für eine Sanierung der betroffenen Innenräume darf alleine aus der Markierung des Schimmelsuchhundes nicht abgeleitet werden, sondern es müssen weitere Untersuchungen durchgeführt werden, wie Bauteilöffnungen an Verdachtsstellen und gegebenenfalls mikrobiologische Untersuchungen. Erst dann ist eine Entscheidung über die Sanierung zu treffen.**





Abbildung 26:  
Schimmelsuchhund  
(Quelle: Österreichische  
Schimmel-Suchhunde-Staffel)

Allein auf der Basis eines von einem Schimmelsuchhund erkannten und markierten Schimmelbefalls darf keine Sanierungsentscheidung abgeleitet werden. Zu beachten ist, dass der vom Hund im Innenraum markierte Standort nicht unbedingt der Befallsort sein muss. Dies ist z.B. der Fall, wenn die vom Hund wahrgenommenen MVOC aufgrund von Luftströmungen nicht unmittelbar an der Befallsstelle austreten. In solchen Fällen kann die Interpretation der Markierung des Schimmelsuchhundes schwierig sein. Daher ist es wichtig, dass der Suchhundeführer bauphysikalische Zusammenhänge, die das Verdriften von Gerüchen beeinflussen können, kennt.

### 5.1.2.3 Messung von kultivierbaren Schimmelpilzen in der Innenraumluft

Die Methode zur Bestimmung der kultivierbaren luftgetragenen Schimmelpilzsporen in der Innenraumluft ist die am weitesten verbreitete Methode zur Erfassung von Schimmelbefall in Gebäuden. Sie stellt eine Momentaufnahme der Schimmelpilzkonzentration in der Raumluft dar und ermöglicht eine Aussage darüber, ob eine Schimmelquelle wahrscheinlich ist oder nicht. Besonders bei verdeckten Schäden kann es aber vorkommen, dass trotz umfangreichen Befalls nur unauffällige Schimmelpilzkonzentrationen in der Raumluft nachweisbar sind.

Die Methode beruht darauf, dass die kultivierbaren Schimmelpilzsporen nach geeigneter Sammlung auf zwei unterschiedlichen Nährböden (DG18- und Malzextraktagar) angezchtet werden (ÖNORM ISO 16000-17). Durch die Kultivierung wachsen die gesammelten Sporen auf den Nährböden zu einzelnen Kolonien und können gezählt und als Gesamtzahl der Koloniebildenden Einheiten pro Luftvolumen (Gesamt-KBE/m<sup>3</sup>) angegeben werden. Der Vorteil dieser Methode ist, dass damit nicht nur eine Bestimmung der Gesamtkoloniezahl, sondern auch eine Differenzierung (Unterscheidung) der einzelnen

vorhandenen Schimmelpilzarten oder Schimmelpilzgattungen möglich ist. Der Nachteil der Methode ist, dass nicht alle Schimmelpilze kultivierbar sind, da Sporen durch die Probenahme unter Stress gesetzt werden und dadurch die Keimfähigkeit abnimmt und überdies einige Pilzarten, darunter auch typische Feuchteindikatoren, generell nicht oder nicht gut kultivierbar sind. Geeignete Verfahren zum Sammeln von Schimmelpilzen aus der Luft mit anschließender Kultivierung sind die Filtration (ÖNORM ISO 16000-16) und die Impaktion (ÖNORM ISO 16000-18). Dabei werden definierte Luftmengen mit einer Pumpe angesaugt und die in der Luft enthaltenen Schimmelpilzsporen auf einem Filter (Filtration) oder direkt auf dem Nährmedium (Impaktion) abgeschieden.

Im Versandhandel können Schimmeltestkits bezogen werden, die von betroffenen Personen (Laien) selber in der Wohnung ausgelegt und anschließend zur Auswertung an ein Labor zurückgesandt werden sollen. Diese Do-It-Yourself-Messungen kultivierbarer Schimmelpilze durch Sedimentation (über einen bestimmten Zeitraum offen stehende Petrischalen) liefern keine reproduzierbaren, häufig falsch negative Ergebnisse und werden daher für Innenräume nicht empfohlen. Allgemein gilt die passive Probenahme über die Sedimentation als ungeeignet und ist nur bei bestimmten Fragestellungen (z.B. in Reinnräumen) sinnvoll anwendbar (Reinthaler 2016).

Für die Unterscheidung, ob die nachgewiesenen Schimmelpilze auf eine innerhalb oder außerhalb des Innenraums liegende Quelle zurückzuführen sind, wird in der Regel zeitnah zur Messung der Innenraumluft auch die Außenluft untersucht. Aus dem Vergleich der in der Innenraumluft und in der Außenluft erhaltenen Messwerte kann abgeleitet werden, wie hoch die Wahrscheinlichkeit für einen Schimmelbefall im Innenraum ist. Eine Schimmelquelle ist dann im Innenraum zu vermuten, wenn die Konzentration der Schimmelpilze im Innenraum deutlich über der Konzentration in der Außenluft liegt und/oder die Zusammensetzung der Arten in der Innenraumluft deutlich von der Zusammensetzung der Arten in der Außenluft abweicht (siehe Kapitel 5.2.3). Alternativ zur Außenluftprobe können auch Räume im selben Gebäude beprobt werden, die keinen Schimmelbefall aufweisen (sog. Referenzräume). Referenzräume werden vor allem bei Gebäuden gemessen, in denen die Außenluft nicht als Referenz herangezogen werden kann (z.B. Gebäude mit Lüftungstechnischen Anlagen).

Zusätzlich zur Konzentrationsbestimmung der Schimmelpilze in der Innen- und Außenluft ist die Identifizierung der bewertungsrelevanten Schimmelpilzarten bzw. -gattungen für die Beurteilung der untersuchten Fragestellung von großer Bedeutung. Aus den Ergebnissen der Schimmelmessung allein kann jedoch keine Gesamtbeurteilung der Situation abgeleitet werden. Für eine situativ-integrative Beurteilung oder eine Sanierungsentscheidung müssen unter anderem die Ergebnisse der Ortsbegehung und bauphysikalischer Untersuchungen berücksichtigt werden.

**Die aktive Messung der Konzentration kultivierbarer Schimmelpilze in der Innenraumlufte (Gesamt-KBE Schimmelpilze) stellt eine Momentaufnahme der Schimmelpilzkonzentration in der Innenraumlufte dar.**

Die Identifizierung der Schimmelpilzarten oder -gattungen (Unterschiede zur Außenluft, Indikatorarten) kann wichtige Hinweise geben, ob ein Schimmelbefall im Innenraum vorhanden ist. Parallelmessungen sind notwendig, um die zeitlichen und räumlichen Schwankungen der Schimmelpilzkonzentrationen zu berücksichtigen.

Aus dem Vergleich der Ergebnisse der Innenraumlufte- und Außenluftuntersuchungen kann meist abgeleitet werden, ob im Innenraum eine Schimmelquelle wahrscheinlich ist oder nicht (siehe Kapitel 5.2). Auch benachbarte unbelastete Räume können als Referenz herangezogen werden (insbesondere sinnvoll bei Gebäuden mit Lüftungstechnischen Anlagen).

Raumluftmessungen sind generell nur in gereinigten Objekten sinnvoll und aussagekräftig.

Do-It-Yourself-Messungen durch Sedimentation (über einen bestimmten Zeitraum offen stehende Petrischalen) liefern keine reproduzierbaren Ergebnisse und werden für Innenräume nicht empfohlen.

Die Beantwortung der Frage, ob eine Schimmelquelle im Innenraum wahrscheinlich ist, ist in der Praxis oft erschwert, da ...

- mikrobiologische Bestimmungen mit einer hohen Streuung behaftet sind. Schimmelpilzsporen sind in der Luft nicht gleichmäßig verteilt, sondern ihre Verteilung hängt von den unterschiedlichsten Parametern (z.B. Sporengröße, Sporenform, Luftzirkulation, Bewegungen im Raum, Staublast, relative Feuchte) ab. Daher sind einzelne Schimmelpilzmessungen mit einem großen Unsicherheitsfaktor behaftet. Es wird empfohlen, mehrere Messungen (z.B. zwei unterschiedliche Volumina in Mehrfachbestimmung) durchzuführen.
- biogene Schadstoffe im Gegensatz zu vielen chemischen Schadstoffen nicht stabil sind, sondern sich in Bezug auf ihre Eigenschaft, Größe und Zusammensetzung ständig verändern können. Ein zu einem bestimmten Zeitpunkt festgestellter Befall kann sich innerhalb einer Woche in Bezug auf seine dominierende Artenzusammensetzung und Ausdehnung verändern.
- nicht alle vorhandenen Schimmelpilze kultivierbar sind. Manche Schimmelpilzarten wachsen sehr schlecht auf künstlichen Nährmedien, besonders, wenn sie unter Stressbedingungen (z.B. längeres Austrocknen) überleben mussten. Je nach

Zusammensetzung der Schimmelpilzpopulation können durch Kulturen auf Nährböden deutlich weniger Schimmelpilze nachgewiesen werden als tatsächlich vorhanden sind. Die Ermittlung der Gesamtsporenkonzentration, die unabhängig vom Wachstum auf Nährmedien ist, kann diesem Problem Rechnung tragen (siehe Kapitel 5.1.2.5).

- die allgemein genutzte Bezugsgröße für eine Innenraumbelastung die Außenluftbelastung ist, die ihrerseits sehr starken örtlichen, witterungsbedingten und jahreszeitlichen Einflüssen unterliegt. Bei hohen Schimmelpilzkonzentrationen in der Außenluft (vor allem im Sommerhalbjahr, siehe Kapitel 1.2) ist es oft schwierig, ein Schimmelwachstum im Innenraum nachzuweisen. Im Winterhalbjahr, insbesondere bei Schneelage, liegen die Außenluftkonzentrationen dagegen zeitweise in einem sehr niedrigen Bereich. Außerdem können lokale Schimmelpilzquellen wie u.a. Biotonnen oder Kompost zu einer erhöhten Schimmelpilzkonzentration in der Außenluft beitragen. Ein rein zahlenmäßiger Vergleich mit diesen Außenluftwerten als Referenz kann zu Fehlinterpretationen führen. Daher kann es hilfreich sein, für die Jahreszeit und die Wohngegend typische Außenlufteffahrungswerte bei der Beurteilung heranzuziehen (siehe Anhang 7).
- in Gebäuden mit hoher Staubbelastung (bspw. in einem ungereinigten Rohbau) davon auszugehen ist, dass Schimmelsporen im sedimentierten Staub in zum Teil stark erhöhter Konzentration enthalten sein können, ohne dass eine aktive Schimmelquelle vorliegt. Raumluftmessungen sind daher nur in gereinigten Objekten sinnvoll und aussagekräftig.

#### 5.1.2.4 Messung von kultivierbaren Bakterien

Bakterien werden nicht routinemäßig bei Verdacht auf Schimmelbefall untersucht, da die Konzentrationen von Bakterien in der Luft sehr stark schwanken und schon alleine durch die ausführende Person und die Raumnutzer durch Abschilferung der auf der Haut in großer Anzahl vorhandenen Bakterien deutlich beeinflusst werden können. Die Gesamtkonzentration an Bakterien in der Luft ist (mit Ausnahme von bspw. medizinischen Einrichtungen) weder hinsichtlich gesundheitlicher Wirkungen noch hinsichtlich Schimmelbefall aussagekräftig. Eine Erfassung von Aktinomyzeten in der Raumluft ist ebenfalls in der Regel nicht sinnvoll, da es keine standardisierte Methode und keine Bewertungskriterien für die Ergebnisse gibt.



Die Messung von Bakterien in der Raumluft ist (außer in medizinischen Einrichtungen) nicht sinnvoll, nicht aussagekräftig und daher meist überflüssig.

In Ausnahmefällen (dumpfe oder muffige Gerüche, massive Durchfeuchtung) kann eine Untersuchung von Materialien auf Bakterien sinnvoll sein.

Die Untersuchung von Bakterien (insbesondere Aktinomyzeten) in Materialien kann in Einzelfällen sinnvoll sein, wenn geruchsauffälliges Material bzw. schimmelähnliche, dumpfe bzw. muffige Gerüche in der Raumluft auftreten. Eine kombinierte Untersuchung auf Schimmelpilze und Bakterien ist in diesen Fällen sinnvoll, um zeitnah ein Ergebnis zu erhalten. Bei manchen Altschäden und bei Durchfeuchtungsschäden kann es vorkommen, dass Bakterien bzw. Aktinomyzeten dominieren und nur wenige Schimmelpilze nachweisbar sind. Auch bei Verdacht auf Schimmelbefall und keinen auffälligen Schimmelpilzkonzentrationen sollten daher Untersuchungen auf Aktinomyzeten erfolgen (insbesondere bei Altschäden).

Gesamtbakterien in (Bau-)Materialien werden auf CASO-Agar nachgewiesen, es gibt aber bislang kein standardisiertes Nachweisverfahren. Es ist nicht möglich, eine allgemein anwendbare Routinemethode zum Nachweis aller Aktinobakterien anzugeben. Deshalb wird empfohlen, die myzelbildenden Bakterien der Ordnung *Actinomycetales* auf Mineralagar nach Gauze (siehe Anhang 5) zu isolieren, das erhaltene Ergebnis als KBE-Aktinomyzeten anzugeben und bei der Interpretation darauf hinzuweisen, dass mit dieser Untersuchung nur ein Teil der Aktinomyzeten erfasst werden kann.

#### 5.1.2.5 Messung der Gesamtsporenzahl in der Luft

Reizende, toxische und sensibilisierende Wirkungen können sowohl von kultivierbaren als auch von nicht kultivierbaren luftgetragenen Sporen ausgehen (siehe Kapitel 2). Nach Abtrocknung eines Feuchteschadens und bei trockenen Altschäden sind Pilzsporen oft nicht mehr kultivierbar, können jedoch noch zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen. Daher ist die Bestimmung der Gesamtsporenzahl der Schimmelpilze durch Verfahren, die nicht auf einer Kultivierung beruhen, in vielen Fällen sinnvoll. So kann z.B. *Stachybotrys chartarum*, eine Schimmelpilzart, die zur Bildung von Mykotoxinen fähig ist, oft nicht durch Kultivierung, aber über die direkte Bestimmung der charakteristisch geformten Sporen nachgewiesen werden. Dieses Verfahren kann daher gut zur Sanierungskontrolle eingesetzt werden.

Die Bestimmung der Gesamtsporenzahl erfolgt nach ÖNORM ISO 16000-20 durch Schlitzdüsenimpaktion auf beschichtete Objektträger. Mit einem Partikelsammler werden luftgetragene Sporen auf einem beschichteten Objektträger fixiert und nach

Anfärbung mikroskopisch ausgewertet. Bakterien werden mit dieser Methode nicht erfasst. Ein großer Vorteil dieser kultivierungsunabhängigen Methode ist die schnelle Auswertung, da die zeitaufwendige Kultivierung entfällt. Der Nachteil ist, dass nicht zwischen lebenden und abgestorbenen Mikroorganismen unterschieden werden kann und dass eine Bestimmung der Schimmelpilzgattungen und -arten nur sehr eingeschränkt möglich ist. Die Bestimmung der Gesamtsporenzahl ist besonders zur Überprüfung des Sanierungserfolges wichtig, wenn während der Sanierung Biozide eingesetzt wurden (ein Biozideinsatz wird außer in Ausnahmefällen nicht empfohlen, siehe Kapitel 6.6). In diesem Fall lässt sich anhand der Bestimmung der Gesamtsporenzahl überprüfen, ob die Schimmelpilze nicht nur abgetötet, sondern nach dem Biozideinsatz auch durch Reinigung wirkungsvoll entfernt wurden.

Die Bestimmung der **Gesamtsporenzahl erfasst sowohl die kultivierbaren als auch die nicht kultivierbaren Schimmelpilze.**

Eine Differenzierung der Gattungen und Arten ist nur eingeschränkt möglich.

#### 5.1.2.6 MVOC-Messungen

Mikroorganismen können bei ihrem Wachstum eine ganze Reihe von flüchtigen organischen Verbindungen bilden. Analog zu den flüchtigen organischen Verbindungen, die allgemein als VOC (= Volatile Organic Compounds) bezeichnet werden, wurde für die von Mikroorganismen produzierten VOC der Begriff MVOC (Microbial Volatile Organic Compounds) geprägt. Die MVOC umfassen ein breites Spektrum unterschiedlicher chemischer Stoffklassen, z.B. Aldehyde, Alkanole, Alkenole, Ester, Ether, Karbonsäuren, Ketone, schwefelhaltige Verbindungen, Terpene, Terpenalkohole und Sesquiterpene. Bisher wurden etwa 30 Verbindungen identifiziert, die von Schimmelpilzen produziert werden können. Als deutliche Indikatoren für einen mikrobiellen Schaden werden 3-Methylfuran, Dimethyldisulfid, 1-Octen-3-ol, 3-Octanon und 3-Methyl-1-butanol angesehen. Weniger spezifische Indikatoren sind Hexanon, Heptanon, 1-Butanol und Isobutanol. Ein einheitliches Bewertungsschema für die gemessenen MVOC-Konzentrationen liegt noch nicht vor.

Einige MVOC sind bereits in sehr niedrigen Konzentrationen (Nanogramm pro Kubikmeter) geruchlich wahrnehmbar. Die Anwesenheit von MVOC kann ein Indikator für Schimmelbefall sein. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass diese Substanzen teilweise auch durch Bauprodukte, Reinigungsprodukte, Farben etc. sowie bei bestimmten Aktivitäten (z.B. Rauchen, Backen) im Raum freigesetzt werden können. Insbesondere in Neubauten oder nach größerer Sanierung im Bestand kann es bei MVOC-Messungen leicht zu falsch positiven Ergebnissen kommen. Bestimmte chemische

Verbindungen (z.B. Chloranisole, Chlornaphtaline) weisen einen schimmelähnlichen Geruch auf, ohne dass MVOC vorhanden wären. Bei Geruchsproblemen (insbesondere in älteren Fertighäusern aus Holzwerkstoffen) kann die Bestimmung dieser Substanzen sowie der (M)VOC Hinweise zur Art der Geruchsquelle (chemisch oder mikrobiell bedingt) liefern.

Schimmel kann beim Wachstum eine ganze Reihe von flüchtigen organischen Verbindungen (**MVOC**) bilden.

Bei Geruchsproblemen kann der Nachweis charakteristischer (M)VOC in der Innenraumluft Hinweise auf die Geruchsquelle geben. Viele MVOC haben allerdings auch andere Ursachen als Schimmelbefall.

Eine Abschätzung der Exposition gegenüber Schimmel oder eine Beurteilung des gesundheitlichen Risikos kann aus dem Nachweis von MVOC nicht abgeleitet werden.

Die Messung von MVOC kann mit zwei Methoden erfolgen: durch Probenahme an Tenax und anschließender Thermodesorption (Standardverfahren, siehe VDI 4254 Blatt 1) sowie durch Probenahme an Aktivkohle und anschließender Elution.

#### 5.1.2.7 Schnellverfahren zum Nachweis von Schimmelwachstum

Biochemische (z.B. Nachweis von ATP, Enzymaktivität, speziellen Antigenen oder Zellbestandteilen) und molekularbiologische (Q-PCR) Schnelltests zum Nachweis von Schimmelbefall generell oder von bestimmten Schimmelpilzen sind in der Praxis noch nicht ausreichend validiert und nicht standardisiert. In der Hand von Fachleuten können im Einzelfall jedoch einfache Schnellverfahren dazu beitragen, zu qualitativen Aussagen zu gelangen (Ja/Nein-Entscheidungen). Einige dieser Tests funktionieren, z.B. bei älterem Schimmelbefall, nach einer Desinfektion oder thermischen Behandlung sowie bei niedrigen pH-Werten gar nicht oder nur eingeschränkt. Dazu besteht noch Forschungsbedarf.



### **5.1.3 Qualitätssicherung**

Die fachgerechte Ermittlung eines Schimmelbefalls und seiner Ursachen ist eine komplexe Aufgabe. Es ist daher sinnvoll, dass die entsprechenden Untersuchungen sowie die Beurteilung der Ergebnisse – je nach Fragestellung – unter Beteiligung von Personen mehrerer Fachdisziplinen durchgeführt werden. Hierzu gehören insbesondere die Bereiche Bauwesen (Probenahme, Messung der bauphysikalischen Gegebenheiten, Probenahmeprotokoll, Ermittlung der baulich bedingten Ursachen), Mykologie (Probenahme, Nachweis der Schimmelpilze) und Hygiene. Für gesundheitliche Fragen müssen Umweltmediziner, Infektiologen, Allergologen oder Pulmologen hinzugezogen werden.

Vor der Auftragsvergabe weiterführender Untersuchungen an ein Messinstitut (siehe Infobox 12) sollte sich der Kunde bestätigen lassen, dass bei der Institution oder in dem Laboratorium die notwendigen Qualitätssicherungsmaßnahmen durchgeführt werden und die nötige Erfahrung vorhanden ist (siehe Kapitel 5.1.3.3).

#### **5.1.3.1 Qualitätsanforderungen an Sachverständige, die Ortsbegehungen und Probenahmen durchführen**

Sachverständige für die Probenahme und die Bewertung von Schadstoffen in Innenräumen besitzen meist ein abgeschlossenes Hoch- oder Fachhochschulstudium der Biologie, Chemie oder Ingenieurwissenschaft bzw. eine Meister- oder Techniker Ausbildung für ein entsprechendes Arbeitsgebiet. Zusätzlich ist eine spezielle Ausbildung im Bereich „Schimmel“ erforderlich, im Regelfall nachgewiesen durch eine Zertifizierung nach ISO/IEC 17024.

#### **5.1.3.2 Qualitätsanforderungen an Schimmelsuchhunde**

Für eine erfolgreiche Arbeit ist es unerlässlich, dass ein gut ausgebildeter Schimmelsuchhundeführer den Schimmelsuchhund führt. Bei der Ausbildung des Hundes ist es vorteilhaft, wenn der Hundeführer die Ausbildung gemeinsam mit seinem Hund als Team absolviert. Der Hundeführer muss eine enge Bindung zu seinem Suchhund haben, um das Verhalten und die Anzeigen des Tieres richtig interpretieren zu können. Regelmäßiges Training mit geeigneten Geruchsproben ist erforderlich, um die Qualität der Suchhundarbeit zu gewährleisten. Die Ausbildung des Hundeteams ist ein andauernder Prozess, deren Qualität regelmäßig überprüft werden muss. Der Hund wird darauf trainiert, geruchsauffällige Bereiche durch angelerntes passives oder aktives Anzeigeverhalten zu markieren (z.B. Anzeige mit der Pfote oder der Schnauze) und so dem anwesenden Hundeführer zu signalisieren, dass ein Schimmelbefall vorhanden ist.

Die Beurteilung, ob es sich um ein gut ausgebildetes Hund/Hundeführer-Team handelt, ist für den Auftraggeber einer Untersuchung sehr schwierig. Ein wichtiger Hinweis sind Zeugnisse von erfolgreich absolvierten Weiterbildungen und Prüfungen des jeweiligen



Hund/Hundeführer-Teams. Die Prüfungen müssen von unabhängigen Einrichtungen anhand einer standardisierten Prüfungsordnung durchgeführt werden. In Richtlinien einschlägiger Verbände werden Vorgaben zur Wesensprüfung und zur Prüfung zum Auffinden von Schimmelpilzen angeführt.

### **5.1.3.3 Qualitätsanforderungen an Untersuchungslaboratorien**

Für die meisten Schimmel-Untersuchungen in Innenräumen gibt es standardisierte Verfahren (siehe Kapitel 5.1.2). Bevorzugt sollten Untersuchungsinstitute beauftragt werden, die für diese Verfahren gemäß ÖVE/ÖNORM EN ISO/IEC 17025 akkreditiert sind oder eine vergleichbare analytische Qualitätssicherung durchführen.

Für die externe Qualitätssicherung muss das mykologische Labor nachweisen können, dass es regelmäßig und erfolgreich an Ringversuchen zum Nachweis von Schimmelpilzen teilnimmt. Außerdem werden durch einzelne Verbände regelmäßig Ringversuche zur Luftprobenahme und einzelne Ringversuche zur Gesamtsporenzahlbestimmung angeboten.

Für die Ermittlung einer Bakterienbelastung in Materialien gibt es, wie zuvor beschrieben, keine verbindlich vorgeschriebene Vorgehensweise, auch existieren bisher keine standardisierten Nachweisverfahren. Dadurch sind die Ergebnisse von verschiedenen Untersuchungseinrichtungen oft nicht miteinander vergleichbar. Daher kommt den Angaben in den entsprechenden Gutachten bezüglich der angewandten Nachweisverfahren, der verwendeten Beurteilungskriterien und der Interpretation und Bewertung der Ergebnisse eine besondere Bedeutung zu.

## **5.2 Bewertung der Ergebnisse**

Die in Kapitel 5.1 beschriebenen Vorgehensweisen und Untersuchungen und die in Kapitel 5.2 beschriebenen Bewertungsmöglichkeiten haben zum Ziel, herauszufinden, ob es eine Schimmelquelle im Innenraum gibt und wo diese zu lokalisieren ist. Zur Beurteilung, ob im Innenraum eine Schimmelquelle vorliegt, sind die Angaben des Begehungsprotokolls ggf. zusammen mit den Ergebnissen weiterführender Untersuchungen im Gesamtzusammenhang auszuwerten.

Die gesundheitliche Bewertung von Verunreinigungen der Innenraumluft erfolgt in der Toxikologie und Umweltmedizin üblicherweise mithilfe von gesundheitlich begründeten Grenz-, Richt- oder Leitwerten. Diese Vorgehensweise ist für Schimmel im Innenraum so nicht anwendbar, da es für Schimmelpilzkonzentrationen in der Innenraumluft, im Hausstaub oder in Materialien grundsätzlich keine gesundheitlich begründeten Grenz- oder Richtwerte gibt.

Dies liegt im Wesentlichen daran, dass bislang keine belastbare Expositions-Wirkungsbeziehung zwischen dem Auftreten von Schimmelpilzen im Innenraum und gesundheitlichen Wirkungen ermittelt werden konnte (siehe Kapitel 2). Die quantitative Abschätzung einer längerfristigen Exposition gegenüber Schimmel mithilfe von Messungen der Konzentration von Schimmelpilzen in der Innenraumluft ist dadurch erschwert bzw. verunmöglicht, dass ...

- mit den empfohlenen analytischen Methoden nur ein Bruchteil aller vorhandenen Sporen in der Raumluft quantitativ erfasst werden (Strauss 2016).
- Schimmelpilzmessungen zumeist nur einmalig und zudem nur für relativ kurze Zeiträume (Minuten bis Stunden) durchgeführt werden.
- die Konzentrationen an Schimmelpilzen in der Innenraumluft zeitlich und räumlich erheblich schwanken.
- die Sporenbildung der Schimmelpilzarten extrem unterschiedlich ausgeprägt ist – es ist möglich, dass bei großflächigem Schimmelbefall unauffällige Sporenkonzentrationen in der Raumluft auftreten.
- verdeckter Befall nicht mit erhöhten Sporenkonzentrationen in der Raumluft korreliert.
- einige Arten vorwiegend in der Außenluft vorkommen.
- häufig nur die kultivierbaren Schimmelpilze in der Innenraumluft bestimmt werden.
- der Einfluss von Pilzbestandteilen und Stoffwechselprodukten (Mykotoxine, MVOC, Zellbestandteile wie  $\beta$ -Glukane, Ergosterol) nicht ausreichend bekannt ist und diese in der Regel nicht bestimmt werden.
- die gesundheitliche Bedeutung anderer Einflussgrößen (Bakterien, Endotoxine, Allergene, Hausstaubmilben usw.) in der Innenraumluft und deren synergistische Wirkungen derzeit nicht bekannt sind.

Das Ziel der Messungen ist daher nicht eine quantitative Expositionsabschätzung, sondern das Auffinden von aktiven Quellen von Schimmelsporen im Innenraum. Ergibt die Beurteilung, dass eine relevante Sporenquelle im Innenraum vorliegt, sollten daher die Lokalisation des Befalls und in der Regel eine Sanierung erfolgen (siehe Kapitel 6). Quellen mikrobieller Bestandteile im Innenraum sind aus Gründen des vorbeugenden Gesundheitsschutzes nutzungsklassenabhängig zu beseitigen.

Die nachfolgend aufgestellten Beurteilungsschemata stellen eine Hilfe dar, um das Vorhandensein einer Schimmelsporenquelle zu erkennen und den Schweregrad der Belastung aus hygienischer Sicht zu beurteilen. Sie dienen nicht dazu, eine quantitative Einschätzung eines Erkrankungsrisikos abzuleiten.

Zur Abklärung auftretender gesundheitlicher Beschwerden, für die ein Zusammenhang mit einer Schimmelbelastung vermutet wird, ist vom behandelnden Arzt eine gezielte Anamnese durchzuführen. Die Beschreibung der für eine medizinische Bewertung

notwendigen Vorgehensweise ist nicht Gegenstand dieses Leitfadens. Hinweise zur medizinischen Diagnostik bei Schimmelbefall finden sich in der AWMF-Leitlinie (2016).

**Die Feststellung einer Schimmelquelle im Innenraum darf nicht mit einem akuten Gesundheitsrisiko der Raumnutzer gleichgesetzt werden.**

Das Ausmaß eines Gesundheitsrisikos durch Schimmel in Innenräumen ist zum einen abhängig von der Empfindlichkeit und der Exposition der betroffenen Person(en) und zum anderen von Art und Ausmaß des Schadens und kann im Allgemeinen aufgrund fehlender wissenschaftlicher Daten zu Expositions-Wirkungsbeziehungen nicht quantifiziert werden.

Da aus epidemiologischen Studien jedoch hervorgeht, dass mit Feuchteschäden und Schimmelwachstum im Innenraum gesundheitliche Beeinträchtigungen einhergehen können (siehe Kapitel 2), **sollte Schimmelbefall im Innenraum als hygienisches Problem angesehen und nutzungsklassenabhängig fachgerecht beseitigt werden.**

Es gilt das Vorsorgeprinzip, nach dem eine potenziell gesundheitsgefährdende Exposition durch Schimmelbefall zu minimieren ist, bevor es zu Erkrankungen kommt.

### 5.2.1 Bewertung von Umfang und Ausdehnung des Schimmelbefalls

In der Regel ist eine Belastungen der Raumluft mit Schimmelbestandteilen auf befallene oder kontaminierte Materialien zurückzuführen. Die Bewertung, ob ein Schimmelbefall in Innenräumen als gering und damit hinnehmbar oder als eine erhebliche und damit nicht mehr hinnehmbare negative Beeinträchtigung eingestuft wird, wird aufgrund des Schadensumfangs und der Nutzungsklasse vorgenommen. Es wird davon ausgegangen, dass ein kleinerer Befall weniger biogene Schadstoffe produziert als ein in der Fläche und Tiefe größerer Befall. Als Bewertungshilfe für die Nutzungsklasse II (siehe Kapitel 6.1) erfolgt eine Einstufung der Schadensgröße in folgende drei Kategorien (siehe Tabelle 10). Bei verdecktem Schimmelbefall, der erst nach Bauteilöffnung sichtbar wird, kann eine Kategorisierung analog zum direkt sichtbaren Befall vorgenommen werden. Bei den Nutzungsklassen III und IV ist die Dringlichkeit der Sanierung geringer und der Umfang der empfohlenen Maßnahmen kann reduziert werden (siehe Kapitel 6.1).



### Kategorie 1 – Normalzustand bzw. geringfügiger Schimmelbefall

Sofortmaßnahmen sind in der Regel nicht erforderlich. Die Ursache sollte erkannt und Abhilfemaßnahmen eingeleitet werden. Typische Beispiele für geringfügigen Schimmelbefall sind mit Schimmel bewachsene Dichtungen in Bädern und an Fensterfugen oder Schimmelwachstum auf Blumenerde.

### Kategorie 2 – Geringer bis mittlerer Schimmelbefall

Die Freisetzung von Schimmelbestandteilen sollte zeitnah unterbunden, die Ursache des Befalls mittelfristig ermittelt und abgestellt sowie der Schimmelbefall beseitigt werden.

### Kategorie 3 – Großer Schimmelbefall

Die Freisetzung von Schimmelbestandteilen sollte unmittelbar unterbunden und die Ursache des Befalls kurzfristig ermittelt und beseitigt werden. Die Betroffenen sind auf geeignete Art und Weise über den Sachstand zu informieren. Die Sanierung soll durch eine Fachfirma erfolgen (siehe Kapitel 6).

Schadensausmaß	Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3
Ausdehnung in der Fläche und in der Tiefe	geringe Oberflächenschäden < 20 cm <sup>2</sup>	oberflächliche Ausdehnung < 0,5 m <sup>2</sup> tiefere Schichten sind nur lokal begrenzt betroffen	große flächige Ausdehnung ≥ 0,5 m <sup>2</sup> auch tiefere Schichten können betroffen sein
daraus resultierende mikrobielle Biomasse	keine bzw. sehr gering	mittel	groß

Tabelle 10: Bewertung von Materialien mit an Oberflächen feststellbarem, meist sichtbarem Schimmelbefall

Die Flächenangaben in der Tabelle 10 sollen nicht als Absolutwerte herangezogen werden, sondern dienen der Orientierung. Bei einer Beurteilung sind immer der Einzelfall sowie ggf. besondere Umstände zu prüfen. Insbesondere sind folgende Punkte zu beachten:

- Bei der Beurteilung von sichtbarem Schimmelwachstum sollen neben der Fläche des Schadens auch die Tiefe und Art des Befalls berücksichtigt werden. Dies ist abhängig vom befallenen Material. Die Kategorien beziehen sich auf rasenartiges Wachstum. Bei punktförmigem Wachstum wird die tatsächlich bewachsene Fläche abgeschätzt. Verdeckter Befall ist – wenn bekannt – einzubeziehen.
- Die angegebenen flächenbezogenen Kategorien müssen nicht zwingend als eine zusammenhängende Fläche vorliegen, sondern sind im Allgemeinen pro Raumbereich zu verstehen. Ein Bereich kann ein Büroraum, ein Wohnraum oder ein zusammenhängender Wohnraum wie Wohn- und Esszimmer sein. In der Praxis kann dies z.B. ein Befall in mehreren Raumecken sein, dessen Einzelflächen zusammengezählt werden.

- Die Abschätzung der mit Schimmel bewachsenen Fläche erfolgt in der Praxis mittels visueller Begutachtung. Dabei muss auch Schimmelbefall, welcher mit bloßem Auge noch nicht erkennbar ist, einbezogen werden. Im Zweifel ist es sinnvoll, eine Verdachtsfläche durch Klebefilmpräparate (Folienkontaktproben, siehe Kapitel 5.1.2.1) zu untersuchen.
- Eine Abgrenzung sollte zwischen aktivem Befall und getrocknetem Altschaden getroffen werden. Bei aktivem Befall muss berücksichtigt werden, dass aus einem solchen Schaden, über längere Zeit hohe Mengen lebensfähiger Sporen und Stoffwechselprodukte abgegeben werden können. Bei einem getrockneten Altschaden nehmen dagegen in der Regel die Sporenkonzentration und die Stoffwechselproduktion mit der Zeit ab. Ein aktiver Schimmelbefall stellt außerdem häufig die Nährstoffgrundlage für andere gesundheitlich relevante Organismen wie z.B. Milben dar.

Bei der Beurteilung von sichtbarem Schimmelwachstum sollen neben der Fläche des Schadens auch die Tiefe und Art des Befalls berücksichtigt werden.

Für die Gesamtbewertung des Schadensumfanges ist neben dem sichtbaren Befall auch der Bewuchs in tieferen Schichten und verdeckter Befall zu berücksichtigen.

## 5.2.2 Bewertung von Materialproben

Durch Vergleich der bei einer Materialuntersuchung festgestellten Konzentrationen an Schimmelpilzen und/oder Bakterien mit Konzentrationen in unbelasteten Materialien kann festgestellt werden, ob ein relevantes Wachstum im Material stattgefunden hat und das Material daher entfernt werden muss.

Da das Nachweisverfahren für Schimmelpilze in Materialproben erst im Jahr 2014 normiert wurde, liegen erst wenige standardisiert erhobene Vergleichskonzentrationen vor. In einem durch das Umweltbundesamt Berlin-Dessau geförderten Forschungsvorhaben wurden im Jahre 2015 Hintergrundkonzentrationen für unterschiedliche Materialien erhoben. Demnach kann bei den meisten Materialien aus dem Neubau und Altbau ab einem Konzentrationsbereich von  $10^5$  KBE/g Material von einem Schimmelwachstum im Material ausgegangen werden. Bei fabrikneuen und auf der Baustelle trocken gelagerten Materialien können gegebenenfalls bereits Konzentrationen im Bereich von  $10^3$  KBE/g bis  $10^4$  KBE/g auf ein aktives Wachstum hinweisen. Da in der Studie insgesamt nur 391 Materialproben und damit nur ca. 20–30 Proben pro Kategorie (Material eines bestimmten Alters) untersucht wurden, sind die Ergebnisse lediglich als erste Orientierungswerte zu verstehen, die durch weitere Untersuchungen untermauert werden müssen.

Die publizierten Größenordnungen decken sich aber im Prinzip mit veröffentlichten Beurteilungswerten aus der Erfahrung einzelner spezialisierter Laboratorien (Richardson und Grün 2005, Trautmann und Meider 2018). Im Zuge neuerer, umfangreicher Untersuchungen wurde der Versuch unternommen, Hintergrund- und Referenzkonzentrationen aus Routineproben abzuleiten (Trautmann und Meider 2018). Zu bedenken ist dabei, dass die Ergebnisse die von Sachverständigen in den Labors eintreffenden Proben widerspiegeln (siehe Tabelle 11) und damit keine Zufallsauswahl darstellen.

Materialtyp	Proben- anzahl [n]	25. Perz. [KBE/g]	50. Perz. [KBE/g]	75. Perz. [KBE/g]	95. Perz. [KBE/g]
Spachtelmasse	21	$3,0 \cdot 10^1$	$8,5 \cdot 10^1$	$9,0 \cdot 10^2$	$9,6 \cdot 10^4$
Ziegel	28	$1,9 \cdot 10^3$	$2,1 \cdot 10^4$	$1,1 \cdot 10^5$	$1,9 \cdot 10^5$
Beton/Estrich	265	$7,0 \cdot 10^0$	$8,8 \cdot 10^1$	$3,3 \cdot 10^3$	$2,1 \cdot 10^5$
Sand	28	$7,9 \cdot 10^2$	$1,9 \cdot 10^4$	$7,9 \cdot 10^4$	$4,3 \cdot 10^5$
Perlite	120	$3,2 \cdot 10^2$	$7,0 \cdot 10^3$	$6,9 \cdot 10^4$	$8,4 \cdot 10^5$
Porenbeton	39	$6,0 \cdot 10^2$	$4,6 \cdot 10^3$	$1,1 \cdot 10^5$	$8,5 \cdot 10^5$
XPS	227	$1,1 \cdot 10^3$	$8,0 \cdot 10^3$	$5,4 \cdot 10^4$	$1,1 \cdot 10^6$
Schüttung/Schlacke	172	$1,9 \cdot 10^2$	$3,9 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^5$	$1,1 \cdot 10^6$
Heraklith (u.Ä.)	32	$3,8 \cdot 10^2$	$7,4 \cdot 10^3$	$1,9 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^6$
Gipsputz	50	$6,9 \cdot 10^2$	$4,6 \cdot 10^4$	$2,8 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^6$
Putz	1.295	$4,6 \cdot 10^2$	$1,8 \cdot 10^4$	$2,6 \cdot 10^5$	$2,2 \cdot 10^6$
Gips	12	$3,2 \cdot 10^3$	$2,3 \cdot 10^4$	$2,1 \cdot 10^5$	$2,4 \cdot 10^6$
EPS	7.463	$5,1 \cdot 10^3$	$4,6 \cdot 10^4$	$3,0 \cdot 10^5$	$2,6 \cdot 10^6$
PUR	310	$1,3 \cdot 10^3$	$1,3 \cdot 10^4$	$2,1 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^6$
Zelluloseflocken	73	$3,7 \cdot 10^2$	$3,8 \cdot 10^3$	$3,2 \cdot 10^5$	$5,8 \cdot 10^6$
KMF	1.686	$6,7 \cdot 10^2$	$4,6 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^5$	$5,8 \cdot 10^6$
Schaumfolie	205	$3,8 \cdot 10^3$	$5,3 \cdot 10^4$	$8,6 \cdot 10^5$	$6,7 \cdot 10^6$
Gipsfaserplatte	337	$2,8 \cdot 10^2$	$1,9 \cdot 10^4$	$9,0 \cdot 10^5$	$7,0 \cdot 10^6$
Holz	135	$1,8 \cdot 10^2$	$6,1 \cdot 10^3$	$2,8 \cdot 10^5$	$7,1 \cdot 10^6$
bitumierte Holzfasern	29	$4,4 \cdot 10^3$	$4,2 \cdot 10^6$	$7,4 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^7$
Holzwerkstoffe (OSB u.Ä.)	180	$1,1 \cdot 10^3$	$6,4 \cdot 10^4$	$1,1 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^7$
Farbe	110	$5,5 \cdot 10^2$	$6,6 \cdot 10^4$	$1,8 \cdot 10^6$	$1,9 \cdot 10^7$
Holzweichfaser	51	$8,7 \cdot 10^2$	$7,6 \cdot 10^4$	$5,0 \cdot 10^6$	$2,3 \cdot 10^7$
Schaumstoff	31	$2,3 \cdot 10^3$	$7,5 \cdot 10^3$	$2,3 \cdot 10^5$	$2,7 \cdot 10^7$

Tabelle 11: Quartilsgrenzen sowie das 95. Perzentil der KBE-Konzentrationen von Pilzen [KBE/g] für häufige Materialproben (Sortierung nach dem 95. Perzentil)

Dennoch kann mit diesen Ergebnissen eine zusätzliche Bewertungshilfe für die Frage bereitgestellt werden, ob es sich um eine Kontamination oder um eine Besiedlung handelt.

Für die Beurteilung der Konzentration an Bakterien (Gesamt-KBE) in Materialien existieren nur Erfahrungswerte spezialisierter Labore (Tabelle 12). Erfahrungsgemäß liegen die Konzentrationen an Bakterien meist um ca. eine Zehnerpotenz über den Konzentrationen an Schimmelpilzen.

Materialtyp	Proben- anzahl [n]	25. Perz. [KBE/g]	50. Perz. [KBE/g]	75. Perz. [KBE/g]	95. Perz. [KBE/g]
Spachtelmasse	21	u.N.	$2,7 \cdot 10^2$	$5,4 \cdot 10^3$	$2,2 \cdot 10^5$
Porenbeton	39	$1,7 \cdot 10^2$	$9,3 \cdot 10^4$	$1,4 \cdot 10^6$	$3,1 \cdot 10^6$
Beton/Estrich	265	$2,1 \cdot 10^1$	$5,5 \cdot 10^2$	$2,1 \cdot 10^5$	$6,6 \cdot 10^6$
Sand	28	$1,9 \cdot 10^4$	$4,8 \cdot 10^5$	$2,1 \cdot 10^6$	$6,7 \cdot 10^6$
Heraklith (u.Ä.)	32	$1,8 \cdot 10^2$	$6,8 \cdot 10^3$	$3,2 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^7$
Holz	135	$1,0 \cdot 10^2$	$1,3 \cdot 10^3$	$9,0 \cdot 10^5$	$1,4 \cdot 10^7$
Schüttung/Schlacke	172	$8,0 \cdot 10^3$	$3,4 \cdot 10^5$	$3,3 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^7$
Putz	1.295	$5,8 \cdot 10^2$	$1,5 \cdot 10^5$	$2,4 \cdot 10^6$	$1,8 \cdot 10^7$
Ziegel	28	$5,6 \cdot 10^5$	$2,6 \cdot 10^6$	$7,0 \cdot 10^6$	$1,9 \cdot 10^7$
Gips	12	$2,2 \cdot 10^3$	$1,4 \cdot 10^5$	$4,1 \cdot 10^6$	$2,2 \cdot 10^7$
XPS	227	$5,2 \cdot 10^3$	$9,6 \cdot 10^4$	$2,4 \cdot 10^6$	$2,5 \cdot 10^7$
Gipsputz	50	$1,6 \cdot 10^3$	$2,6 \cdot 10^5$	$7,6 \cdot 10^6$	$2,9 \cdot 10^7$
Perlite	120	$1,9 \cdot 10^3$	$2,7 \cdot 10^5$	$2,8 \cdot 10^6$	$3,1 \cdot 10^7$
Gipsfaserplatte	337	$5,5 \cdot 10^3$	$5,6 \cdot 10^5$	$3,9 \cdot 10^6$	$3,1 \cdot 10^7$
KMF	1.686	$4,6 \cdot 10^2$	$3,8 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^5$	$3,3 \cdot 10^7$
Schaumfolie	205	$1,9 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^5$	$4,6 \cdot 10^6$	$3,8 \cdot 10^7$
Holzwerkstoffe (OSB u.Ä.)	180	$5,8 \cdot 10^1$	$4,0 \cdot 10^2$	$3,0 \cdot 10^6$	$4,1 \cdot 10^7$
PUR	310	$7,7 \cdot 10^3$	$2,1 \cdot 10^5$	$4,4 \cdot 10^6$	$4,8 \cdot 10^7$
Zelluloseflocken	73	$3,7 \cdot 10^3$	$3,3 \cdot 10^4$	$9,6 \cdot 10^5$	$4,9 \cdot 10^7$
EPS	7.463	$7,5 \cdot 10^3$	$3,9 \cdot 10^5$	$6,4 \cdot 10^6$	$5,7 \cdot 10^7$
Farbe	110	u.N.	$5,5 \cdot 10^3$	$4,4 \cdot 10^6$	$6,1 \cdot 10^7$
Holzweichfaser	51	$3,3 \cdot 10^3$	$7,6 \cdot 10^5$	$6,1 \cdot 10^6$	$6,3 \cdot 10^7$
bitumierte Holzfasern	29	$5,4 \cdot 10^5$	$4,7 \cdot 10^6$	$3,4 \cdot 10^7$	$7,1 \cdot 10^7$
Schaumstoff	31	$2,1 \cdot 10^4$	$4,8 \cdot 10^5$	$9,9 \cdot 10^6$	$7,6 \cdot 10^7$

Tabelle 12: Quartilsgrenzen sowie das 95. Perzentil der KBE-Konzentration von Bakterien für häufige Materialproben (Sortierung nach dem 95. Perzentil)

Methode	Hintergrund	Kontamination/ Besiedlung nicht		starke Besiedlung
		abgrenzbar	Besiedlung	
KBE – Pilze	$\leq 5,0 \cdot 10^3$	$> 5,0 \cdot 10^3 - 5,0 \cdot 10^4$	$> 5,0 \cdot 10^4 - 5,0 \cdot 10^5$	$> 5,0 \cdot 10^5$
KBE – Bakterien <sup>a</sup>	$\leq 1,0 \cdot 10^4$	$> 1,0 \cdot 10^4 - 5,0 \cdot 10^5$	$> 5,0 \cdot 10^5 - 5,0 \cdot 10^6$	$> 5,0 \cdot 10^6$
GZZ – Pilze	$\leq 3,0 \cdot 10^5$	$> 3,0 \cdot 10^5 - 1,0 \cdot 10^6$	$> 1,0 \cdot 10^6 - 1,0 \cdot 10^7$	$> 1,0 \cdot 10^7$
GZZ – Bakterien	$\leq 3,0 \cdot 10^6$	$> 3,0 \cdot 10^6 - 2,0 \cdot 10^7$	$> 2,0 \cdot 10^7 - 2,0 \cdot 10^8$	$> 2,0 \cdot 10^8$

<sup>a</sup> Bewertungen hinsichtlich der Bakterien gelten nicht für KMF-Proben.

Tabelle 13: Verallgemeinerte und kategorisierte Bewertungshilfe für KBE- und Gesamtkeimzahl-Konzentrationen für EPS-, KMF- und Putzproben, gewichtet unter Einbezug des 95. Perzentils (Quelle: C. Trautmann, J. Meider)

Für die Beurteilung von Schimmelbefall in Fußböden in Räumen der Nutzungsklasse II wird auf die Handlungsempfehlung für Feuchteschäden in Fußböden in Anhang 6 hingewiesen. In dieser Empfehlung finden sich auch Hinweise für die Beurteilung der Ergebnisse aus mikroskopischen Untersuchungen. Die in Tabelle 13 dargestellte Bewertungshilfe deckt sich größenordnungsmäßig mit den in Anhang 6 angeführten Kategorien.

#### Beurteilung von Schimmelbefall in Fußböden

Es wurde eine Handlungsempfehlung erarbeitet, wie Fußböden mit Feuchteschäden beurteilt werden können (siehe Anhang 6). Dabei wurden Erfahrungen aus der Praxis berücksichtigt, die es in vielen Fällen ermöglichen, eine schnelle Beurteilung ohne aufwendige Untersuchungen herbeizuführen. Diese Empfehlung richtet sich an Sachverständige für Schimmelpilze, Bausachverständige, Versicherungssachverständige und andere Fachleute, die in ihrer täglichen Praxis vor der Entscheidung stehen, ob ein Fußboden aufgrund eines Feuchteschadens aus hygienischer Sicht ausgebaut werden muss oder ob einfache Maßnahmen wie Randfugenabdichtungen oder eine technische Trocknung sinnvoll sind.

**Die Handlungsempfehlung zur Beurteilung von Feuchte- und Schimmelschäden in Fußböden sollte ergänzend zu den allgemeinen Empfehlungen im Leitfaden immer dann herangezogen werden, wenn es sich um Schimmelbefall in Fußbodenaufbauten handelt.**

Infobox 14



### 5.2.3 Bewertung von Luftproben

Die Beurteilung der Konzentration und Zusammensetzung von Schimmelpilzsporen in der Innenraumlufte dient als Hinweis auf nicht sichtbaren Schimmelbefall sowie als Hinweis auf die Reinigungseffizienz nach der Sanierung von Schimmelschäden. Die Entscheidung über die Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins einer Schimmelquelle im Innenraum anhand von Luftproben setzt einen hohen Sachverstand voraus. Eine isolierte Betrachtung nur der Ergebnisse von Innenraumlufte-messungen kann zu einer fehlerhaften Beurteilung des Falls führen. Es sind jeweils die speziellen Gegebenheiten im konkreten Einzelfall unter Hinzuziehung aller bei der Ortsbegehung und bei weiteren Untersuchungen erhaltenen Informationen zu beurteilen. Es muss damit gerechnet werden, dass die Ergebnisse von Luftkeimsammlungen nicht immer Hinweise auf Schimmelsporenquellen im Innenraum enthalten, obwohl vielleicht ausgedehnte Schimmelschäden vorliegen.

Insbesondere muss bei der Beurteilung von Luftproben der jahreszeitliche und ggf. örtliche Einfluss der Außenluft auf Artenzusammensetzung und Konzentration der kultivierbaren Schimmelpilze und der Gesamtsporenzahl beachtet werden. Tabellen mit Erfahrungswerten für Konzentrationen von kultivierbaren Schimmelpilzen sowie der Gesamtsporenzahl in der Innenraumlufte und Außenluft im Sommer und im Winter finden sich in Anhang 7 und 8. Bei der Bewertung der Ergebnisse muss außerdem immer berücksichtigt werden, dass es sich um Kurzzeitmessungen handelt. Schimmelpilzkonzentrationen können in der Innenraumlufte zeitlich und räumlich hohen Schwankungen unterliegen, da Pilzsporen nicht gleichmäßig im Raum verteilt vorliegen und sich ihre Konzentration von Tag zu Tag verändern kann. Nicht zuletzt wird auf die nicht unrelevante Limitierung schon auf der Ebene der Analytik bei den Messungen und daher in der Folge bei der Bewertung hingewiesen (Ghosh et al. 2015, Méheust et al. 2014).

Die **Beurteilung der Konzentration und Zusammensetzung von Schimmelpilzsporen in der Innenraumlufte** dient vor allem als **Hinweis auf** die Reinigungseffizienz nach der Sanierung von Schimmelschäden, in zweiter Linie als Hinweis auf nicht sichtbaren (verdeckten) Schimmelbefall.

**Eine quantitative Expositions- und Risikoabschätzung ist nicht möglich**, eine Ableitung von gesundheitlich begründeten Richt- oder Grenzwerten ist auch in naher Zukunft nicht zu erwarten.

Bei speziellen gesundheitlichen Fragestellungen kann es in Einzelfällen sinnvoll sein, zusätzliche Methoden zum Nachweis bestimmter Schimmelpilzarten anzuwenden (bspw. durch Anzüchtung bei 36 °C für fakultativ pathogene Arten).

Die Erfassung der Gattungs- oder Artenzusammensetzung einer Luftprobe ist notwendig, um Unterschiede zur Außenluft im Spektrum sowie das Auftreten von Pilzgattungen oder Pilzarten, die auf Feuchteschäden hindeuten (Feuchteindikatoren, siehe Kapitel 1), zu erkennen. Bei bestimmten Fragestellungen kann es in Einzelfällen auch sinnvoll sein, Schimmelpilze, denen eine besondere gesundheitliche Bedeutung zugeordnet wird (z.B. *Aspergillus fumigatus*, *Stachybotrys chartarum*), nachzuweisen. Weiterhin muss berücksichtigt werden, dass die Flugfähigkeit von Sporen verschiedener Schimmelpilzarten sehr unterschiedlich sein kann. Für die Beurteilung von Schimmelquellen im Innenraum ist es daher wichtig, die einzelnen Schimmelpilzarten nach dem Typ ihrer Sporenverbreitung zu unterscheiden. Die Erfahrung zeigt, dass Schimmelpilzarten mit sogenannten trockenen, gut flugfähigen Sporen bereits bei geringen Materialschäden zu erhöhten Sporenkonzentrationen in der Luft führen können. Die Sporen dieser Arten sind relativ klein und werden in großer Anzahl gebildet. Sie sind nicht in eine Schleimmatrix eingebettet, so dass einzelne Sporen oder kleine Sporenaggregate durch leichte Luftbewegungen verbreitet werden können. Als Leitarten für diesen Verbreitungstyp können Arten der Gattungen *Penicillium* und *Aspergillus* angeführt werden. Wesentlich geringere Luftbelastungen werden dagegen festgestellt, wenn Materialien von Schimmelpilzen besiedelt wurden, deren Sporen relativ groß sind oder nach ihrer Bildung in Schleimsubstanzen gesammelt werden und daher schlecht flugfähig sind. Als Leitarten für diesen Verbreitungstyp gelten viele Arten der Gattungen *Acremonium* oder *Fusarium* sowie *Stachybotrys*.

Die nachfolgend dargestellten Bewertungshilfen werden mit dem Ziel angewendet, die Wahrscheinlichkeit des Vorliegens eines verdeckten bzw. nicht sichtbaren Schimmelbefalls zu ermitteln. Eine quantitative Expositions- und Risikoabschätzung hinsichtlich gesundheitlicher Auswirkungen ist damit nicht möglich. Die folgenden beiden Tabellen beinhalten als Bewertungs- und Orientierungshilfe bei Schimmelpilzbestimmungen in der Innenraumluft drei Kategorien (siehe Tabelle 14 und 15).

#### **Innenraumquelle unwahrscheinlich**

Der Bereich der Hintergrundbelastung für wichtige Schimmelpilzgattungen oder Schimmelpilzarten.

#### **Innenraumquelle möglich**

Ein Übergangsbereich, innerhalb dessen erhöhte Konzentrationen bestimmter Schimmelpilzgattungen oder Schimmelpilzarten vorliegen, die möglicherweise auf Innenraumquellen hinweisen.

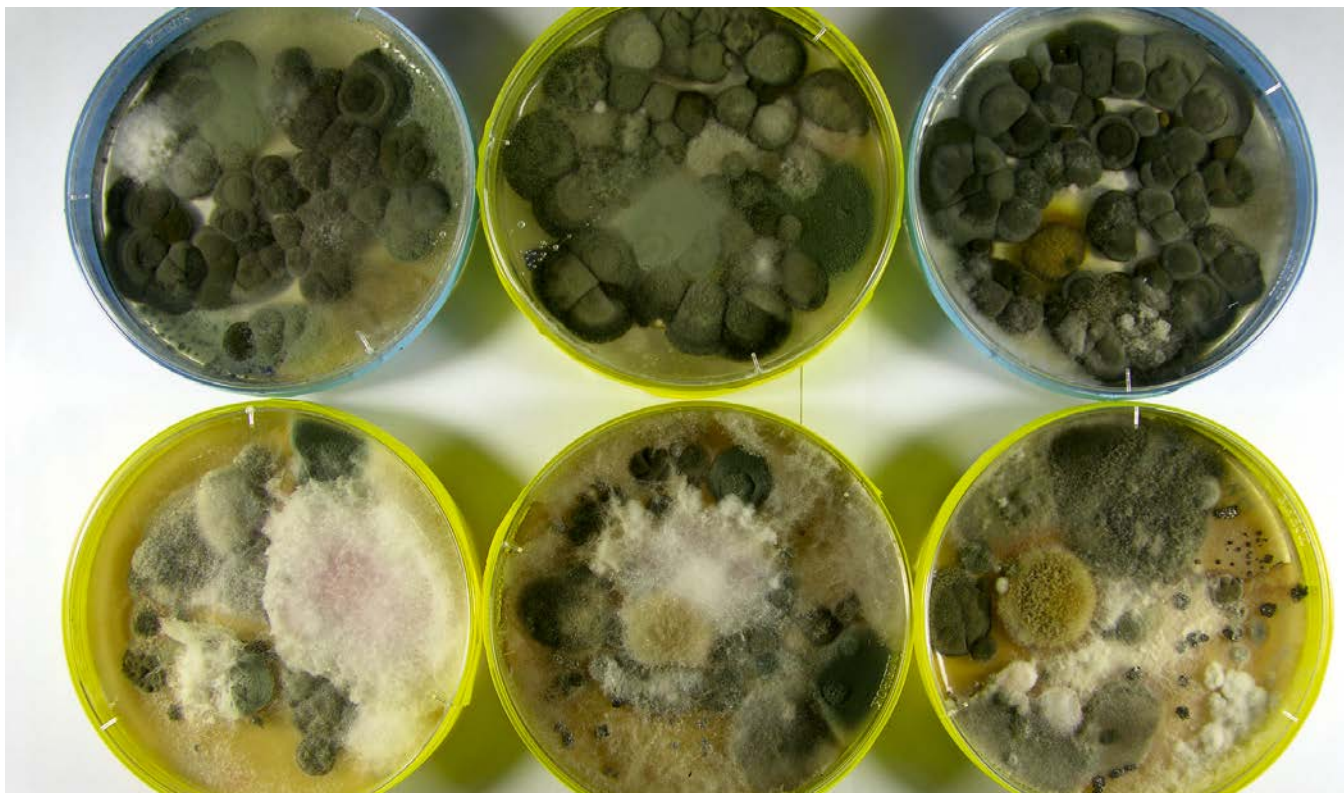
#### **Innenraumquelle wahrscheinlich**

Ein Bereich mit Konzentrationen, die diesen Übergangsbereich überschreiten und mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine Innenraumquelle hinweisen.

Wichtig ist, dass nicht alle Situationen mit dem vorgeschlagenen Schema bewertet werden können. Eine schematische Herangehensweise ausschließlich nach den Tabellen 14 und 15 ist problematisch. Die Anwendung der Tabellen setzt grundsätzlich einen hohen Sachverstand voraus. So kann z.B. die Bewertung einer Luftprobe im Spätherbst schwierig sein, wenn sich der Sporengehalt der Außenluft in kurzer Zeit stark verringert (Oktober-November mit kalter und feuchter Witterung). In diesem Zeitraum können aus der Außenluft stammende, sedimentierte Sporen die Sporenkonzentration im Innenraum stark erhöhen (falls diese vor oder während einer Probenahme aufgewirbelt werden) und im Verhältnis zur Außenluft eine Belastung der Innenluft vortäuschen. Umgekehrt können ungewöhnlich belastete Außenluftproben eine Interpretation der Ergebnisse erschweren.

Beim Befund „Innenraumquelle möglich“ bzw. „Innenraumquelle wahrscheinlich“ sind Maßnahmen zur Lokalisation der Quelle zu ergreifen, ein derartiger Befund begründet jedoch nicht automatisch einen Sanierungsbedarf.

Eine Beurteilung von Relativwerten speziell bei niedrigen Konzentrationen kann zu falschen Einschätzungen führen. Ergänzend zur Beurteilung anhand der Tabellen 14 und 15 können daher die absoluten Richtkonzentrationen oder Konzentrationskategorien von Sporen in der Innenraumlufte bspw. gemäß ECA 1993 oder andere (siehe Anhang 7) herangezogen werden. Die alleinige Betrachtung von Absolutkonzentrationen ist allerdings nicht sinnvoll und mitunter irreführend.



Parameter	Hintergrundbelastung Innenraumquelle unwahrscheinlich	Innenraumquelle möglich	Innenraumquelle wahrscheinlich
<i>Cladosporium</i> sowie andere Pilzgattungen, die in der Außenluft erhöhte Konzentrationen erreichen können (z.B. sterile Myzelien, Hefen, <i>Alternaria</i> , <i>Botrytis</i> )	Wenn in der Innenraumluft nicht mehr Sporen einer Gattung als in der Außenluft vorliegen. $I_{typ A} \leq A_{typ A}$	Wenn die Konzentration einer Gattung in der Innenluft über dem 1-fachen und bis zum 2-fachen der Außenluft liegt. $A_{typ A} < I_{typ A} \leq A_{typ A} * 2$	Wenn die Konzentration einer Gattung in der Innenluft über dem 2-fachen der Außenluft liegt. $I_{typ A} > A_{typ A} * 2$
Summe der KBE aller untypischen Außenluftarten	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumluft und Außenluft nicht über 150 KBE/m <sup>3</sup> liegt. $I_{\sum untyp A} \leq A_{\sum untyp A} + 150$	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumluft und Außenluft über 150 KBE/m <sup>3</sup> und bis zu 500 KBE/m <sup>3</sup> liegt. $A_{\sum untyp A} + 150 < I_{\sum untyp A} \leq A_{\sum untyp A} + 500$	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumluft und Außenluft über 500 KBE/m <sup>3</sup> liegt. $I_{\sum untyp A} > A_{\sum untyp A} + 500$
<b>Eine Gattung</b> (Summe der KBE aller zugehörigen Arten) der untypischen Außenluftarten z.B. <i>Aspergillus</i> spp.	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumluft und Außenluft nicht über 100 KBE/m <sup>3</sup> liegt. $I_{Euntyp G} \leq A_{Euntyp G} + 100$	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumluft und Außenluft über 100 KBE/m <sup>3</sup> und bis zu 300 KBE/m <sup>3</sup> liegt. $A_{Euntyp G} + 100 < I_{Euntyp G} \leq A_{Euntyp G} + 300$	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumluft und Außenluft über 300 KBE/m <sup>3</sup> liegt. $I_{\sum untyp G} > A_{Euntyp G} + 300$
<b>Eine Art</b> der untypischen Außenluftarten mit guter luftgetragener Verbreitung	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumluft und Außenluft nicht über 50 KBE/m <sup>3</sup> liegt.* $I_{Euntyp A} \leq A_{Euntyp A} + 50$	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumluft und Außenluft über 50 KBE/m <sup>3</sup> und bis zu 100 KBE/m <sup>3</sup> liegt.* $A_{Euntyp A} + 50 < I_{Euntyp A} \leq A_{Euntyp A} + 100$	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumluft und Außenluft über 100 KBE/m <sup>3</sup> liegt. $I_{Euntyp A} > A_{Euntyp A} + 100$
<b>Eine Art</b> der untypischen Außenluftarten mit schlechter luftgetragener Verbreitung, z.B. <i>Phialophora</i> spp., <i>Stachybotrys chartarum</i>	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumluft und Außenluft nicht über 30 KBE/m <sup>3</sup> liegt.* $I_{Euntyp AS} \leq A_{Euntyp AS} + 30$	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumluft und Außenluft über 30 KBE/m <sup>3</sup> und bis zu 50 KBE/m <sup>3</sup> liegt.* $A_{Euntyp AS} + 30 < I_{Euntyp AS} \leq A_{Euntyp AS} + 50$	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumluft und Außenluft über 50 KBE/m <sup>3</sup> liegt.* $I_{Euntyp AS} > A_{Euntyp AS} + 50$

\* Konzentrationen von unter 100 KBE/m<sup>3</sup> bzw. unter 50 KBE/m<sup>3</sup> lassen sich bei einem Probenvolumen von 100 l bzw. 200 l nicht mit einer ausreichenden Genauigkeit nachweisen, da erst ab einer Anzahl von 10 Kolonien pro Platte mit ausreichender statistischer Sicherheit quantitativ ausgewertet werden kann. Trotzdem kann der Nachweis einzelner Kolonien dieser Schimmelpilze ein leichter Hinweis auf eine mögliche Innenraumquelle sein.

Legende: siehe Seite 130

Tabelle 14: Bewertungshilfe für Luftproben – kultivierbare Schimmelpilze (KBE/m<sup>3</sup>)

Sporentyp	Hintergrundbelastung Innenraumquelle unwahrscheinlich	Innenraumquelle möglich	Innenraumquelle wahrscheinlich
Sporentypen, die in der Außenluft erhöhte Konzentrationen erreichen z.B. Typ Ascosporen, Typ <i>Alternaria/Ulocladium</i> , Typ Basidiosporen, Typ <i>Cladosporium</i>	Die Zählung von Basidio- und Ascosporen typischer Außenluftarten ist für das Aufdecken von Schimmelquellen nicht relevant. Allerdings kann man i.d.R. anhand der Konzentration dieser Sporen den Außenlufteinfluss erkennen und dadurch eine Plausibilitätsprüfung der angegebenen Probenherkunft (Außenluft, Innenraum, Lager, Keller) durchführen. Für die Beurteilung von Sporen der Gattungen <i>Cladosporium</i> und <i>Alternaria/Ulocladium</i> können wegen stark schwankenden Außenluftkonzentrationen, Depotwirkung von Staubbelägen sowie schlechter Sporenfreisetzung bei Innenraumschäden keine allgemeinen Aussagen zu Konzentrationen, die auf einen Schimmelbefall hindeuten, gemacht werden. Bei Verdacht auf Schimmelbefall mit Cladosporien sollte insbesondere geprüft werden, ob außen und innen die gleichen Cladosporientypen vorkommen.		
Typ <i>Penicillium/Aspergillus</i>	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumlufte und Außenluft nicht über 300 Sporen/m <sup>3</sup> liegt. $I_{\Sigma P+A} \leq A_{\Sigma P+A} + 300$	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumlufte und Außenluft über 300 Sporen/m <sup>3</sup> und bis zu 800 Sporen/m <sup>3</sup> liegt. $A_{\Sigma P+A} + 300 < I_{\Sigma P+A} \leq A_{\Sigma P+A} + 800$	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumlufte und Außenluft über 800 Sporen/m <sup>3</sup> liegt. $I_{\Sigma P+A} > A_{\Sigma P+A} + 800$
Andere typische Sporen aus Feuchteschäden, Typ <i>Scopulariopsis</i> , Typ <i>Acremonium murorum</i> , Typ <i>Paecilomyces</i> , Typ <i>Microascus</i> , Typ <i>Ascotricha</i> , (Typ <i>Alternaria</i> , Typ <i>Ulocladium</i> )	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumlufte und Außenluft nicht über 100 Sporen/m <sup>3</sup> liegt. $I_{\Sigma typF} \leq A_{\Sigma typF} + 100$	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumlufte und Außenluft über 100 Sporen/m <sup>3</sup> und bis zu 300 Sporen/m <sup>3</sup> liegt. $A_{\Sigma typF} + 100 < I_{\Sigma typF} \leq A_{\Sigma typF} + 300$	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumlufte und Außenluft über 300 Sporen/m <sup>3</sup> liegt. $I_{\Sigma typF} > A_{\Sigma typF} + 300$
Typische Sporen aus Feuchteschäden mit schlechter luftgetragener Verbreitung: Typ <i>Chaetomium</i> , Typ <i>Stachybotrys</i> , Typ <i>Chromelosporium</i> , Typ <i>Pyronema</i>	Wenn in der Innenraumlufte nicht mehr Sporen als in der Außenluft vorliegen. $I_{typFS} \leq A_{typFS}$	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumlufte und Außenluft bis zu 20 Sporen/m <sup>3</sup> liegt.* $A_{typFS} < I_{typFS} \leq A_{typFS} + 20$	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumlufte und Außenluft über 20 Sporen/m <sup>3</sup> liegt.* $I_{typFS} > A_{typFS} + 20$
Myzelstücke	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumlufte und Außenluft nicht über 150 Myzelstücken/m <sup>3</sup> liegt. $I_{Myzel} \leq A_{Myzel} + 150$	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumlufte und Außenluft über 150 Myzelstücken/m <sup>3</sup> und bis zu 300 Myzelstücken/m <sup>3</sup> liegt. $A_{Myzel} + 150 < I_{Myzel} \leq A_{Myzel} + 300$	Wenn die Differenz der Konzentration zwischen Innenraumlufte und Außenluft über 300 Myzelstücken/m <sup>3</sup> liegt. $I_{Myzel} > A_{Myzel} + 300$

\* Konzentrationen von unter 10 Sporen/m<sup>3</sup> bzw. unter 5 Sporen/m<sup>3</sup> lassen sich bei einem Probevolumen von 100 l bzw. 200 l auch bei Auswertung der Gesamtspur nicht mit einer ausreichenden statistischen Genauigkeit nachweisen, da erst ab einer Anzahl von 10 Sporen pro Objektträger quantitativ ausgewertet werden kann. Trotzdem kann der Nachweis einzelner Sporen dieser Schimmelpilze ein leichter Hinweis auf eine mögliche Innenraumquelle sein.

Legende: siehe Seite 130

Tabelle 15: Bewertungshilfe von Luftproben – Gesamtsporensammlung (Sporen oder Myzelstücke/m<sup>3</sup>)

### Legende zu den Tabellen 14 und 15:

Die fünf Zeilen der Tabelle sind nicht als eigenständige Kriterien gedacht, sondern sind in einer umfassenden Auswertung gemeinsam zu betrachten.

Die Angaben beziehen sich auf Luftproben, die unter Nutzung oder nutzungsähnlichen Umständen in normalen Wohnräumen ohne Staubaufwirbelung entsprechend ÖNORM ISO 16000-16 bzw. ÖNORM ISO 16000-18 (Tabelle 14) bzw. ÖNORM ISO 16000-20 (Tabelle 15) genommen wurden (Referenzwerte dazu siehe Anhang 7 bzw. 8).

KBE = Kolonie bildende Einheiten

I = Konzentration in der Innenraumluft in KBE/m<sup>3</sup>

A = Konzentration in der Außenluft bzw. im Referenzbereich in KBE/m<sup>3</sup>

typ A = typische Außenluftarten bzw. -gattungen (extramurale Pilze wie *Cladosporium*, ggf. *Alternaria*, ggf. *Botrytis*), sterile Myzelien, ggf. Hefen

untyp A = untypische Außenluftarten bzw. -gattungen (intramurale Pilze wie Pilzarten mit hoher Indikation für Feuchteschäden wie *Acremonium* spp., *Aspergillus versicolor*, *A. penicillioides*, *A. restrictus*, *Chaetomium* spp., *Phialophora* spp., *Scopulariopsis brevicaulis*, *S. fusca*, *Stachybotrys chartarum*, *Tritirachium (Engyodontium) album*, *Trichoderma* spp.)

∑untyp A = Summe der untypischen Außenluftarten (andere als Typ A)

Euntyp G = eine Gattung, die untypisch ist in der Außenluft

Euntyp A = eine Art, die untypisch ist in der Außenluft und gut flugfähige Sporen besitzt

Euntyp AS = eine Art, die untypisch ist in der Außenluft mit geringer Sporenfreisetzung

∑P+A = Summe der Sporen vom Typ *Penicillium* und *Aspergillus*

∑typF = Summe der anderen typischen Sporen aus Feuchteschäden

typFS = Sporentypen aus Feuchteschäden mit schlechter luftgetragener Verbreitung

## 5.3 Gutachten

Es existieren keine einheitlichen Regelungen, die die Form oder den Aufbau eines Gutachtens vorschreiben. Ein Gutachten muss jedoch für den Leser verständlich und nachvollziehbar sein. Verwertbare Gutachten weisen daher eine klare inhaltliche Gliederung auf:

- Deckblatt/Einleitung
- Anlass der Untersuchungen
- Aufgabenstellung/Auftrag und Zweck des Gutachtens/Ziel der Messungen
- Ortstermin und örtliche Feststellungen
- Vorgehensweise/Messplanung/Messstrategie/Messverfahren
- Probenahmeprotokolle
- Untersuchungsergebnisse
- Bewertung/Bewertungsgrundlagen
- Zusammenfassung/Empfehlungen zur weiteren Vorgehensweise
- Anlagen und Dokumentation (z.B. Messprotokolle/Laborbefunde/Fotodokumentation)

Gesundheitliche Diagnosen für die betroffenen Personen obliegen einem Arzt und können nicht durch einen naturwissenschaftlich-technischen Sachverständigen erstellt werden. Pauschale Aussagen über die gesundheitliche Wirkung sowie potenziell toxischen oder infektiösen Eigenschaften sind nicht sinnvoll und sollten in Gutachten im Normalfall nicht erfolgen, sie führen dort meist nur zu einer Verunsicherung der Betroffenen und haben in der Regel keinen Informationsgehalt für den konkreten Fall. Im Einzelfall kann jedoch die Situation auftreten, dass Spezialisten aus dem Bereich Mykologie oder medizinische Mikrobiologie aufgrund Ihrer Warnpflicht auf eine mögliche akute Gesundheitsgefährdung hinweisen müssen. Allgemeine Aussagen zur Dringlichkeit oder zum Umfang einer Sanierung aufgrund der potenziell gesundheitsschädigenden Wirkungen von Schimmelbefall, wie im Leitfaden beschrieben, sind jedoch im Gutachten möglich.

Damit ggf. von einem Gericht entschieden werden kann, welche Ursache für den vorliegenden Schaden primär verantwortlich ist, sollte der Sachverständige alle baulichen und sonstigen Gegebenheiten, die den vorliegenden Mangel verursacht haben könnten, in seinem Gutachten möglichst verständlich und genau benennen und bewerten.

6

# Maßnahmen im Schadensfall





Vor einer Schimmelsanierung sind immer die Ursachen, die zu dem Schimmelbefall geführt haben, zu klären und zu beseitigen (siehe Kapitel 3 und Kapitel 4). Im Schadensfall sind zur Beurteilung der Dringlichkeit einzuleitender Maßnahmen die Intensität und das Ausmaß des Schimmelbefalls (siehe Kapitel 5.2.1) sowie die Nutzungsklasse (siehe Kapitel 6.1) zu berücksichtigen. Wichtig ist auch, ob der Schimmelbefall durch den Nutzer selbst beseitigt werden kann (siehe Kapitel 6.2) oder eine Fachfirma einbezogen werden muss (siehe Kapitel 6.3).

Der Einsatz von Bioziden ist im Regelfall nicht erforderlich; wichtige Aspekte bei deren Anwendung sind zusammenfassend dargestellt (siehe Kapitel 6.6). Auch die bauliche Rekonstruktion nach Sanierung (siehe Kapitel 6.7) und die erforderlichen Maßnahmen nach Abschluss aller Arbeiten (siehe Kapitel 6.8) werden kurz beschrieben. Bei der Abwägung zwischen unterschiedlichen Sanierungsmaßnahmen (z.B. Rückbau oder Abdichtung) sollte berücksichtigt werden, dass bei Schimmelbefall nicht nur Mikroorganismen vorkommen, sondern auch kleine, sehr mobile biogene Partikel und Substanzen auftreten können (siehe Kapitel 2.2).

## 6.1 Nutzungsklassen

Die Nutzungsklassen (Raumklassen) dienen dazu, abgestufte Anforderungen im Hinblick auf Sanierungsmaßnahmen zu definieren (siehe Tabelle 16). Hintergrund ist, dass eine Schimmelbelastung in Innenräumen und Gebäudeteilen, in denen man sich dauerhaft oder nicht nur vorübergehend aufhält, für die Raumnutzer ein höheres gesundheitliches Risiko darstellt als Schimmelbefall in Nebenräumen außerhalb und abseits der üblichen Nutzungsräume, in denen man sich nur gelegentlich aufhält oder die bspw. lediglich als Lager oder Garage verwendet werden. Maßgeblich für die Zuordnung von Räumen zu den Nutzungsklassen ist dabei neben Art und Dauer der Nutzung die Tatsache, ob die Räume innerhalb der Wohnung (oder des Büros) liegen oder außerhalb davon. Welche abgestuften Anforderungen hinsichtlich der Sanierung bei Schimmelbefall nutzungsklassenabhängig gegeben sind, wird in den Folgeabschnitten beschrieben.

Ein wichtiger Punkt ist die Vermeidung von mikrobiellen Kontaminationen in Lüftungstechnischen Anlagen, diese sind nicht einer bestimmten Nutzungsklasse zuzuordnen. Auf diesen Punkt wird im vorliegenden Leitfaden nicht eingegangen. Informationen dazu finden sich in den ÖNORMen EN 15780 und H 6021 sowie in der Normenreihe VDI 6022. Fußbodenkonstruktionen sind ebenfalls keiner bestimmten Nutzungsklasse zuzuordnen. Umfangreiche Informationen zu Schimmel in Fußbodenkonstruktionen finden sich in Anhang 6.

Die Empfehlungen im gesamten Kapitel 6 gelten generell für die Nutzungsklasse II. Bei Räumen der Nutzungsklasse I sind zusätzliche Punkte zu beachten.

Auf abweichende Anforderungen für die Nutzungsklasse III wird gesondert hingewiesen.

In Nutzungsklasse IV sind in der Regel keine Schimmelsanierungsmaßnahmen erforderlich, wenn die Bauteile hinter der Abschottung bestimmungsgemäß trocken (oder nicht dauerhaft feucht) sind.

Fußbodenkonstruktionen und Raumluftechnische Anlagen sind keiner bestimmten Nutzungsklasse zuzuordnen. Umfangreiche Informationen zu Schimmel in Fußbodenkonstruktionen finden sich in Anhang 6.

Nutzungs- klasse	Anforderungen an die Innenraumhygiene	Beispiel	Anmerkungen
I	Spezielle, sehr hohe Anforderungen wegen individueller Disposition	Krankenanstalten, medizinische Einrichtungen, Räume für Patienten mit Immunsuppression	Die Anforderungen gestalten sich situativ-integrativ je nach Nutzung der Räumlichkeiten
II	Normale Anforderungen	Innenräume zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen: Wohn- oder Büroräume, Schulen, Kindergärten usw. einschließlich dazugehöriger Nebenräume	Es gelten die gleichen Anforderungen für alle genutzten Räume (d.h. bei Wohnungen alle Räume einschließlich in der Wohnung liegender Nebenräume)
III	Reduzierte Anforderungen	Nicht dauerhaft genutzte Räume außerhalb von Wohnungen, Büros, Schulen usw., z.B. Kellerräume und Abstellräume (ohne direkten Zugang zur Wohnung), nicht ausgebaute Dachgeschoße sowie Garagen oder Treppenhäuser	Verringertes Anforderungsniveau für Sanierung und Instandsetzung; geringere Dringlichkeit der Sanierung
IV	Deutlich reduzierte Anforderungen bis hin zu keinen Maßnahmen hinter der Abschottung	Luftdicht abgeschottete Bauteile und Hohlräume in Bauteilen oder Räumen, die mit geeigneten Materialien gegenüber Innenräumen abgeschottet sind	Bestimmungsgemäß trockene Bauteile hinter der Abschottung müssen trocken sein bzw. dürfen nicht dauerhaft feucht bleiben

Tabelle 16: Nutzungsklassen in Gebäuden.

### Nutzungsklasse I

Räume mit speziellen hygienischen Anforderungen, die insbesondere für immunsupprimierte Patienten in Krankenanstalten und anderen medizinischen Einrichtungen, aber auch ggf. in Wohnräumen vorliegen, bilden die Nutzungsklasse I. Die in solchen Fällen zusätzlich

notwendigen Maßnahmen finden sich im Positionspapier des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus zur Sanierung von Schimmelbefall nach Wasserschäden in Krankenanstalten, da es dazu gesonderte Empfehlungen der Krankenhaushygiene gibt. In der Nutzungsklasse I sind jedenfalls mindestens die Vorgaben für die Nutzungsklasse II zu beachten.

### **Nutzungsklasse II**

Regelmäßig oder nicht nur vorübergehend genutzte Räume mit dazugehörigen Nebenräumen bilden die Nutzungsklasse II. Hier gelten grundsätzlich alle beschriebenen Anforderungen im Leitfaden. Nebenräume innerhalb der Wohnung oder des Büros sind z.B. Speisekammern, begehbare Schränke oder Abstellräume aller Art. Auch ausgebaute Dachgeschoßräume, die von der Wohnebene aus direkt z.B. über eine Treppe erreichbar sind, werden als Nebenräume innerhalb der Wohnraumebene eingestuft. Bei solchen Räumen gelten die gleichen hohen Anforderungen wie in der übrigen Wohnung, weil nicht ausgeschlossen werden kann, dass Schimmelbestandteile aus diesen Nebenräumen in die anderen Räume der Wohnung gelangen können.

### **Nutzungsklasse III**

Kellerräume in Mehrfamilienhäusern oder Bürogebäuden, bei denen der Zugang zum Keller separat über den Hof oder das Treppenhaus, nicht aber von der Wohnung (oder dem Büro) aus erfolgt, sowie Garagen oder anderweitige Nebenräume außerhalb der Räume der Nutzungsklasse II bilden die Nutzungsklasse III. Auch nicht ausgebaute Dachböden zählen zur Nutzungsklasse III, unabhängig davon, wie sie erreicht werden können. Treppenhäuser in Mehrfamilienhäusern zählen ebenfalls zur Nutzungsklasse III. In Nutzungsklasse III sind die Anforderungen des Leitfadens nicht in vollem Umfang gültig. Das kann sowohl die Dringlichkeit einer Sanierungsmaßnahme als auch Art und Umfang der Maßnahme selbst betreffen.

### **Nutzungsklasse IV**

Die Nutzungsklasse IV beinhaltet gegenüber der Innenraumluft luftdicht oder diffusionsdicht abgeschottete Bauteile und Hohlräume. Für solche Hohlräume gelten stark verringerte Sanierungsanforderungen bei Schimmelbefall. Dies ist vor allem bei bestimmten Bereichen von ausgebauten Dachkonstruktionen von Bedeutung. Falls der Schimmelbefall innerhalb der Dachkonstruktion, aber außerhalb der dauerhaft mit Dampfsperre o.Ä. abgedichteten Wohn- und Ausbauebene liegt, können deutlich reduzierte Anforderungen an die Sanierung gestellt werden. Bei Schäden außerhalb der Diffusionsdichtheitsebene ist daher zunächst zu prüfen, ob diese fachgerecht ausgeführt ist und ein Eintrag von Mikroorganismen oder mikrobiell bedingten Gerüchen in den Innenraum sicher und auf Dauer auszuschließen ist. Nur dann gilt die Nutzungsklasse IV und das mikrobiell besiedelte Material kann an Ort und Stelle verbleiben, wenn die Bauteile hinter der Absperrung bestimmungsgemäß trocken bleiben.

Bei einem mikrobiellen Wachstum an Materialien außerhalb der Diffusionsdichtheitsebene können allerdings bautechnische Gründe einen Austausch der Bauteile erforderlich machen, wenn z.B. die Baukonstruktion durch den Feuchteschaden dauerhaft, bspw. durch holzerstörende Pilze, in Mitleidenschaft gezogen ist.

## 6.2 Sanierung eines kleinen Schimmelbefalls

Schimmelbefall von maximal mittleren Umfangs der Kategorien 1 und 2 (< 0,5 m<sup>2</sup>, nur oberflächlicher, kein verdeckter Befall, siehe Kapitel 5.2.1, Tabelle 10) mit bekannter Ursache kann von Betroffenen oft selbst beseitigt werden, sofern sie nicht allergisch auf Schimmelpilze reagieren oder ihr Immunsystem geschwächt ist. Bei größerem Befall und geringem bis mittlerem Befall ohne bekannte Ursache sollte eine Fachfirma hinzugezogen werden (siehe auch Kapitel 6.3). Prinzipiell ist es wichtig, unverzüglich mit der Schimmelsanierung zu beginnen, damit sich der Befall nicht ausdehnt.

### 6.2.1 Maßnahmen durch den Raumnutzer

**Wichtig bei allen Sanierungsmaßnahmen ist möglichst staubarmes Arbeiten,** um die Verteilung von Sporen und weiteren mikrobiellen Bestandteilen mit dem Staub und über die Luft so gering wie möglich zu halten. Feuchtes Reinigen (Wischen) ist daher immer dem trockenen Saugen vorzuziehen. Beim Staubsaugen sollten nur Geräte mit Zusatzfilter (hochabscheidende Schwebstofffilter wie HEPA-Filter) benutzt werden. Kehren sollte ganz unterbleiben, da dabei unnötig Staub aufgewirbelt und verteilt wird.

Folgendes sollte beachtet werden:

#### **Glatte Flächen**

Bei glatten Flächen wie Fliesen, Keramik, Glas und Metall sowie bei Fliesenfugen reicht es, wenn diese mit Wasser und einem haushaltsüblichen Reiniger abgewaschen werden, um Befall und kontaminierten Staub oder kontaminierte Verschmutzungen zu entfernen. Das Wischwasser ist dabei mehrfach auszutauschen und eine unkontrollierte Verteilung bzw. ein Verschmieren zu verhindern. Im Bad sollen auffällig mit Schimmel befallene Silikonfugen erneuert werden, weil sie in der Regel nicht zu reinigen sind. Mieter sollten hierzu in jedem Fall Rücksprache mit dem Vermieter halten. Hier empfiehlt es sich, bei neuem Verfugen spezielles Sanitärsilikon (möglichst emissionsarm, siehe Produkthinweise) zu verwenden und den Untergrund vorher gründlich zu reinigen.

### **Poröse Flächen**

Verputzte oder ausgemalte Wände können mit einem alkoholischen Reiniger mit 70–80 %igem-Alkoholanteil, mit Wasserstoffperoxidlösung oder einem haushaltsüblichen Reiniger (kein Essigreiniger) unter Verwendung eines Mikrofasertuches abgewischt werden. Davor kann ggf. mit einem handelsüblichen Staubsauger mit Zusatzfilter (HEPA-Filter) und dichtem Gehäuse abgesaugt werden. Die Staubsaugerbeutel können mit dem Hausmüll entsorgt werden. Beim Reinigen mit Alkohol unbedingt für gute Durchlüftung sorgen! Aufgrund der Brand- und Explosionsgefahr sollte der Alkohol nur in kleinen Mengen angewendet werden. Auf keinen Fall darf dabei geraucht werden oder offenes Feuer vorhanden sein.

### **Tapeten**

Sollten angefeuchtet und entfernt werden.

### **Möbelstücke**

Lediglich kontaminierte, nicht direkt befallene Möbeloberflächen können feucht gereinigt werden. Ist der Schimmelbefall bereits deutlich in das Material eingedrungen (z.B. stark verschimmelte oder durch die Feuchte aufgequollene Span- und Hartfaserplatten), dann sind die befallenen Teile des Möbelstücks zu erneuern bzw. zu entsorgen. Um eine Verbreitung von Sporen zu verhindern, kann der befallene Teil des Möbelstücks vor der Entsorgung mit einer Folie abgeklebt werden. Massivholzmöbel sind in der Regel davon nicht betroffen. Hier ist fast immer eine Reinigung möglich, da Schimmel an Massivholz meist nur oberflächlich wächst.

### **Polster und Polstermöbel**

Es muss ebenfalls zwischen befallenem Material, auf dem Schimmelpilze wachsen (oder gewachsen sind) und Möbelstücken, die lediglich mit Schimmelpilzsporen aus der Luft sekundär verunreinigt (kontaminiert) wurden, unterschieden werden. Befallene Polstermöbel sind häufig schwer zu reinigen, da der Schimmelbefall, insbesondere wenn dieser länger andauert, tief in die Polster eingedrungen sein kann. Eine Reinigung ist dann oft mit vertretbarem Aufwand nicht möglich und die Möbel sollten im Zweifelsfall entsorgt werden.

Polstermöbel, die nicht befallen sind, sondern nur in der Nähe von befallenen Materialien aufgestellt waren und daher mit Sporen und sonstigen mikrobiellen Bestandteilen kontaminiert sind, können durch intensives Absaugen (spezielle Staubsauger mit HEPA-Filter und dichtem Gehäuse) gereinigt werden. Die Staubsaugerbeutel können mit dem Hausmüll entsorgt werden.

### **Textilien und Lederwaren**

Auch hier muss zwischen direkt befallenem Material und solchem, das lediglich mit Schimmelpilzsporen aus der Luft sekundär kontaminiert wurde, unterschieden

werden. Kontaminierte, nicht direkt befallene Textilien, z.B. Vorhänge, Decken oder Kleidungsstücke, können in der Waschmaschine (ggf. mehrfach) gewaschen oder chemisch gereinigt werden. Durch Schimmelbefall verursachte Flecken und Gerüche lassen sich aber unter Umständen nicht entfernen, in diesem Fall müssen die Textilien entsorgt werden.

#### **Persönliche Schutz- und Vorsichtsmaßnahmen bei Beseitigung eines kleinen Schimmelbefalls**

- Schimmel nicht mit bloßen Händen berühren – Schutzhandschuhe aus Kunststoff tragen (in Drogerien oder Baumärkten erhältlich).
- Schimmelbestandteile möglichst nicht einatmen – einfachen Atemschutz tragen (in Baumärkten erhältlich) und nach Gebrauch entsorgen.
- Bei Arbeiten über Kopf oder Spritzgefahr Schutzbrille tragen.
- Kleidung nach Durchführung der Maßnahmen gründlich waschen.
- Nicht mehr verwendbare befallene Gegenstände und Materialien in reißfesten Foliensäcken (z.B. Müllsäcke) luft- und staubdicht verpacken und mit dem Hausmüll entsorgen. Um die Sporen nicht unnötig in der Raumluft zu verteilen, sollte die Luft beim Verschließen der Säcke nicht „herausgedrückt“ werden

Infobox 15

### **6.2.2 Maßnahmen durch Fachfirmen**

Bei einem Schimmelbefall geringen bis mittleren Umfangs (Kategorie 2, siehe Kapitel 5.2.1, Tabelle 10) sollten Fachfirmen zu Rate gezogen werden, wenn dieser tiefer in die Baumaterialien eingedrungen ist und z.B. Baustoffe entfernt werden müssen oder die Ursache des Befalls unklar ist.

## **6.3 Sanierung eines großen Schimmelbefalls**

Die fachgerechte Sanierung eines großen Schimmelbefalls (Kategorie 3, siehe Kapitel 5.2.1, Tabelle 10) gehört in die Hand von Fachfirmen, welche über die notwendige Fachkunde und die technischen Möglichkeiten verfügen. Dennoch kann es auch hier erforderlich sein, dass der Nutzer vorab Sofortmaßnahmen ergreift, um zeitliche Verzögerungen bis zum Beginn der Sanierung zu überbrücken. Dazu gehören das Abschotten befallener Bereiche oder Räume, verstärktes Lüften der Wohnung und die Reinigung oder Separierung befallener Möbel und Gegenstände (siehe Kapitel 6.3.2).

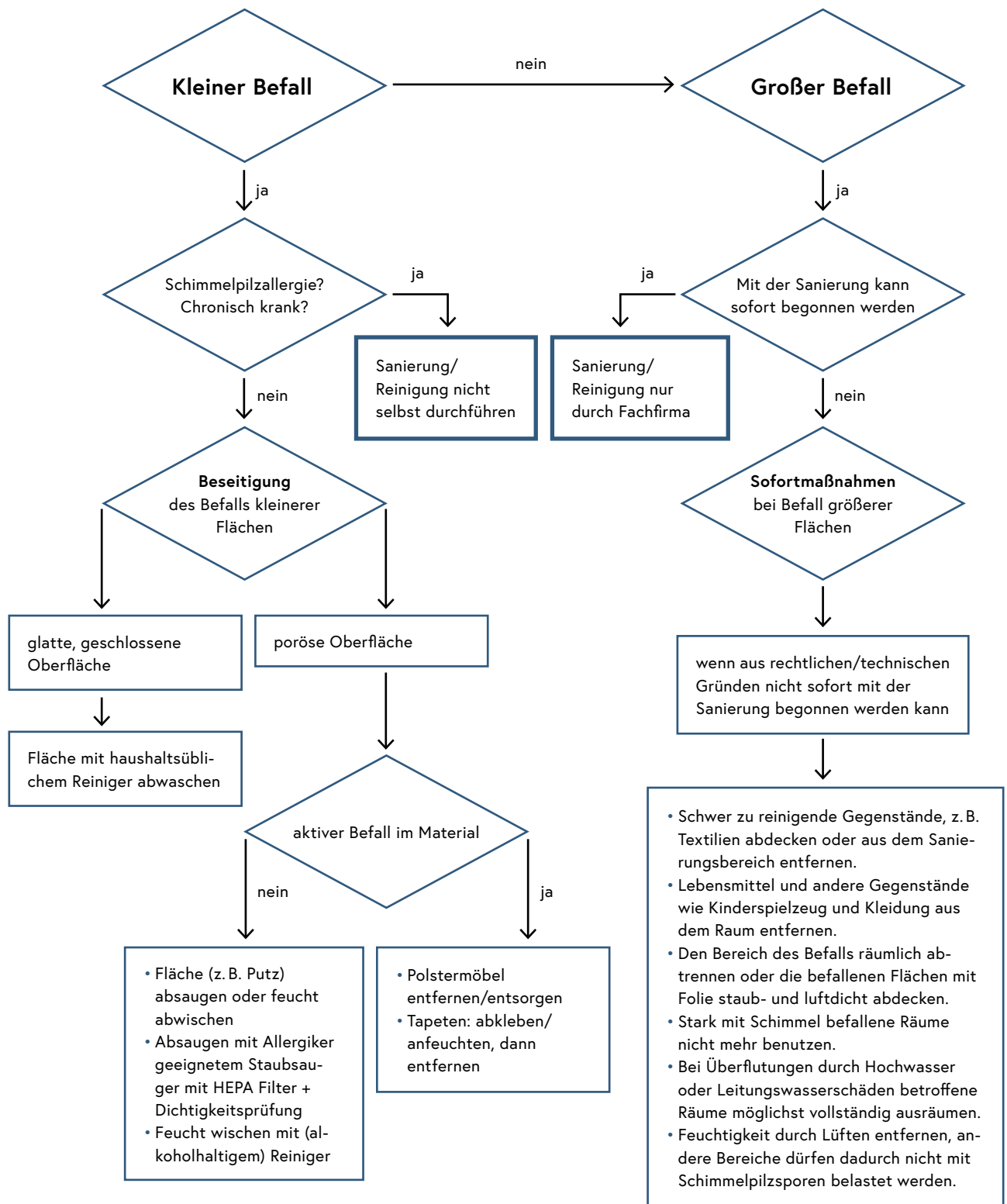


Abbildung 27: Vorgehensweise (Ablaufschema) bei der Beseitigung von kleinem und großem Schimmelfall, Erklärungen im Text.

### Welche Fachfirmen sind zur Sanierung geeignet?

Bis heute gibt es keine staatliche „Zulassungs- oder Zertifizierungsstelle“ für Schimmelsanierungsfirmen. Auch gibt es keine behördliche Prüfung oder Zulassung für einen Sanierungsfachbetrieb. Sanierungsfachbetriebe können bspw. Maler- oder Baumeisterbetriebe sein, deren Mitarbeiter eine spezielle Ausbildung absolviert haben.

Ein Sanierungsfachbetrieb muss in der Lage sein, die Sanierung von Schimmelbefall fachgerecht zu organisieren, vorzubereiten und auszuführen. Es gibt derzeit keinen Ausbildungsberuf, der die für die Schimmelsanierung notwendigen Kenntnisse und Fähigkeiten umfassend vermittelt. Da in der Ausbildung von Malern und Beschichtungstechnikern auf verschiedenen Ausbildungsebenen Grundkenntnisse zu Schimmel und dessen Sanierung vermittelt und diese auch im Rahmen der Meisterprüfung übergeprüft werden, sind Meisterbetriebe dieser Berufsgruppe neben speziellen Schadstoff-Sanierungsbetrieben prädestiniert für Sanierungsarbeiten, wenn die Fachkunde im Rahmen von Fortbildungsveranstaltungen erweitert wird.

Schimmelsanierungen fallen unter den Begriff „unbeabsichtigte Verwendung“ gemäß der Verordnung biologischer Arbeitsstoffe (VbA). Dabei stehen sensibilisierende und toxische Wirkungen der biologischen Arbeitsstoffe im Vordergrund. Das ArbeitnehmerInnenschutzgesetz fordert für die Gefährdungsermittlung und -beurteilung an Arbeitsplätzen, an denen Schimmelbelastungen auftreten (bspw. Schimmelsanierung), die Beteiligung fachkundiger Personen.

Diverse Verbände und Institutionen unter anderem in Österreich und Deutschland bieten Fortbildungskurse, Lehrgänge und Seminare an, bei denen die notwendige Fachkunde (mikrobiologische, bauphysikalische und hygienische Grundlagen, Planung, Koordination und Kontrolle des Sanierungserfolges etc.) geschult wird. Die spezielle Fachkunde der Verantwortlichen wird im Regelfall mit einer Zertifizierung nach ÖNORM ISO/IEC 17024 nachgewiesen.

#### Infobox 16

Bei der Sanierung sind unbedingt die Arbeitnehmerschutzbestimmungen zu beachten (siehe Kapitel 6.3.1).



Der Ablauf einer Sanierung eines großen Schimmelbefalls umfasst folgende Schritte:

- gegebenenfalls Sofortmaßnahmen (siehe Kapitel 6.3.2)
- Ermittlung des Schadensausmaßes des Schimmelbefalls, möglichst durch unabhängige Fachleute (siehe Kapitel 6.3.3)
- Ermittlung der Ursache/n für die erhöhte Feuchte und den Schimmelbefall (siehe Kapitel 6.3.4)
- Beseitigung der Ursache/n des Befalls (siehe Kapitel 6.3.4)
- Durchführung der Schimmelsanierung
  - Entfernung der mit Schimmel befallenen Materialien (siehe Kapitel 6.3.5)
  - gegebenenfalls Trocknung feuchter Bausubstanz (siehe Kapitel 6.3.6)
  - Reinigung des Objektes nach Rückbau zur Beseitigung kontaminierter Stäube (auch Feinreinigung genannt, siehe Kapitel 6.3.7)
- Erfolgskontrolle durch unabhängige Fachleute (siehe Kapitel 6.3.8)
- Wiederaufbau (siehe Kapitel 6.7)
- Kontrolle und Reinigung der in den Raum einzubringenden Gegenstände, ggf. nochmalige Reinigung des Objektes nach Beendigung aller Maßnahmen (siehe Kapitel 6.8)

Die Reihenfolge der Einzelschritte kann variieren und ist nicht zwingend einzuhalten. Vor Beginn der Sanierung ist zu prüfen, ob ein Hantieren mit kontaminiertem Material oder eine Tätigkeit mit erhöhter Schimmelsexposition zu erwarten ist. Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung sind dann die erforderlichen Schutzmaßnahmen festzulegen. Bei Schimmelbefall in der Nutzungsklasse III werden die Punkte Schadensausmaß (siehe Kapitel 6.3.3) und Ursachenklärung (siehe Kapitel 6.3.4) wie bei Nutzungsklasse II behandelt. Die weiteren Punkte (Sofortmaßnahmen, Beseitigung der Ursachen, Durchführung der Schimmelsanierung bis hin zur Kontrolle) können je nach Raumnutzung abgestuft behandelt werden (siehe entsprechende Kapitel).

### **6.3.1 Arbeitnehmerschutz**

Beim Entfernen schimmelbelasteter Materialien mit staubenden Arbeitsverfahren wie z.B. Abstemmen von Putz mit einem Stemmeißel werden hohe Konzentrationen an Staub und Mikroorganismen freigesetzt. Dies kann insbesondere bei länger andauernder oder häufiger Exposition der Beschäftigten zu gesundheitlichen Beschwerden führen. Ziel ist es, durch die Auswahl geeigneter Arbeitsverfahren, die Staub- und Sporenfreisetzung bei der Sanierung möglichst gering zu halten.

#### **Gefährdungen durch biologische Arbeitsstoffe ermitteln und beurteilen**

Für Tätigkeiten im Zuge der Schimmelsanierung gilt die Verordnung biologischer Arbeitsstoffe (VbA). Sie regelt Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten, die bei der Arbeit mit biologischen Arbeitsstoffen in Kontakt kommen. Schimmelpilze fallen unter diesen Begriff – bei Sanierungs- und Reinigungsarbeiten zur Beseitigung von

Schimmelbefall kommt es daher zu einer sogenannten „unbeabsichtigten Verwendung“ biologischer Arbeitsstoffe im Sinne der VbA. Bei der Schimmelsanierung liegt in der Regel keine erhöhte Infektionsgefährdung für die Beschäftigten vor, eine gesundheitliche Gefährdung geht insbesondere von den sensibilisierenden und toxischen Wirkungen der biologischen Arbeitsstoffe aus. Zu den sensibilisierenden biologischen Arbeitsstoffen zählen u.a. bestimmte Schimmelpilze und Bakterien (u.a. thermophile Aktinomyzeten). Toxische Wirkungen können z.B. von Stoffwechselprodukten oder Zellwandbestandteilen ausgehen (siehe Kapitel 2.2).

Der Arbeitgeber muss vor Beginn der Sanierung eine Gefährdungsermittlung und -beurteilung durchführen und die erforderlichen Schutzmaßnahmen festlegen. Allgemeine Grundsätze für diese Arbeitsplatzevaluierung sind im ArbeitnehmerInnenschutzgesetz in den Paragraphen 4 bis 7 formuliert und fordern u.a. die Berücksichtigung der konkreten Verhältnisse am Arbeitsplatz, des Standes der Technik, des Faktors Mensch und des Prinzips der Gefahrenminimierung. Wesentliche Grundlagen für die Gefährdungsbeurteilung sind Informationen über die zu erwartenden biologischen Arbeitsstoffe und die Tätigkeiten, die ausgeführt werden sollen.

Für die Gefährdungsbeurteilung bei der Schimmelsanierung muss der Arbeitgeber insbesondere folgendes ermitteln:

- biologische Arbeitsstoffe (Schimmelpilze, Bakterien und ggf. Krankheitserreger aus Abwasser), deren Infektionspotential sowie mögliche sensibilisierende und toxische Wirkungen und Aufnahmepfade der Stoffe in den Körper
- Ursache, Größe und Tiefe des Schimmelbefalls
- durchzuführende Tätigkeiten unter Berücksichtigung des Arbeitsverfahrens und der eingesetzten Arbeitsmittel
- voraussichtliche Sporen- und Staubfreisetzung bei den Sanierungsarbeiten
- voraussichtliche Dauer der Tätigkeiten
- Möglichkeit des Einsatzes von Arbeitsverfahren, die zu einer geringeren Gefährdung der Beschäftigten führen (Substitutionsprüfung)

Beim Festlegen von Maßnahmen im Zuge der Arbeitsplatzevaluierung ist eine besondere Rangfolge einzuhalten. Es gilt das sogenannte **STOP-Prinzip**, wobei **S** für Substitution, **T** für Technische Maßnahmen, **O** für Organisatorische Maßnahmen und **P** für Persönliche Schutzausrüstung stehen.

Primär sollte also versucht werden, einen gefährlichen Arbeitsstoff bzw. ein gefährliches Arbeitsverfahren durch einen weniger gefährlichen Arbeitsstoff bzw. ein weniger gefährliches Arbeitsverfahren zu ersetzen (Substitution), z.B.:

- Anwendung staubarmer Arbeitsverfahren
- Binden mikrobieller Bestandteile von befallenen Oberflächen vor dem Abtrag

Danach sind alle technischen Möglichkeiten auszuschöpfen, um die Exposition der Beschäftigten zu reduzieren (Technische Maßnahmen) z.B. durch:

- Einsatz von Maschinen mit wirksamer Absaugung
- Technische Lüftungsmaßnahmen
- Einsatz von Industriestaubsaugern der Staubklasse H

Nächster Schritt sind Organisatorische Maßnahmen, z.B.:

- Beschränkung der Anzahl der exponierten Mitarbeiter
- kürzestmögliche Dauer der Exposition

Reichen diese Maßnahmen nicht aus, um eine Gefährdung auszuschließen, ist der Einsatz von Persönlicher Schutzausrüstung festzulegen, z.B.:

- Flüssigkeitsdichte Handschuhe
- Augenschutz
- Halbmasken mit P2- oder P3-Filtern
- Gebläseunterstützte Hauben

Ein Abweichen von dieser Rangfolge der Schutzmaßnahmen muss im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung begründet werden. Ein zuverlässiger Schutz der Beschäftigten ist nur dann möglich, wenn alle Einflussfaktoren, die zu einer Gefährdung führen können, ermittelt und bewertet werden. Die Ergebnisse der Gefährdungsbeurteilung und die festgelegten Maßnahmen sind zu dokumentieren. Diese Dokumentation unterstützt den Arbeitgeber auch bei der unerlässlichen Unterweisung der Arbeitnehmer vor Beginn der Arbeiten.

Eine detaillierte Handlungsanleitung zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung und praktische Hilfestellungen bei der Auswahl geeigneter Schutzmaßnahmen bietet die deutsche DGUV-Information 201-028 „Gesundheitsgefährdungen durch Biostoffe bei der Schimmelpilzsanierung“. Die DGUV-Information 201-028 liefert eine Einschätzung der Gefährdung für typische Tätigkeiten bei der Schimmelsanierung sowie Informationen über die zu erwartenden Sporenkonzentrationen am Arbeitsplatz. Abhängig von der Exposition und der Dauer der Tätigkeiten werden die Tätigkeiten einer Gefährdungsklasse zugeordnet und Schutzmaßnahmen empfohlen (siehe Abbildung 28). Eine Messung der Konzentration der Schimmelpilze und Bakterien oder eine Artbestimmung ist für eine Gefährdungsabschätzung auf Grundlage der DGUV-Information in der Regel nicht notwendig.



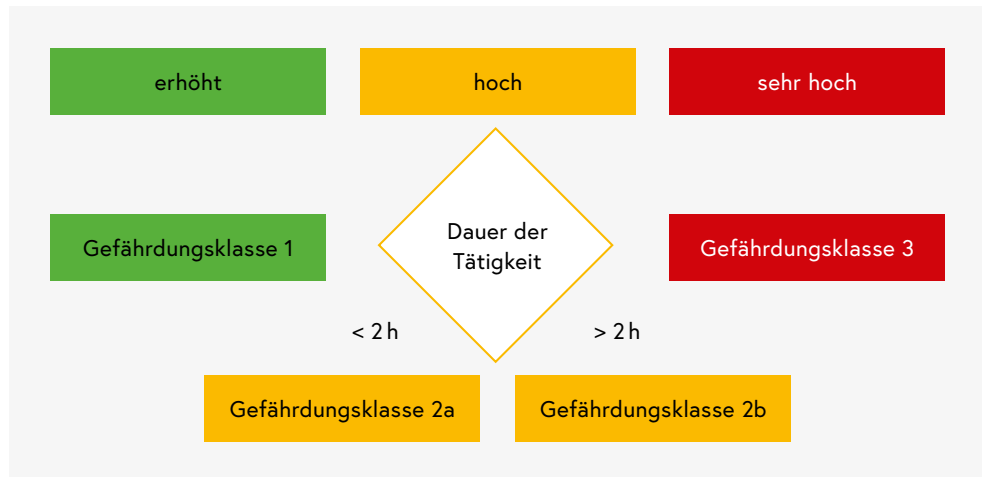


Abbildung 28: Zuordnung der Tätigkeiten zu einer Gefährdungsklasse in Abhängigkeit von der zu erwartenden Exposition und der Dauer der Tätigkeit (in Anlehnung an DGUV-Information 201-028)

Tabelle 17 illustriert die empfohlenen Schutzmaßnahmen, die sich nach der ermittelten Gefährdungsklasse richten (gem. DGUV-Information 201-028).

Maßnahmen	Gefährdungsklasse 1	Gefährdungsklasse 2	Gefährdungsklasse 3
Abtrennung des Arbeitsbereiches	–	staubdichte Abtrennung, ggf. Übergangsbereich/ Personenschleuse	Schwarz-Weiß-Trennung mit Personenschleuse
Lüftung	–	ggf. technische Lüftung	technische Lüftung
Atemschutz	–	Halbmaske mit P2-Filter	gebläseunterstützte Hauben oder Masken mit P3-Filter
Augenschutz	bei Spritzwasserbildung oder Arbeiten über Kopf		immer erforderlich
Schutzanzug	–	staubdichter Schutzanzug	staubdichter Schutzanzug
Handschutz	flüssigkeitsdichte Handschuhe, z.B. aus Nitril		

Tabelle 17: Schutzmaßnahmen gemäß DGUV-Information 201-028.

### Weitere Gefährdungen

Bei der Gefährdungsbeurteilung sind nicht nur die biologischen Belastungen, sondern auch bei einer allfälligen Biozidbehandlung eingesetzte gefährliche Arbeitsstoffe und das Vorhandensein von Gebäudeschadstoffen wie z.B. Asbest, alte Mineralwolle-Dämmstoffe und andere Noxen zu berücksichtigen.

### 6.3.2 Sofortmaßnahmen

Bei einem größeren Schimmelbefall kann es erforderlich sein, Sofortmaßnahmen einzuleiten, wenn die Sanierung nicht zeitnah begonnen werden kann. Durch die Sofortmaßnahmen soll die Exposition der Raumnutzer minimiert werden. Die Sofortmaßnahmen richten sich nach der Art der Raumnutzung und nach der Dauer des Aufenthalts in den Räumen. In Räumen der Nutzungsklasse III ist die Notwendigkeit von Sofortmaßnahmen je nach Nutzung deutlich geringer als in Räumen der Nutzungsklasse II. Ob und welche Sofortmaßnahmen sinnvoll und notwendig sind, muss im Einzelfall entschieden werden. Die persönliche Empfänglichkeit (Prädisposition) gegenüber mikrobiellen Umwelteinwirkungen ist zu berücksichtigen, wenn die Raumnutzer selbst Maßnahmen durchführen.

Sofortmaßnahmen können sein:

- Betroffene informieren
- Aufenthaltsdauer beschränken
- Nutzung aussetzen und kontaminierte Räume abschotten, Fugen an Türen mit Klebeband abkleben (Kennzeichnen der Räume mit „Zutritt verboten“)
- Verschleppen mikrobieller Partikel und Stäube vermeiden und daher befallene Gegenstände vor Ort belassen oder verpackt entsorgen
- Befall durch (vorübergehende) dichte Abdeckung mit Folie oder Spezialbeschichtungen abschotten; Kondensat unter der Abschottung vermeiden
- Befall binden (bspw. Restfaserbinder)
- verunreinigte, nicht mikrobiell befallene Gegenstände aus den betroffenen Räumen reinigen
- Luftreiniger betreiben oder Lüftungsmaßnahmen durchführen, dabei ist eine Verschleppung von mikrobiellen Bestandteilen in andere nicht befallene Bereiche und die Gefährdung Dritter zu vermeiden

### 6.3.3 Erfassung des Schadensausmaßes

Grundlagen einer fachgerechten Sanierung sind die Untersuchung des Objektes (fachgerechte Ortsbegehung, siehe Kapitel 5.1.1) sowie die zweifelsfreie Kenntnis der Befallsursache(n) und des gesamten Schadensausmaßes (sowohl in räumlicher Ausdehnung als auch in Bezug auf die Intensität). Wird ein Feuchte- oder Wasserschaden innerhalb von Gebäuden nicht vollumfänglich erfasst sowie zeitnah und fachgerecht beseitigt, ist der nachhaltige Erfolg der Sanierung gefährdet. Es besteht dann weiterhin das Risiko von Folgeschäden mit negativen Auswirkungen für die Bausubstanz sowie für die Raumnutzer. In Nutzungsklasse I ist zusätzlich auf die Anwesenheit nosokomialer Keime zu achten – siehe Positionspapier des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus zur Sanierung von Schimmelbefall nach Wasserschäden in Krankenanstalten.

Aufgrund der Vielschichtigkeit von Konstruktionsaufbauten und Materialien muss überprüft werden, in welche Gebäudebereiche Feuchte eingedrungen ist und ob bereits ein Schimmelwachstum eingesetzt hat. Insbesondere feuchteempfindliche Bauteile (z.B. Holzverkleidungen, Gipskartonplatten etc.) und nicht direkt einsehbare Hohlräume und Schichten (z.B. Estrich-Dämmschichten, Schächte, etc.) sind zu inspizieren. Bei der Feststellung der räumlichen Ausdehnung und Intensität der Feuchte müssen die „Wege des Wassers“ in der Baukonstruktion, nicht nur in flüssigem Zustand, sondern auch in Form von Wasserdampf berücksichtigt werden. So kann eine massive Durchfeuchtung in verdeckten oder vorgebauten Bauteilen vorliegen, ohne dass diese augenscheinlich erkannt bzw. oberflächlich messtechnisch zu erfassen ist. Bereits eine dauerhaft vorherrschende relative Luftfeuchte oberhalb von ca. 70 % reicht für xerophile Schimmelpilzarten bei sonst optimalen Bedingungen aus, um zu wachsen (siehe Kapitel 1 und 3).

### **6.3.4 Beseitigung der Schadensursachen**

Die Ursachen für die erhöhte Feuchte müssen erkannt und behoben werden. Baumängel bzw. Bauschäden sind zu beseitigen. Leitungswasserschäden sind zu lokalisieren und fachgerecht instand zu setzen. Feuchteschäden aus Havarien (Überschwemmung, Leckstellen) sind schnellstmöglich zu trocknen und die Lüftungssituation ist ggf. zu verbessern, um Schimmelbefall vorzubeugen.

**Eine Schimmelsanierung beginnt immer mit der Klärung und Beseitigung der Ursachen für die Entstehung des Schimmelbefalls.**

Bei sichtbarem und bekanntem Schimmelbefall sollte dieser möglichst vor der technischen Trocknung beseitigt werden, damit die Bioaerosole nicht durch den Betrieb von Trocknungsgeräten verbreitet werden. Die Vorgehensweise bei Wassereintritt in Fußböden wird in der „Handlungsempfehlung zur Beurteilung von Feuchteschäden in Fußböden“ (siehe Anhang 6) beschrieben. Bei feuchten Bauteilen muss bei der Ursachensuche prinzipiell zwischen Oberflächenfeuchte und Wasser im Bauteil unterschieden werden.

#### **Oberflächenfeuchte**

Oberflächenfeuchte tritt auf, wenn die Luftfeuchte zu hoch und/oder die Oberflächen zu kalt sind. Wurde bei der Ursachensuche eine zu hohe Oberflächenfeuchte von Wänden festgestellt, die ihre Ursache in einem unzureichenden Wärmeschutz bzw. dem Vorliegen von Wärmebrücken hat, sollte geprüft werden, ob der Wärmeschutz verbessert werden kann, um die Oberflächentemperatur zu erhöhen und Schimmelwachstum vorzubeugen. Erhöhtes Augenmerk ist auf die Lüftungssituation zu legen: Es ist zu prüfen, ob eine

ausreichende Abfuhr von Feuchte in der kalten Jahreszeit durch Fensterlüftung erfolgen kann oder weitergehende Lüftungstechnische Maßnahmen erforderlich sind.

Einen Sonderfall erhöhter Oberflächenfeuchte stellt die „Sommerkondensation“ dar, die vor allem in Souterrain- und Kellerräumen bzw. nicht dauernd genutzten Gebäuden auftritt (siehe auch Kapitel 3.1.11). Hier sind zur Vermeidung von Schimmelbefall spezielle Lüftungstechnische Maßnahmen hilfreich, bei denen das Lüften mit Hilfe von die absolute Feuchte erfassenden Feuchtesensoren erfolgt. Zusätzlich können elektrische Luftentfeuchtungsgeräte erforderlich sein. Es ist auch sinnvoll, die Lüftung entsprechend in die frühen Morgenstunden oder spät nachts zu verlegen, um erhöhte Kondensationsfeuchte an den Wänden im Sommer zu vermeiden.

### Bauteilfeuchte

Je nach Ursache der Wanddurchfeuchtung ergeben sich nachfolgende idealisierte Feuchteprofile im Außenwandbereich (siehe Abbildung 28).

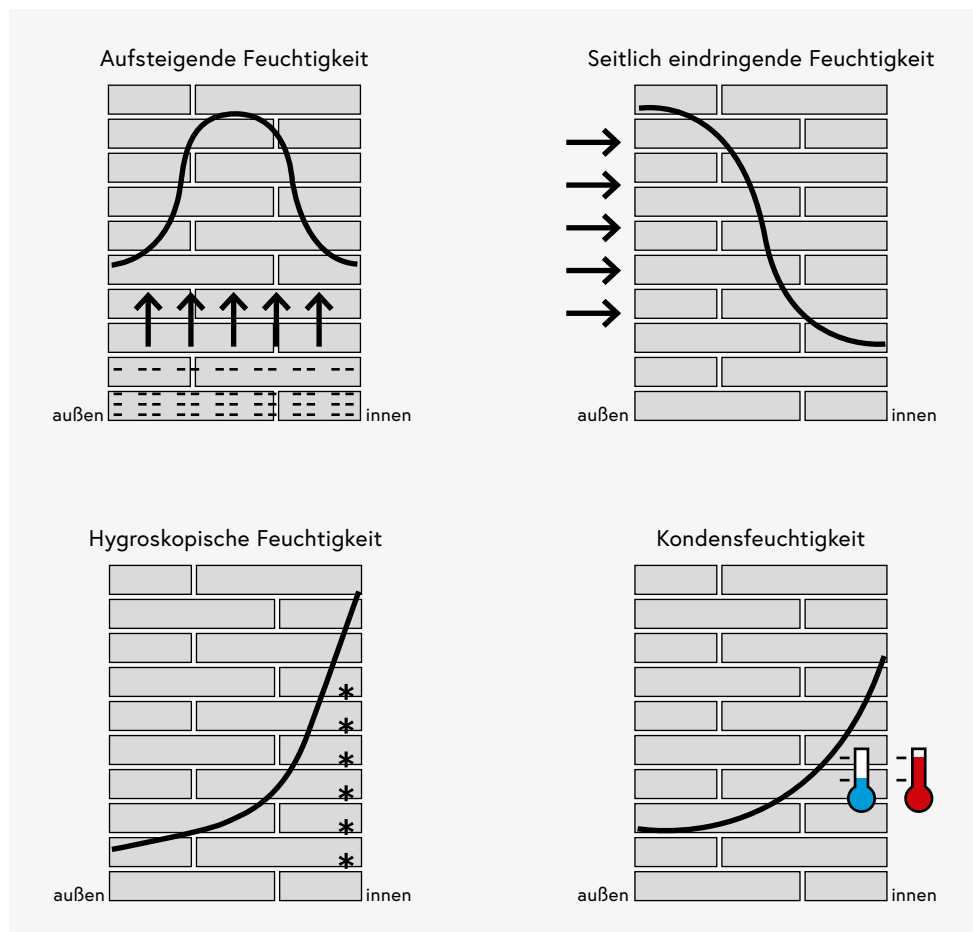


Abbildung 29: Feuchteprofile in der Wand (Bildquelle: Fraunhofer Institut für Bauphysik)

Durch geeignete Bauwerksdiagnostik ist anhand der Feuchteprofile und durch Untersuchung des Konstruktionsaufbaus zu ermitteln, welche Feuchtezufuhr an dem zu untersuchenden Bauteil vorliegt. Zerstörungsfreie Orientierungsmessungen an der Wandoberfläche eignen sich nur bedingt zur Ermittlung der Bauteilfeuchte, bei Unklarheiten müssen Materialproben entnommen werden (siehe ÖNORM B 3355; WTA Merkblatt 4-11-16/D). In der Praxis stellt sich ein Untersuchungsergebnis nicht unbedingt so eindeutig wie in Abbildung 29 dar. Es können Mischfälle vorliegen, bei denen sich mehrere Feuchteprofile überlagern. Die Ursache der Feuchtezufuhr muss durch Fachleute ermittelt werden, so dass ursachengerecht saniert werden kann. In Altbauten, die nicht über eine außenliegende Abdichtung erdberührter Bauteile verfügen, müssen – wenn kein Schimmelbefall vorliegt – nicht in jedem Fall zusätzliche Abdichtungsmaßnahmen erfolgen; entscheidend ist die Analyse des Bausachverständigen vor Ort.

**Folgende Maßnahmen gegen erhöhte Bauteilfeuchte sind möglich:**

- Verfahren und Vorgangsweisen laut ÖNORM B 3355.
- Einbau einer nachträglichen Horizontalsperre bei aufsteigender Feuchte durch Bohrlochinjektions-Verfahren oder mechanische Verfahren. Gegebenenfalls muss für den Einbau einer Horizontalsperre ein Austausch von Mauerwerk durchgeführt werden. Die Verfahren zum Einbringen einer nachträglichen Horizontalsperre sind z.B. in den WTA-Merkblättern 4-7-15/D und 4-10-15/D (siehe Anhang 4) beschrieben. Das WTA-Merkblatt 4-6-14/D liefert Informationen zum nachträglichen Abdichten erdberührter Bauteile.
- Innenabdichtung: Anbringen eines mehrlagigen Innenabdichtungssystems mittels starrer und flexibler Dichtungsschlämme auf der Wandinnenseite gemäß WTA-Merkblatt 4-6-14/D. Bei diesen Maßnahmen ist zu berücksichtigen, dass in der Wand vorhandene Feuchte weiter aufsteigen kann, wenn dies nicht durch eine horizontale Abdichtung verhindert wird.
- Verpressen von Arbeitsfugen und Rissen in Betonbauteilen: Die Rissinjektion wird mit Harzen (z.B. dauerelastischen Kunstharzen auf Polyurethanbasis) ausgeführt, um Risse oder undichte Fugen mit hohem Druck formschlüssig zu verpressen.

Zu weiteren technischen Vorgaben bezüglich Bauwerkstroockenlegung und -prüfung siehe auch WTA-Merkblatt 4-12-16/D (siehe Anhang 4).

Bei Räumen der Nutzungsklasse III muss je nach Art der Nutzung entschieden werden, ob und welche Maßnahmen notwendig sind. Bei Lagerräumen für feuchteunempfindliche Gegenstände, die selten betreten werden („Kohlenkeller“), sind in der Regel keine Maßnahmen notwendig. Werden die Räume häufiger betreten oder sollen sie zur Lagerung von feuchteempfindlichen Materialien genutzt werden, so sind auch hier ggf. bauliche oder Lüftungstechnische Maßnahmen zur Verbesserung der Situation erforderlich.



### 6.3.5 Entfernung befallener Materialien

Sowohl die Dringlichkeit der Sanierung als auch die zu ergreifenden Maßnahmen bei der Sanierung hängen entscheidend von der Art und Häufigkeit der Raumnutzung sowie von der Nutzungsklasse ab.

Bevor der Abbruch bzw. Ausbau der geschädigten Bausubstanz erfolgen kann, müssen die zuvor beschriebenen Arbeitnehmer- und Umgebungsschutzmaßnahmen durchgeführt werden (siehe Kapitel 6.3.1). Der Sanierungsbereich ist unbedingt von nicht betroffenen Gebäudeteilen abzuschotten und ggf. durch technische Lüftungsmaßnahmen in Unterdruck zu halten.

Wichtige Aspekte bei der Entfernung und Bearbeitung von Materialien sind:

- Vor der Entfernung kontaminierter Materialien sind Möbel und Gegenstände, die nicht entfernt werden, mit Folie staubdicht abzukleben (z.B. Einbaumöbel, Lampen, Steckdosen, Installationen etc.).
- Bei Entfernung schimmelbefallener Materialien können größere Mengen an Staub, Schimmelpilzsporen sowie weitere biogene Partikel und Substanzen freigesetzt werden. Um die Staubentwicklung so gering wie möglich zu halten, können diese Materialien vor und während der Abbrucharbeiten mit einem Sporenbindemittel ohne Biozidzusatz behandelt werden. Eine Behandlung mit Bioziden ist in der Regel nicht sinnvoll, da die Materialien ohnehin entfernt werden (gilt für alle Nutzungsklassen).
- Sind Leichtbauwände, Vorbauwandkonstruktionen und Installationswände (meist aus Gipswerkstoffplatten) von Schimmel befallen, sind diese rückzubauen. Nasse Gipskartonwerkstoffe sind, auch wenn Sie noch nicht befallen sind, zu entfernen. In der Regel ist auch der Ausbau der dort verbauten Dämmmaterialien (zumeist Mineralwolle/KMF) erforderlich, da diese mit hoher Wahrscheinlichkeit ebenfalls befallen sind und ein Eintrag der Sporen in die Raumluft nicht auszuschließen ist. Die Entfernung dieser Leichtbauwände sollte ca. 30–40 cm über die befallene Zone bzw. den Feuchtehorizont hinaus erfolgen.
- Bei Entfernung von Estrichen mit darunter befindlichen Trittschall- und Wärmedämmschichten sowie bei Ausbau von Leichtbauwänden (Gipskartonplatten, KMF-Dämmungen, etc.) sind staubarme und sporenbindende Maßnahmen zu ergreifen (z.B. Befeuchtung). Eine an den Arbeitsbereich geführte Absaugung (z.B. Abluftschlauch einer Unterdruckanlage) nimmt hierbei freigesetzten Staub und mikrobielle Partikel auf (gilt für alle Nutzungsklassen).
- Wenn aufgrund lang anhaltender bzw. eingeschlossener Feuchteeinwirkung bereits eine Zerstörung des Putzgefüges an den Wänden eingetreten ist (Aussalzungen, Versandung, Zermürbung, Verseifung, Aufweichung), bleibt nur die Durchführung einer Putzentfernung.
- Freigelegtes Mauerwerk und ggf. vorhandene Betonflächen sollten zunächst sorgfältig abgesaugt werden und können – soweit dies möglich ist – zur

Beseitigung anhaftender organischer und mikrobieller Partikel fachgerecht abgeflämmt werden (gilt für alle Nutzungsklassen).

- Zur Beseitigung eines oberflächlichen Schimmelbefalls an massiven Bauteilen z.B. Wandputz eignen sich unter anderem Fräsen oder Schleifgeräte mit integrierter Staubabsaugung und nachgeschalteter Filtration (HEPA-Filter). Bei älterem, massiven Befall in Wand- und Deckenputzen sind die Putze zu entfernen, da diese mit großer Wahrscheinlichkeit MVOC adsorbiert haben und mitunter so beschädigt sind, dass sich der Befall in tiefere Schichten ausgebreitet hat. In Räumen der Nutzungsklasse III ist je nach Raumnutzung zu entscheiden, ob und wie weit der Putz entfernt werden muss.
- Schimmelbefall auf massivem Holz (z.B. Dachsparren) kann durch abrasive Verfahren (u.a. Abhobeln) entfernt werden. Empfehlungen hierzu gibt auch das DHBV-Merkblatt 02-15/S. In Nutzungsklasse III reicht je nach Raumnutzung ein oberflächliches Absaugen/Abwischen aus.
- Sämtliches entferntes kontaminiertes Material muss, wenn es aus dem geschützten Arbeitsbereich entfernt wird, in Behältern oder luftdicht verschlossenen Säcken auf dem kürzesten Wege aus dem Gebäude in möglichst geschlossene Container gebracht werden (gilt für alle Nutzungsklassen).

Mikrobiell eindeutig befallene Materialien, die problemlos und somit meist wirtschaftlich demontiert werden können, wie Gipskartonplatten, Holzwerkstoffplatten oder Dämmmaterialien sollten generell nicht im Gebäude belassen werden. Bei Räumen der Nutzungsklasse III kann je nach Art der Raumnutzung und Schädigung des Materials entschieden werden, ob eine Belassung der Materialien oder eine oberflächliche Entfernung des Befalls durch Reinigen möglich und ausreichend ist.

Die Vorgehensweise bei Schimmelbefall in Dämmschichten von Fußbodenkonstruktionen in Räumen der Nutzungsklasse II wird in Anhang 6 beschrieben. Bei Schimmelbefall in Fußbodenkonstruktionen in Räumen der Nutzungsklasse III kann je nach Art der Raumnutzung entschieden werden, ob auch bei eindeutigem Befall die befallenen Materialien belassen werden können und Alternativen wie geeignete Abdichtungsmaßnahmen möglich sind.



### 6.3.6 Trocknungsmaßnahmen

Bei umfassenden Feuchteschäden in Gebäuden, die nicht mehr nur durch Lüften und Heizen allein getrocknet werden können, ist eine Trocknung mit technischen Hilfsmitteln vorzunehmen. Für eine technische Bautrocknung ist eine besondere Sachkunde erforderlich. Die Sachkunde ist plausibel zu belegen. In jedem Fall sind der Leitfaden zur technischen Bauteiltrocknung sowie das Positionspapier zur technischen Bauteiltrocknung des Arbeitskreises Innenraumlufte des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus zu beachten. Je nach Temperatur und Material muss bei Wasserschäden, die über längere Zeit (Wochen, Monate) andauerten, immer mit dem Auftreten von Schimmelwachstum gerechnet werden. Möglicherweise wurden auch Krankheitserreger (bspw. Fäkalkeime) durch mikrobiologisch verunreinigtes Abwasser in die Räume eingetragen. Während der Trocknung ist daher die Innenraumhygiene zu berücksichtigen und es dürfen keine Stäube, Fasern und Schimmelbestandteile freigesetzt und verteilt werden.

Bei technischen Bauteiltrocknungsarbeiten sind die Vorgaben des Leitfadens zur technischen Bauteiltrocknung sowie des Positionspapieres zur technischen Bauteiltrocknung des Arbeitskreises Innenraumlufte des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus zu beachten.

**Mit der Trocknung soll so schnell wie möglich nach Auftreten des Feuchteschadens begonnen werden**, damit sich kein Schimmel bilden kann und somit das Schadensausmaß gering bleibt.

Ob eine technische Trocknung durchgeführt werden kann und ob eine weitere Nutzung während der Trocknung möglich ist, hängt unter anderem von folgenden Punkten ab:

- Art, Größe und Alter des Schadens
- Art des durchfeuchteten Materials und der Bauausführung
- Ausmaß der mikrobiellen Kontamination
- Art der Nutzung (siehe Kapitel 6.1)
- Gesundheitszustand der Nutzer (wenn während der Trocknung anwesend)
- Art der Trocknung

Vor der Aufstellung der Trocknungsgeräte muss zunächst geprüft werden, in welche Bereiche die Feuchte eingedrungen ist und ob sich bereits mikrobieller Befall gebildet hat. Dies gilt besonders bei Baustoffen, die Papier und Pappe enthalten (bspw. Gipskartonkonstruktionen) und bei Holz und Holzwerkstoffen (OSB-, Hartfaser- oder Spanplatten). Bei befallenen Dämmmaterialien muss durch weiterführende Untersuchungen geklärt werden, ob ein Ausbau erforderlich ist.

**Sind die Bauteile von Schimmel befallen, muss darauf geachtet werden, dass bei der Trocknung keine mikrobiellen Bestandteile freigesetzt und verteilt werden.** Abhängig von der Nutzungskategorie sind Verfahren einzusetzen, die eine Freisetzung von Schimmelpilzsporen, Fasern von Dämmstoffen und sonstigen Partikeln verhindern (z.B. für genutzte Wohnräume Saug- oder Saug-/Druckverfahren). Wenn nötig sind die Räume während der Trocknung gegenüber nicht betroffenen Räumen abzuschotten.

Die Entfernung befallenen Materials ist grundsätzlich vor den Trocknungsmaßnahmen durchzuführen.

Für die unterschiedlichsten Schadensfälle stehen verschiedene Geräte, Verfahren und Methoden zur Trocknung zur Verfügung (u.a. Kondensationstrockner, Adsorptionstrockner, Wärmeplatten, Infrarotstrahler, siehe Leitfaden zur technischen Bauteiltrocknung des BMNT und WTA 6-15-13/D). Für eine erfolgreiche Trocknung sind außer der Auswahl der Technik auch die jeweiligen örtlichen Gegebenheiten, die Vielschichtigkeit der betroffenen Materialien und die Nutzung der Räume zu beachten. Bei während der Konstruktionstrocknung genutzten Räumen sind ausschließlich Saug- oder Saug-/Druckverfahren anzuwenden. Bei Räumen der Nutzungsklasse III muss je nach Art der Räume und der Raumnutzung entschieden werden, inwieweit eine Trocknung notwendig ist. Hier kann es bei nur gelegentlicher Nutzung und bei Lagerung feuchteunempfindlicher Gegenstände ausreichen, vermehrt zu lüften.



### Trocknung von Bodenkonstruktionen und Hohlräumen

Sind Bodenkonstruktionen ohne Trittschall- und Wärmedämmschichten, sogenannte Verbundestriche, stark durchnässt, kann der Feuchteentzug nur allein über Diffusionsvorgänge erfolgen. Eine Verzögerung oder gar Verhinderung dieser Wasserdampftransportprozesse wird durch dichte Oberbeläge verursacht. Diffusionsdichte Versiegelungen, Anstriche oder verklebte Beläge (z.B. aus PVC) sind daher zuvor auszubauen bzw. zu entfernen (siehe auch Anhang 6).

Bei Fußbodenkonstruktionen mit darunter liegenden Hohlräumen, Dämmschichten und bei nicht zugänglichen Schächten sind spezielle Trocknungsverfahren anzuwenden. Die technische Trocknung von Bodenaufbauten mit Trittschall- und Wärmedämmschichten kann durch drei Verfahren durchgeführt werden (siehe auch Leitfaden zur technischen Bauteiltrocknung des BMNT und WTA Merkblatt 6-15-13/D).

Beim **Saugverfahren** wird feuchte Luft aus dem Dämmmaterial und/oder Hohlraum abgesaugt. Hierdurch entsteht in der Konstruktion ein Unterdruck. Die mittels eines technischen Trocknungsgerätes getrocknete Raumluft strömt über die Randfugen bzw. Öffnungen in den zu trocknenden Hohlraum nach. Diese trockene Luft nimmt beim Hindurchströmen Feuchte aus den feuchten Materialien auf. Die in der abgesaugten Luft vorhandenen mikrobiellen Bestandteile werden direkt nach außen geleitet und/oder über einen nachgeschalteten Filter gefiltert.

Beim **Saug-/Druckverfahren** wird wie beim Saugverfahren die feuchte Luft im zu trocknenden Hohlraum durch Öffnungen abgesaugt. Parallel dazu wird getrocknete Luft unter Druck in die Trittschall- oder Wärmedämmung bzw. den Hohlraum eingeblasen. Der Saug-Volumenstrom muss bei diesem Verfahren größer sein als der Druck-Volumenstrom.


Beim **Druckverfahren** wird die über ein technisches Trocknungsgerät getrocknete Luft über Einblasöffnungen (z.B. über Randfugen oder Bohrungen im Estrich) unter den Estrich in die Trittschall- oder Wärmedämmung bzw. den Hohlraum eingeblasen. Die trockene Luft reichert sich mit Feuchte aus den Baumaterialien an, gelangt über Austrittsöffnungen in den Raum und muss anschließend dort abgeführt werden. Bei Schimmelbefall erfolgt eine unkontrollierte Freisetzung von mikrobiellen Bestandteilen in die Raumluft. Dieses Verfahren sollte daher bei Schimmelbefall nur dann angewendet werden, wenn die Räume nicht genutzt werden (bspw. im Rohbau). Abgesehen von mikrobiellen Bestandteilen können auch Stäube, Fasern etc. an die Umgebung verteilt werden.

Eine technische Trocknung gilt als erfolgreich abgeschlossen, wenn das ehemals feuchte Bauteil soweit getrocknet ist, dass es nicht mehr zu einem mikrobiellen Befall oder einer Bauteilschädigung kommen kann und das gesamte Bauteil wieder eine normale Ausgleichsfeuchte aufweist. Der Erfolg der Trocknung ist messtechnisch zu überprüfen (siehe auch WTA Merkblätter E-4-11-16/D und E-4-12-16/D). Überwacht wird der Trocknungsprozess in der Praxis durch Messung der Temperatur und Luftfeuchte in der zu- und abströmenden Luft. Nimmt die Trocknungsluft keine Feuchte mehr auf, ist eine weitere Trocknung in der Regel nicht sinnvoll. Es können allerdings immer Bereiche verbleiben, die vom Luftstrom des Trocknungsgerätes nicht erfasst wurden. Ob tatsächlich das Trocknungsziel erreicht wurde, kann fachgerecht durch Messung der Ausgleichsfeuchte mittels Sonde im zu trocknenden Bauteil – idealerweise in neu gebohrten Löchern – kontrolliert werden.

Bei baulich und hygienisch einwandfreiem Zustand kann mit dem Wiederaufbau (bauliche Rekonstruktion, siehe Kapitel 6.7) begonnen werden.

#### Informationen zur technischen Bauteiltrocknung

Leitfaden zur technischen Bauteiltrocknung des BMNT, Positionspapier des Arbeitskreises Innenraumluft des BMNT zur technischen Bauteiltrocknung

 Bundesministerium Nachhaltigkeit und Tourismus

<https://www.bmnt.gv.at/umwelt/luft-laermverkehr/luft/innenraumluft/positionspapiere.html>

WTA-Merkblätter zu technischer Bauteiltrocknung  
<http://www.wta-international.org/schriften/wta-merkblaetter/>



Infobox 18

### 6.3.7 Reinigung nach Rückbau

Durch die Sanierungstätigkeiten werden in der Regel mikrobiell belastete Stäube freigesetzt, die zu einer Kontamination der Raumluft und der Raumbooberflächen führen. Daher ist der Sanierungsbereich vor dem Aufheben der Schutzmaßnahmen (Rückbau der Abschottungen und Schleusen) gründlich und sorgfältig zu reinigen, um eine Exposition bei nachfolgenden Arbeiten bzw. der Nutzer zu vermeiden. Dies gilt auch bei Schimmelsanierungen in Räumen der Nutzungsklasse III.

Die Reinigung nach Rückbau wird mitunter auch als „Feinreinigung nach Rückbau“ bezeichnet. Diese Reinigung kann sich aufgrund der Gegebenheiten einer Baustelle von einer allfällig erforderlichen „Feinreinigung vor Übergabe“ in der Gründlichkeit und Tiefe der Maßnahmen unterscheiden. Der in der Schimmelsanierung angewendete Begriff unterscheidet sich von dem Begriff „Feinreinigung“ in der Reinraumtechnologie laut ÖNORM EN ISO 14644-5, obschon dort beschriebene Methoden in der Reinigung nach Schimmelsanierungen hilfreich sein können. Ziel der Reinigung ist in jedem Fall das Entfernen sämtlicher Stäube, Schimmelbestandteile und sonstiger mikrobieller Partikel. Abschottungen, Zugangsbereiche (z.B. Personenschleusen) und ggf. angrenzende Bereiche sind hierbei zu berücksichtigen. Bei der Reinigung ist umsichtig vorzugehen, damit bereits gereinigte Flächen nicht durch aufgewirbeltes Material aus nachfolgenden Reinigungsschritten kontaminiert werden.

Der Einsatz von Bioziden ist bei der Reinigung nicht erforderlich, da die Schimmelbestandteile durch Absaugen oder Abwischen mechanisch entfernt werden.

**Nach dem Rückbau ist eine sorgfältige Reinigung der Oberflächen in den betroffenen Räumen durchzuführen.**

Der Einsatz von Bioziden zum Abtöten der Mikroorganismen vor dem Rückbau oder vor der Reinigung sowie eine Vernebelung von Bioziden (siehe Kapitel 6.4) zur Behandlung der Raumluft ist nicht erforderlich, da die Schimmelbestandteile durch Absaugen oder Abwischen mechanisch entfernt werden.

In der Regel ist der Einsatz von Luftreinigungsgeräten nach einer Schimmelsanierung nicht erforderlich.

Wichtige Aspekte für eine erfolgreiche Staubentfernung und Reinigung in den betroffenen Räumen sind:

- Schwer zugängliche oder schwer zu reinigende Gegenstände und Einbauten (z.B. Heizkörperverkleidungen, Akustikdecken, textile Wandbekleidungen) bereits vor Beginn der Schimmel-Sanierungsarbeiten staubdicht abkleben.
- Zur Reinigung Industriestaubsauger der Staubklasse H einsetzen. Sauger der Staubklasse M sollten nur dann verwendet werden, wenn die Abluft nach außen abgeführt wird.
- Bei glatten Oberflächen (z.B. Fenster, Türen, Abschottung aus Folie) eignet sich eine Feuchtreinigung mit einem tensidhaltigen Reinigungsmittel.
- In der Regel ist der Einsatz von Luftreinigungsgeräten nicht erforderlich. Die Reinigung kann jedoch in speziellen Einzelfällen durch den Einsatz von derartigen Geräten mit Filtern der Staubklasse H unterstützt werden, um die Konzentration luftgetragener Schimmelbestandteile und Stäube zu reduzieren.

- Es ist darauf zu achten, dass die Reinigung vor Abbau der Abschottung und Schleusen erfolgt und diese Schutzvorrichtungen ebenfalls gereinigt werden. Erst nach erfolgreicher Reinigung wird die Abschottung gegen unbelastete Bereiche demontiert, um eine Verschleppung von Kontaminationen zu vermeiden.
- Der Einsatz von Bioziden (z.B. zur Raumvernebelung) ist nicht sinnvoll und kann eine umfassende Reinigung nicht ersetzen, da eventuell gesundheitlich relevante Partikel zwar abgetötet werden, aber weiter in der Raumluft verbleiben.
- Alle im Raum vorhandenen Gegenstände, die kontaminiert sein könnten, sind ebenfalls mit einer entsprechenden Methode zu reinigen und von Stäuben zu befreien.

### 6.3.8 Kontrolle des Sanierungs- und Reinigungserfolgs

Nach Abschluss der Sanierungsarbeiten sollte vor Abbau von Staubschutzwänden, Schleusen und anderen Abschottungen der Erfolg der Maßnahmen kontrolliert und dokumentiert werden. Die erfolgreiche Ursachenbeseitigung muss durch Inspektion festgestellt bzw. bestätigt werden und sollte, insbesondere bei größeren Sanierungsaufgaben, durch spezielle Messungen überprüft werden. Je nach Ursache sind entsprechende Fachleute hinzuzuziehen, die in der Lage sind, die Reparaturmaßnahmen fachmännisch zu überprüfen, wie Abdichtungen im Gebäude, neu installierte Wärmedämmung und das Instandsetzen von Rohrleitungen, Dächern oder Fassaden.

Zur Feststellung der erfolgreich durchgeführten Schimmelentfernung sind Messungen durchzuführen und die Ergebnisse zu dokumentieren. Wichtig ist zu bedenken, dass es nicht Ziel einer Sanierung ist, völlig „schimmelfreie“ bzw. keimfreie Räume oder Gebäudeteile herzustellen. Nach Beendigung der Schimmelsanierung soll lediglich eine nicht maßgeblich über die gewöhnliche Hintergrundkonzentration hinausgehende Konzentration an Schimmelsporen in der Raumluft vorliegen. Der Materialrückbau wird durch Inaugenscheinnahme kontrolliert. Es kann nach der Sanierung zur Überprüfung der beauftragten Leistung nicht das Schadensausmaß ermittelt werden; dieses muss vor Beginn, spätestens während des Rückbaus geschehen. Kontrolliert werden muss, ob der ausführende Sanierungsfachbetrieb das Material laut Auftrag demontiert hat, z.B.: Wurde der Wandputz bis zu einer bestimmten Höhe entfernt? Wurden alle Reste von befallenen Gipskartonplatten in einem Raum entfernt? Wurde die Tapete von der Außenwand entfernt?





Fachlich anspruchsvoll ist insbesondere die Aufgabe, die erfolgreiche Reinigung nach Rückbau zumindest durch Inaugenscheinnahme (ggf. mit Wischproben, um Staubablagerungen zu erkennen) zu kontrollieren und zu dokumentieren. Wenn Staubablagerungen erkennbar sind, ist die Reinigung als nicht erfolgreich anzusehen. Raumluftmessungen sind generell nur in gereinigten Objekten sinnvoll und aussagekräftig. Messungen können vor allem dann sinnvoll sein, wenn die Schimmelsanierung und der Wiederaufbau von unterschiedlichen Betrieben durchgeführt werden.

Ein mögliches Instrument, um insbesondere bei größeren Schäden sowie in der Nutzungsklasse I den Reinigungserfolg zu kontrollieren und zu dokumentieren, sind Raumluftmessungen auf kultivierbare Schimmelpilze nach ÖNORM ISO 16000-16 bis 18 bzw. ÖNORM EN ISO 16000-19, oftmals in Verbindung mit Gesamtsporenmessungen nach ÖNORM ISO 16000-20 (siehe Kapitel 5.1.2.3 und 5.1.2.5). Auch die noch nicht validierte Vorgehensweise, die im WTA Merkblatt 4-12-16/D beschrieben wird, kann als Möglichkeit der Kontrolle in Betracht gezogen werden – die Vorgehensweise beruht auf einer Gesamtsporenmessung nach einer Mobilisierung vorhandener Staubablagerungen. Eine weitere (allerdings nicht genormte) Überprüfungsmethode, ebenfalls nach aktiver Mobilisierung von Staubablagerungen, beruht auf der Messung von pilzspezifischen Enzymen (z.B. N-Acetylhexosaminidase) mit dem Vorteil rascher Ergebnisse.

Oberflächenuntersuchungen mittels Abklatsch-/Abdruckplatten oder Klebefilmpräparaten (Folienkontaktproben) erfassen jeweils nur einen sehr kleinen Bereich der gereinigten Flächen. Für eine repräsentative Aussage wären viele Stellen zu beproben, was aus wirtschaftlicher Sicht meist nicht möglich ist. Lediglich in Nutzungsklasse I können im Einzelfall Abklatsch-/Abdruckplatten eingesetzt werden, aber auch hier ergibt sich das Problem der mangelnden Repräsentativität (Orientierungswerte dazu siehe Positionspapier des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus zur Sanierung von Schimmelbefall nach Wasserschäden in Krankenanstalten).

Grundsätzlich empfiehlt es sich, bei der Beauftragung von Sanierungsfirmen die konkreten Sanierungsschritte und -ziele vorher schriftlich zu vereinbaren.

## 6.4 Sanierung von Räumen der Nutzungsklasse III

Die Sanierung von Räumen der Nutzungsklasse III (bspw. nicht ausgebaute Dachböden, Kellerräume etc.) erfolgt sinngemäß so wie die Sanierung dauernd benutzter Räume der Nutzungsklasse II. Es herrscht allerdings ein verringertes Anforderungsniveau für Sanierung und Instandsetzung sowie in der Regel eine geringere Dringlichkeit.

Die befallenen Bauteile werden entweder entfernt (rückgebaut) oder alternativ durch eine Behandlung vor Ort von Schimmelbefall befreit. Sogenannte abrasive Reinigungstechniken haben sich als effiziente Alternative zum kompletten Rückbau, vor allem bei Holzkonstruktionen, erwiesen. Die Oberflächen werden dabei zunächst abgesaugt und die Materialoberfläche anschließend durch Abhobeln, Abstrahlen, Schleifen oder Abbürsten abgetragen. Zum Abstrahlen der Oberflächen stehen verschiedene Techniken zur Verfügung: trocken, feucht, nass und (aufwendig) mittels Trockeneis.

Anschließend ist nach der Entfernung des befallenen Materials analog zur Sanierungen von Räumen der Nutzungsklasse II eine grobe Entfernung kontaminierter Stäube erforderlich, eine Feinreinigung ist nur in Sonderfällen angebracht. In der Praxis werden in diesem Zusammenhang kostenintensive Maßnahmen angeboten, die über das Ziel hinausgehen, überzogene Maßnahmen sind zu vermeiden.

## 6.5 Sanierung von Hohlräumen der Nutzungsklasse IV

Bei der Sanierung von Hohlräumen ist zu unterscheiden zwischen Hohlräumen, die eine lufttechnische Verbindung zu Räumen der Nutzungsklassen II oder III aufweisen (bspw. ein Hohlraum unterhalb des Estrichs mit offener Estrichfuge – dieser Bereich wird in Anhang 6 behandelt) und luftdicht abgeschotteten Bauteilen und Hohlräumen der Nutzungsklasse IV, die mit geeigneten Materialien gegenüber Innenräumen vollständig abgeschottet sind (bspw. Hohlraum unterhalb des Estrichs mit luftdicht verschlossener Estrichfuge, Hohlräume in Dachkonstruktionen, Schächte etc.). Hohlräume in Wänden bei Leichtbaukonstruktionen fallen nicht in die Nutzungsklasse IV, da diese wie Räume der Nutzungsklasse II oder III zu bewerten und zu sanieren sind. Grundsätzlich herrscht in Bereichen der Nutzungsklasse IV ein deutlich verringertes Anforderungsniveau für Sanierung und Instandsetzung sowie mitunter eine geringere Dringlichkeit. Hohlräume sind in der Regel nicht direkt zugänglich und daher erschwert (bis gar nicht) mechanisch von Schimmelbestandteilen zu befreien. Die Schimmelsanierung zugänglicher Bereiche erfolgt sinngemäß wie die Sanierung von Räumen der Nutzungsklasse III. Bei Schimmelbefall von luftdicht abgeschotteten Bauteilen und Hohlräumen in unzugänglichen Bereichen kann erwogen werden, komplett auf eine Entfernung zu verzichten und ausnahmsweise mit schnell abbauenden Bioziden für eine Deaktivierung des Befalls zu sorgen. Bestimmungsgemäß trockene Bauteile hinter der Abschottung sollen trocken bzw. dürfen nicht regelmäßig oder dauerhaft feucht sein, da sonst mit einem neuerlichen Befall durch Schimmel oder – für das Bauwerk gravierender – durch holzerstörende Organismen zu rechnen ist. Bei der Sanierung von Bauteilen und Hohlräumen ist darauf zu achten, dass keine mikrobiellen Bestandteile in Räume der Nutzungsklassen II oder III eintreten bzw. sind unvermeidliche Kontaminationen nach Abschluss der Sanierung durch eine geeignete Reinigung zu entfernen.

## 6.6 Biozideinsatz

Eine Desinfektion ist per Definition eine Maßnahme, bei der Krankheitserreger soweit abgetötet werden, dass sie keine Infektion mehr auslösen können. Desinfektionsmaßnahmen dienen daher zur Verhinderung einer Infektionsgefahr z.B. bei immunsupprimierten Patienten in Krankenhäusern. In solchen Fällen müssen von entsprechenden Experten Produkte, Handlungsanweisungen oder Technologien angewendet werden, welche die dort auftretenden Krankheitserreger (z.B. *Aspergillus fumigatus*) nachweislich ausreichend reduzieren. Im Leitfaden wird auf solche speziellen Anforderungen in Räumen der Nutzungsklasse I nicht eingegangen. Werden bei der Schimmelsanierung in Räumen der Nutzungsklasse II oder III Biozide eingesetzt, so handelt es sich nicht um eine Desinfektion, auch wenn diese Biozide als Desinfektionsmittel gelistet sind. Es geht dabei nicht um eine Infektionsvermeidung, sondern es stehen andere Aspekte wie die Verzögerung oder Verhinderung des Schimmelwachstums im Vordergrund.

### 6.6.1 Wirksamkeit von Bioziden bei Schimmelbefall

Die Wirksamkeit von Bioziden wird meist an definierten, aber praxisfernen Systemen im Labor getestet. Es existieren nur wenige systematische Arbeiten zur Wirkung von Bioziden bei Schimmelbefall unter praxisnahen Bedingungen auf Baumaterialien. Die Ergebnisse dieser Studien zeigen, dass unter praxisnahen Bedingungen in den meisten Fällen keine oder keine nachhaltige Wirkung durch Biozidbehandlung erreicht werden kann. Auch wenn nach der Biozidbehandlung die Konzentration kultivierbarer Schimmelpilze reduziert war, traten Wochen später wieder hohe Schimmelpilzkonzentrationen auf/in dem Material auf.

Abhängig von der Schimmelpilz- bzw. Bakterienart, des Mediums bzw. Baustoffes sowie Faktoren wie Feuchtegehalt und Temperatur können bestimmte biozide Stoffe das mikrobielle Wachstum verlangsamen oder reduzieren. Eine signifikante Reduktion bereits vorhandener mikrobieller Biomasse ist in der Regel aber nicht zu erwarten, da Schimmelbefall durch die Biozidbehandlung nicht entfernt wird. Eine Ausnahme stellt Wasserstoffperoxid ( $H_2O_2$ ) in hohen Konzentrationen (> 10 %) dar. Mit dieser Biozidbehandlung kann eine Abtötung von Schimmelpilzen und Bakterien erreicht werden. Dessen Einsatz bei Schimmelwachstum ist jedoch aufgrund der stark oxidierenden Wirkung auf und in den Materialien beschränkt; es können sich empfindliche Oberflächen verfärben. Von der Verwendung von Essiglösungen ist bei diffusionsoffenen Baustoffen abzuraten, da bei einer möglichen chemischen Reaktion mit Baustoffen der pH-Wert abgesenkt und ein zusätzliches Nährsubstrat auf die befallenen Stellen aufgebracht wird. Dies kann das Schimmelwachstum fördern statt hemmen.

## 6.6.2 Einsatz von Bioziden bei Schimmelbefall

Da bei einer Sanierung von Schimmelbefall in Räumen der Nutzungsklasse II und III nicht die Infektionsvermeidung das Ziel ist, ist eine Biozidbehandlung grundsätzlich nicht notwendig und auch nicht zielführend.

Eine Biozidbehandlung ist insbesondere nicht sinnvoll ...

- wenn eine zeitnahe Trocknung des Feuchteschadens möglich ist.
- bei sichtbarem Befall an Oberflächen (z.B. Tapeten, Putz), der mit einfachen Mitteln sofort entfernt werden kann.
- bei eindeutigem Befall des Baumaterials, da durch biozide Behandlung bestenfalls die Konzentration an koloniebildenden Einheiten sinkt, jedoch nicht die mikrobielle Biomasse und möglicherweise auch nicht die biologische Aktivität.
- als Methode, bei der Biozide in der Raumluft (außerhalb unzugänglicher Hohlräume) vor, nach oder anstelle einer Sanierung oder Reinigung vernebelt werden.
- vor Umbau- oder Abbrucharbeiten bei Schimmelbefall (oft fälschlicherweise als „Desinfektion“ bezeichnet).
- wenn die Materialbeständigkeit gegen die Biozide nicht (sicher) gegeben ist.
- als Zusatz von Wandbeschichtungen nach einer Trocknung (schimmelhemmende Wandfarben). Dies gilt nicht für Räume der Nutzungsklasse III.

Ein Fluten von Fußbodenkonstruktionen mit Bioziden (in der Praxis oft fälschlicherweise Desinfektion genannt) ist keine nachhaltige Sanierungsmaßnahme. Das gilt auch für die Nutzungsklasse III. Es gibt keine Nachweise, dass damit eine dauerhafte Inaktivierung von Schimmelpilzen und Bakterien erreicht werden kann.

Der Einsatz von hoch konzentrierten Chemikaliengemischen als „Schimmelsanierung“ ist nur in nicht dauerhaft benutzten Räumen sinnvoll, in denen sich Menschen nur kurz aufhalten. Messungen zeigen, dass bei Einsatz derartiger Chemikalien diverse flüchtige Reaktionsprodukte (VOC) in relevanter Konzentration entstehen, deren Emission längere Zeit nachweisbar ist. Von der Verwendung derartiger Chemikaliengemische in Innenräumen wird dringend abgeraten.

In wenigen Ausnahmefällen ist eine Biozidbehandlung bei der Schimmelsanierung sinnvoll. Wenn das Baumaterial z.B. aus Gründen des Denkmalschutzes nicht entfernt werden soll oder wenn eine schnelle Trocknung nicht möglich ist, kann an schwer zugänglichen Oberflächen eine Biozidbehandlung durch sofort abbauende Präparate zur Verzögerung oder Verlangsamung des Wachstums im Einzelfall akzeptiert werden. Ein Beispiel ist das Vernebeln von Wirkstoffen (meist Wasserstoffperoxidpräparate) in unzugänglichen Hohlräumen von Konstruktionen, die aus baulichen Gründen nicht zugänglich gemacht werden können. Insbesondere im Denkmalschutz und bei der Anwendung auf Kunst- und Kulturgut muss nicht nur die Wirksamkeit des Biozides bewiesen sein, es muss primär sichergestellt werden, dass es keine Wechselwirkungen mit dem behandelten Material

gibt (z.B. Verfärbungen, Korrosion). Alle reaktiven Substanzen wie Wasserstoffperoxid oder aktive Chlorverbindungen scheiden daher in diesem Fall zur Behandlung aus (Sterflinger, 2010).

Bei einer Biozidbehandlung ist es wichtig sicherzustellen, dass alle Bereiche des befallenen Bauteiles von der Behandlung erreicht werden (sachkundige Inspektion ist im Vorfeld erforderlich) und der Erfolg der Maßnahme kontrolliert wird. Die Wirksamkeit des anzuwendenden Produkts muss belegt sein. Produkte, die bei der Schimmelsanierung angewendet werden, benötigen für einen legalen Einsatz eine Zulassung nach Biozid-Verordnung in der entsprechenden Produktgruppe. Bei Zulassung eines Biozidprodukts wird eine Zulassungsnummer vergeben, die mit dem Zulassungsinhaber auf dem Etikett des zugelassenen Produktes angegeben wird.

Produkte, die bestimmte Altwirkstoffe enthalten, können aufgrund von Übergangsregelungen vor Erteilung der Zulassung im Rahmen des Wirkstoffgenehmigungs- bzw. Produktzulassungsverfahrens auf dem Markt bereitgestellt und verwendet werden. Diese Produkte erhalten eine Registriernummer, die auf dem Etikett angegeben werden muss. Die Registrierung ist von der Zulassung zu unterscheiden und stellt lediglich eine einfache Meldung eines Biozidprodukts dar.

#### **Anwendung von Bioziden bei Schimmelbefall in Räumen der Nutzungsklassen II und III**

Bei Sanierung von mikrobiellen Schäden in Innenräumen ist, gegebenenfalls mit Ausnahme von Räumen der Nutzungsklasse I, eine Biozidbehandlung grundsätzlich nicht notwendig, weil sie ungeeignet im Sinne einer sachkundigen Beseitigung der Biomasse und der Sanierung der Schadensursache ist.

Vom Vernebeln von Wirkstoffen in die Raumluft – außerhalb von unzugänglichen Hohlräumen – ist in jedem Fall abzuraten. Im Einzelfall kann eine biozide Behandlung durch sofort abbauende Präparate wie Wasserstoffperoxid bei vermutetem Befall zur Verzögerung oder Verlangsamung des Wachstums an schwer zugänglichen Oberflächen akzeptabel sein.

Schimmelhemmende Wandfarben können nach einer Trocknung in Räumen der Nutzungsklasse III eingesetzt werden.

Infobox 19

## 6.7 Bauliche Rekonstruktion nach dem Rückbau

Die durch den Befall oder durch die Sanierungsmaßnahmen beschädigten Oberflächen oder Bauteile sind anschließend wiederherzustellen. Dies kann nach Abschluss der eigentlichen Schimmelsanierung und Freigabe unter „normalen“ Bedingungen ohne besondere Schutzmaßnahmen durch Handwerker entsprechender Gewerke erfolgen. Der Wiederaufbau des Objektes sollte unter Beachtung der spezifischen Gegebenheiten so erfolgen, dass ein erneutes Schimmelwachstum vermieden wird. Zur Vermeidung von erneutem Schimmelbefall sind die entsprechenden Baustoffe und Baukonstruktionen sowie die fachgerechte Bauausführung von großer Bedeutung. Die Auswahl der Baumaterialien spielt eine wichtige Rolle, da dies einer erneuten Schimmelbildung flankierend entgegenwirken kann (z.B. feuchtepuffernde Materialien in Bereichen mit kurzzeitigen Feuchtespitzen (siehe Kapitel 4).

Da Schimmelpilze bevorzugt bei eher niedrigem bis neutralem pH-Bereich wachsen (siehe Kapitel 1), kann durch Silikatfarben, Kalkanstriche und Kalkputze oder andere mineralische Anstriche mit hohem pH-Wert (> 11) erneutem Schimmelbefall vorgebeugt werden bzw. das Wachstum deutlich gehemmt werden. Vor allem in Räumen der Nutzungsklasse III kann dies eine wirksame Alternative zur aufwendigen baulichen Sanierung sein. Der pH-Wert wird dabei so weit in den alkalischen Bereich verschoben, dass ein erneutes Keimwachstum an der Oberfläche reduziert oder sogar unterbunden wird. Allerdings hält diese Wirkung nicht dauerhaft an. Kalkanstriche müssen bei starker Feuchteeinwirkung (bspw. im Keller) regelmäßig erneuert werden, u.a. weil sich der pH-Wert durch Neutralisationsreaktionen allmählich verändern und Schimmelbefall auf der sich bildenden Staubschicht entstehen kann. Ein Nachteil von reinen Kalkanstrichen ist zudem, dass diese Farben oft nicht wisch- und abriebfest sind. Besser geeignet sind Silikatfarben, die ähnlich wie Kalkfarben durch einen hohen pH-Wert ein erneutes Schimmelwachstum unterbinden können. In jedem Fall ist abzuklären, ob der Untergrund für die jeweilige Anwendung geeignet ist.

Bei Innenwanddämmungen haben sich dampfdurchlässige Materialien bewährt, die einen nicht zu vernachlässigenden Dämmeffekt erzielen (siehe auch Kapitel 3.2.2). Bei der Verwendung ist darauf zu achten, dass die Materialien mineralisch sind und eine möglichst hohe Alkalität aufweisen (bspw. Kalzium-Silikatplatten). Dadurch können sie deutlich schlechter von Schimmel befallen werden. Bevor möglicherweise neu verputzte Bauteile wieder tapeziert bzw. gestrichen werden, ist darauf zu achten, dass sie zuvor vollständig durchgetrocknet sind. Ebenso ist bei Einbringen neuer Estriche etc. darauf zu achten, dass keine Restbaufeuchte mehr im Estrich und im Gebäude verblieben ist.

Für alle Neuentwicklungen ist es wichtig, dass die Wirksamkeit und Dauerhaftigkeit der vorgegebenen Eignung der Materialien, Mittel und Verfahren wissenschaftlich und im praktischen Einsatz belegt ist. Das Einsatzgebiet muss eindeutig beschrieben

werden. Konkrete Anwendungsvorschriften sowie Sicherheitsdatenblätter und Betriebsanweisungen müssen vorliegen. Es ist zu prüfen, welche raumlufthygienischen Auswirkungen nach Anwendung vorliegen (bspw. keine Überschreitung von Innenraumrichtwerten, keine zusätzliche Produktion von VOCs).

## 6.8 Maßnahmen nach Abschluss aller Arbeiten

Einrichtungsgegenstände und andere Gegenstände wie Textilien oder Bücher, die während der Sanierungsarbeiten ausgelagert wurden, müssen vor dem Einbringen in den sanierten und nach Rückbau gereinigten Bereich (siehe Kapitel 6.3.7) ggf. gereinigt werden, um eine nachträgliche Kontamination durch mikrobiell belastete Stäube zu vermeiden. Ist dies nicht schon vor dem Wiederaufbau erfolgt, muss – insbesondere nach größeren Sanierungsarbeiten – eine Feinreinigung durchgeführt werden.

Nach Abschluss aller Arbeiten und Einbringen aller (Einrichtungs-)Gegenstände sollte, wenn nicht schon vorher (bspw. vor dem Wiederaufbau) eine Messung erfolgt ist, nach einer Wartezeit von einigen Tagen eine Luftmessung auf kultivierbare Schimmelpilze nach ÖNORM ISO 16000-16 bis 18 bzw. ÖNORM EN ISO 16000-19 durch qualifizierte Untersuchungseinrichtungen erfolgen (siehe Kapitel 5.1.2.3). In die Untersuchung können gegebenenfalls auch angrenzende Gebäudebereiche miteinbezogen werden. Diese Messung dient nicht in erster Linie zum Auffinden allenfalls noch vorhandener Befallsreste, sondern vor allem zur Dokumentation des Reinigungserfolges der Feinreinigung. Dadurch kann festgestellt werden, ob durch ein (Wieder-)Einbringen von Stäuben im Zuge der letzten Phasen der Sanierung eine erhöhte Schimmelpilzkonzentration entstanden ist. Ist dies der Fall, müssen die Räume nochmals gereinigt werden.

Ziel einer abschließenden Feinreinigung ist es nicht, völlig „schimmelfreie“ Räume oder Gebäudeteile herzustellen, dies ist bei der Kontrolle der Reinigungseffektivität zu bedenken. Es soll nach Abschluss aller Arbeiten lediglich eine nicht maßgeblich über die gewöhnliche Hintergrundkonzentration hinausgehende Raumlufkonzentration vorliegen.

7

# Zivilrechtliche Anmerkungen zu Schimmel





## 7.1 Vorbemerkung – Grundsätzliches zum Schimmelleitfaden

Aus rechtlicher Sicht ist darauf hinzuweisen, dass der Schimmelleitfaden weder Gesetz noch Verordnung ist. Dennoch ist davon auszugehen, dass der Leitfaden auch im juristischen Bereich Anwendung findet bzw. finden wird, etwa indem privatrechtliche Verträge, Verordnungen oder Gesetze ausdrücklich auf den Leitfaden abstellen oder der Leitfaden im Rahmen des Sachverständigenbeweises Eingang in Gerichtsverfahren findet. Damit wird der Schimmelleitfaden wohl einen begrüßenswerten Beitrag insbesondere zur Orientierung bei der Lösung von juristischen Aufgaben bzw. Problemen im Zusammenhang mit der Materie „Schimmel“ sowie zur Schaffung von Standards, also der Vereinheitlichung von Grundlagen und Handlungsmaßnahmen leisten.

Im Folgenden werden neben der inhaltlichen Darstellung exemplarisch Entscheidungen des Obersten Gerichtshofes (Stand August 2017) zitiert. Zu den ausgewählten zitierten Gerichtsentscheidungen ist anzumerken, dass den Entscheidungen jeweils ein konkreter Lebenssachverhalt zu Grunde liegt, d. h. es handelte sich um einen vom Gericht zu beurteilenden konkreten (Einzel)Fall, mit allen seinen Besonderheiten. Ob der dem Nutzer des Schimmelleitfadens jeweils aktuell vorliegende Fall übereinstimmende, ähnliche oder sonst vergleichbare Sachverhaltselemente enthält, die möglicherweise ein Gericht zu einer ähnlichen Entscheidung wie der zitierten veranlassen könnte, ist vom Nutzer des Schimmelleitfadens selbst bzw. mit rechtlicher Beratung zu beurteilen.

## 7.2 Schimmel im Mietobjekt

Schimmel im Bestandobjekt – dieses Problem wirft sowohl auf Bestandgeberseite (Vermieter) als auch auf Seiten der Bestandnehmer (Mieter) meist zahlreiche Fragen auf. Die große praktische Bedeutung dieses Themas zeigt sich nicht zuletzt an der umfangreichen Auswahl an juristischer Fachliteratur sowie den zahlreichen gerichtlichen Entscheidungen zu dieser Problematik, die aber letztlich weitestgehend vom Einzelfall geprägt sind.

Der folgende Beitrag soll einen Überblick über die geltende Rechtslage sowie die Rechte und Pflichten des Bestandnehmers bzw. des Bestandgebers im Zusammenhang mit dem Auftreten von Schimmelbildung im Bestandobjekt bieten. Grundsätzlich ist hier zwischen den Regelungen des Allgemeinen Bürgerlichen Gesetzbuches (ABGB) und des Mietrechtsgesetzes (MRG) zu unterscheiden und vorweg jeweils im konkreten Fall für das betreffende Objekt zu prüfen, ob die Voraussetzungen für die Anwendung des MRG erfüllt sind oder nicht.

Zu den Rechten und Pflichten des Vermieters/Verpächters bzw. des Mieters/Pächters nach dem ABGB zählen unter anderem:

Der Vermieter bzw. der Verpächter ist gemäß § 1096 des ABGB verpflichtet, das Bestandsstück auf eigene Kosten in brauchbarem Zustand zu übergeben, zu erhalten und den Mieter in dem bedungenen Gebrauch nicht zu stören. Die Brauchbarkeit des Bestandsobjekts ergibt sich grundsätzlich aus dem Vertragszweck (sie muss eine „Verwendung zulassen, wie sie gewöhnlich nach dem Vertragszweck erforderlich ist und nach der Verkehrssitte erfolgt“), wobei mangels abweichender Vereinbarung mittlere Brauchbarkeit geschuldet wird (RIS-Justiz RS0020926). Unter „mittlerer Brauchbarkeit“ wird verstanden, das Bestandsobjekt so zu verwenden, wie es nach einem gewöhnlichen Mietvertrag, unter Bedachtnahme auf den Vertragszweck, und der Verkehrssitte vorausgesetzt werden kann. Da Schimmelbefall bei einem entsprechenden Umfang auch gesundheitsgefährdend für den Mieter ist, ist in der Regel davon auszugehen, dass aufgrund eines relevanten Schimmelbefalls die (mittlere) Brauchbarkeit des Bestandsobjektes nicht mehr gegeben ist.

Für den Fall, dass das Bestandsstück ohne Schuld des Bestandnehmers derart mangelhaft ist, dass es dem bedungenen Gebrauch nicht entspricht, steht dem Bestandnehmer neben dem Recht zur vorzeitigen Auflösung des Bestandverhältnisses gemäß § 1117 ABGB, das Recht auf Mietzinsbefreiung bzw. -minderung gemäß § 1096 ABGB zu. Für den Anspruch des Bestandnehmers auf Mietzinsminderung ist es darüber hinaus irrelevant, ob den Bestandgeber am Auftreten des Schimmels ein Verschulden trifft oder nicht.

§ 1111 ABGB normiert eine verschuldensabhängige Haftung des Bestandnehmers. Der Bestandnehmer ist auch ohne ausdrückliche Vereinbarung verpflichtet, den vertragsgemäßen Gebrauch nicht zu überschreiten, und es treffen ihn „Schutz- und Obhutspflichten“, die über die bloße Beschränkung des Gebrauchs auf eine schonende Ausübung hinausgehen. Nach der Judikatur des Obersten Gerichtshofes (OGH) haftet der Bestandnehmer nicht bei einem vertragsmäßigen (=schonenden) Gebrauch der Bestandsache und für die sich daraus ergebende gewöhnliche Abnutzung (OGH 16.10.2009, 6 Ob 272/08f). Unabhängig davon, ob es sich um ein dem MRG unterliegendes Objekt handelt oder nicht, setzt die Mietzinsminderung aufgrund des Auftretens von Mängeln, die in die Erhaltungspflicht des Bestandgebers fallen, nach § 1096 ABGB eine Anzeige des Bestandnehmers iSd § 1097 ABGB voraus (RIS-Justiz RS0126618; OGH 16.03.2011, 6 Ob 38/11y).

Zu den Rechten und Pflichten des Vermieters/Verpächters bzw. des Mieters/Pächters nach dem MRG zählen unter anderem:

Das Mietrechtsgesetz (MRG) regelt generell die Miete von Wohnungen, einzelnen Wohnungsteilen oder Geschäftsräumlichkeiten samt etwa mitgemieteten Haus- oder

Grundflächen sowie genossenschaftliche Nutzungsverträge über derartige Objekte. Pachtverträge sind vom Anwendungsbereich des MRG ausgenommen (§ 1 Abs 1 MRG).

Das MRG enthält auch eine Reihe von Objekten und/oder Vertragsarten, auf welche das MRG überhaupt nicht anzuwenden ist (sog. „Vollausnahmen“), etwa die Vermietung im Rahmen eines Beherbergungs- oder Garagierungsunternehmens oder Mietgegenstände in Heimen, sowie Dienst- und Ferienwohnungen. Befinden sich in einem Gebäude nicht mehr als zwei selbständige Wohnungen oder Geschäftsräumlichkeiten, so findet das MRG grundsätzlich auch keine Anwendung. Im Anwendungsbereich des MRG ist weiters zwischen dem Vollenwendungsbereich und dem Teilanwendungsbereich zu unterscheiden.

Im Teilanwendungsbereich des MRG kommt grundsätzlich der § 1096 ABGB zur Anwendung, weshalb den Vermieter im Teilanwendungsbereich eine höhere Erhaltungspflicht trifft. Jedoch kann er diese – anders als im Vollenwendungsbereich – vertraglich beschränken. Insbesondere geht es dabei um Mietgegenstände, die in Gebäuden gelegen sind, welche ohne Zuhilfenahme öffentlicher Mittel aufgrund einer nach dem 30. Juni 1953 erteilten Baubewilligung neu errichtet worden sind, Eigentumswohnungen, wenn die Baubewilligung nach dem 8. Mai 1945 erteilt wurde und bestimmte Dachbodenausbauten.

Im Vollenwendungsbereich des MRG ist insbesondere die Erhaltungspflicht des Vermieters nach § 3 MRG zu beachten. Während die Erhaltungspflicht des Vermieters nach § 1096 ABGB dispositives Recht ist und somit bis zur Grenze der Sittenwidrigkeit abbedungen werden kann, sind die sich aus § 3 MRG ergebenden Pflichten zugunsten des Mieters zwingend (OGH 16.07.2013, 5 Ob 92/13k). Nach § 3 MRG hat der Vermieter dafür Sorge zu tragen, dass das Haus, die Mietgegenstände und die der gemeinsamen Benützung der Bewohner des Hauses dienenden Anlagen im jeweils ortsüblichen Standard erhalten bleiben und erhebliche Gefahren für die Gesundheit der Bewohner beseitigt werden. Der Vermieter hat somit einerseits die zur Erhaltung der allgemeinen Teile des Hauses (alles, was nicht funktional nur einem einzigen oder einer begrenzten Zahl von Mietgegenständen zugeordnet ist) erforderlichen Arbeiten vorzunehmen. Andererseits hat der Vermieter die Arbeiten, die zur Erhaltung der Mietgegenstände des Hauses erforderlich sind, vorzunehmen, wenn es sich um die Behebung von ernststen Schäden des Hauses oder um die Beseitigung einer vom Mietgegenstand ausgehenden erheblichen Gesundheitsgefährdung handelt. Im Gegensatz zu Erhaltungsarbeiten im Mietgegenstand ist die Verpflichtung des Vermieters zur Instandhaltung der allgemeinen Teile des Hauses also unbeschränkt.

Grundsätzlich ist die den Vermieter gemäß § 3 Abs 2 Z 2 MRG treffende Verpflichtung, die Mietgegenstände des Hauses zu erhalten, nicht davon abhängig, ob die zu behebbenden Schäden vom Mieter verursacht oder gar schuldhaft herbeigeführt wurden. In einem Verfahren zur Durchsetzung der in § 3 MRG näher definierten Erhaltungspflicht des Vermieters (§ 37 Abs 1 Z 2 MRG iVm § 6 MRG) sind Fragen der Verursachung und des

Verschuldens grundsätzlich nicht zu prüfen. Ein allfälliger Interessenausgleich lässt sich nur über das Schadenersatzrecht herstellen. Schimmelbildungen an den Wänden des Mietgegenstandes sind insbesondere nach der Judikatur dann „ernste Schäden des Hauses“ und fallen somit nach § 3 MRG in die Erhaltungspflicht des Vermieters, wenn sie großflächig (MietSlg 36.251) oder tiefergehend (OGH 12.06.1996, 5Ob2060/96v) sind. Das Auftreten von Schimmelflecken rund um zwei Steckdosen reicht hingegen nicht für die Annahme einer nachhaltigen Schimmelbildung mit Auswirkungen auf die Bausubstanz aus (OGH 18.12.2006, 8 Ob 153/06t). Oberflächliche Schimmelbildung in einem Bestandsobjekt ohne Schädigung der Bausubstanz wertet die Rechtsprechung des Obersten Gerichtshofs zwar nicht als vom Vermieter nach § 3 Abs 2 Z 2 MRG zu behebbenden ernsten Schaden des Hauses, allerdings qualifiziert die Rechtsprechung Schimmelbefall als erhebliche Gesundheitsgefährdung, wenn sich in der Raumluft eine derart hohe Konzentration an Schimmelpilzsporen findet, dass ein längerer Aufenthalt gesundheitsgefährdend ist (OGH 16.07.2013, 5 Ob 92/13k).

Können durch einen Sachverständigen bauliche Mängel als Ursache für die Schimmelbildung ausgeschlossen werden, so ist es wahrscheinlich, dass diese durch ein nachteiliges Nutzerverhalten der Bewohner verursacht wurde. Nachteilig ist ein Nutzerverhalten dann, wenn das Mietobjekt schuldhaft so benutzt wird, dass von einer Verletzung der (vertraglichen) Pflichten zur normalen schonenden Benutzung des Mietgegenstandes ausgegangen werden muss. Inhalt und Umfang des Gebrauchsrechts des Mieters bestimmen sich nach der Vereinbarung, dann nach dem Zweck des Bestandverhältnisses und ergänzend nach dem Ortsgebrauch und der Verkehrssitte (OGH 16.10.2009, 6 Ob 272/08f).

Je nach Zustand des Gebäudes kann es erforderlich sein, mehr oder weniger zu lüften. Es ist sohin wohl Sache des Vermieters (bereits vor Vertragsabschluss), den Mieter auf bauliche Eigenheiten hinzuweisen und auch darauf, dass ein besonderes Lüftungsverhalten geboten ist. Zu unterscheiden davon ist die konkrete Nutzung: Einem durchschnittlichen Mieter muss sehr wohl bekannt sein, dass die Schimmelbildung in kleinen Räumen begünstigt wird, wenn etwa Wäsche getrocknet und geduscht wird, ohne ausreichend zu lüften. Darauf hat der Vermieter üblicherweise nicht hinzuweisen.

Nach der Judikatur kann eine tägliche Anwesenheit des Mieters in der Wohnung zum Zweck des Stoßlüftens aufgrund der Berufstätigkeit des Mieters nicht erwartet werden. Auch das gepflogene lüftungsintensive Wohnverhalten, Lüften im Ausmaß von je 10 Minuten morgens und abends („Durchzug“), das Bad nach Benützung sowie das Schlafzimmer die ganze Nacht hindurch, kann nicht verlangt werden. Das Aufhängen gewaschener Wäsche, das Aufhängen von Vorhängen oder das Einrichten der Wohnung mit Möbeln fällt vielmehr unter den bestimmungsgemäßen Gebrauch eines Mietgegenstandes. Das vom Vermieter gewünschte Lüftungs- und Beheizungsverhalten ist nach der Judikatur grundsätzlich den Bedürfnissen eines Wohnungsmieters nach

kühlen oder warmen Räumen hintanzustellen (LG für ZRS Wien 03.04.2007, 40 R 65/07s). Auch das von Wärmetechnikern geforderte, in vielen Fällen sinnvolle Abrücken der Kästen von der Wand ist nach der Judikatur nicht nötig. Das Aufstellen der Kästen muss den Wünschen der Wohnungsbesitzer überlassen bleiben (sofern die Wohnung zu Wohnzwecken vermietet wurde). Es ist allgemein üblich, in zu Wohnzwecken vermieteten Räumen Möbel an die Wand zu stellen oder an die Wand zu montieren, wobei darin kein unübliches Wohnverhalten erblickt werden kann (OGH 16.10.2009, 6 Ob 272/08f).

Ein Lüften der Wohnung gerade an heißen und schwülen Tagen vermeiden zu müssen und die Raumtemperatur sogar im Sommer durch Beheizen so warm zu halten, dass es nicht zu einem Absinken der Oberflächentemperatur der Wände und des Bodens auf eine Temperatur niedriger als die Außentemperatur kommt, ist nach der Judikatur als unzumutbar anzusehen (OGH 04.05.2017, 5 Ob 42/17p).

Die Bildung von erhöhter Luftfeuchtigkeit kann nicht generell vermieden werden und gewisse Tätigkeiten, wie etwa das Aufhängen der Wäsche oder Duschen, müssen im Rahmen einer üblichen Nutzung möglich sein (so nicht Gegenteiliges vereinbart wurde), ohne dass es zur Schimmelbildung kommt. Die Frage, ob konkret nicht doch ein Wohnfehlverhalten vorliegt, ist jedoch immer im Einzelfall zu prüfen. Ein übliches Nutzerverhalten wird etwa nicht mehr gegeben sein, wenn in einer kleinen Wohnung Wäsche für einen Acht-Personen Haushalt getrocknet wird (immolex 2012, 334). Auch der sorglose Umgang mit Wasser ist grundsätzlich als nachteiliger Gebrauch zu werten, wenn dadurch Wasserschäden drohen. Ein bloß einmaliges Fehlverhalten des Mieters, wodurch ein Wasserschaden verursacht wurde, rechtfertigt allerdings noch nicht das Bejahen des Vorliegens eines Kündigungsgrundes nach § 30 Abs 2 Z 3 MRG (RIS-Justiz RS0128773 [T1]). Der erheblich nachteilige Gebrauch des Mietobjekts wurde etwa bereits bejaht, als größere Mengen von Wasser durch den schlecht isolierten Boden und die Fugen des Badezimmers des Mieters in die darunter liegenden Wohnungen gesickert sind, was dem Mieter bewusst sein musste und er darüber hinaus mehrmals nicht auf Schreiben der Hausverwaltung mit dem Ersuchen um Kontaktaufnahme zur Beseitigung der Schäden reagiert hat (OGH 19.02.2015, 6 Ob16/15v).

Gemäß § 30 Abs 2 Z 3 erster Fall MRG kann der Vermieter den Mietvertrag aus wichtigem Grund kündigen, wenn der Mieter einen vom Mietgegenstand erheblich nachteiligen Gebrauch macht. Den Mieter muss daran kein Verschulden treffen, es muss ihm nur die Vertragswidrigkeit bewusst sein. Maßstab ist dabei der vertrauenswürdige Durchschnittsmieter (OGH 29.04.2009, 7 Ob 78/09k).

## 7.3 Schimmel im Wohnungseigentumsobjekt

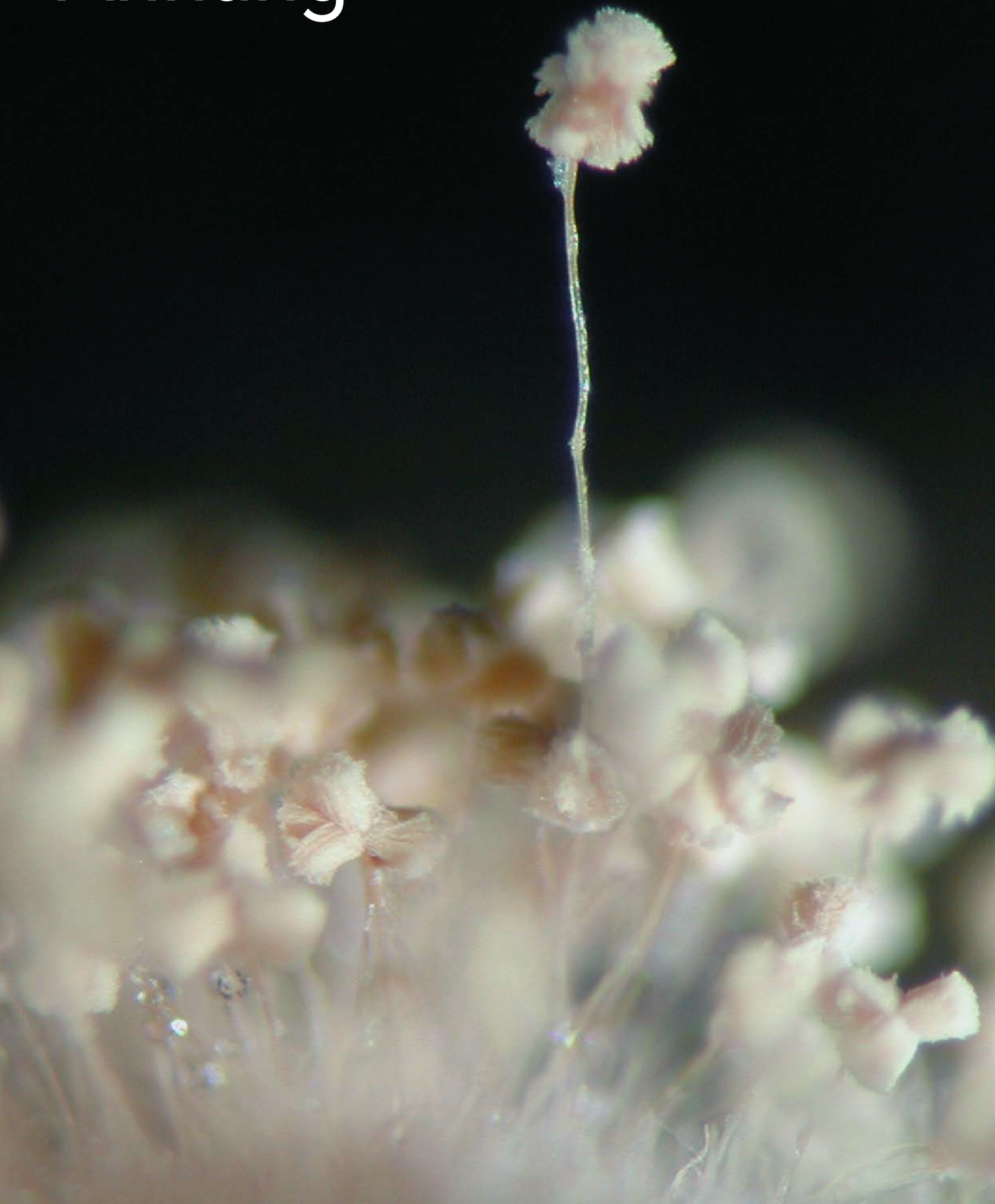
Um beurteilen zu können, wen die Erhaltungspflicht bei Schimmelbefall trifft, ist zunächst zu prüfen, ob der Schimmelbefall in/an einem Wohnungseigentumsobjekt (WE-Objekt) oder an allgemeinen Teilen der Liegenschaft auftritt. Sollte der Schimmelbefall in oder am WE-Objekt auftreten, ist darüber hinaus zu prüfen, ob es sich bei dem Schimmelbefall bereits um einen ernststen Schaden des Hauses handelt.

Grundsätzlich ist der einzelne Wohnungseigentümer zur Erhaltung verpflichtet, wenn der Schimmelbefall im WE-Objekt oder im WE-Zubehör (bspw. Keller oder Dachgeschoß) auftritt. Dies gilt auch, wenn der Wohnungseigentümer allgemeine Teile der Liegenschaft ausschließlich in Anspruch nimmt und benützt (OGH 28.11.2006, 5 Ob 190/06m). Allerdings ist bei einer Schimmelbildung in oder am WE-Objekt auch zu klären, ob die Schimmelbildung bereits einen „ernststen Schaden des Hauses“ darstellt. Liegt ein ernstster Schaden des Hauses in oder am WE-Objekt vor, ist für die Sanierung die Eigentümergeinschaft verantwortlich und zahlungspflichtig. Abweichend von den Bestimmungen des MRG führt eine (erhebliche) Gesundheitsgefährdung durch den Schimmelbefall in einem WE-Objekt nicht zu einer Erhaltungspflicht der Eigentümergeinschaft, vielmehr ist ausschließlich entscheidend, ob die Bausubstanz des Hauses („ernstster Schaden des Hauses“) durch diesen Schimmelbefall angegriffen wird. Die allgemeinen Teile der Liegenschaft und die gemeinschaftlichen Anlagen sind jedenfalls – somit unabhängig von der Schwere des Schimmelbefalls – von der Eigentümergeinschaft zu erhalten.

Grundsätzlich hat derjenige die Sanierungskosten zu tragen, der auch für die Sanierung zuständig ist. Die Kosten für die Sanierung ernstster Schäden des Hauses im WE-Objekt sind daher auch von der Eigentümergeinschaft zu tragen. Sollte der Schimmelbefall, für dessen Sanierung die Eigentümergeinschaft zuständig ist, allerdings durch ein falsches Nutzerverhalten des Wohnungseigentümers (oder diesem zurechenbarer Personen) schuldhaft und rechtswidrig verursacht worden sein, so kann sich die Eigentümergeinschaft bei diesem Wohnungseigentümer regressieren.



# Anhang





## Anhang 1 – Beispiele aktueller nomenklatorischer Änderungen für innenraumrelevante Schimmelpilze

Gültiger Name (Stand 2017)	Basionym/Name bis 2012
<b><i>Talaromyces</i> spp.</b> z.B.: <i>Talaromyces rugulosus</i> , <i>Talaromyces variabilis</i> , <i>Talaromyces funiculosus</i>	<b><i>biverticillate Penicillium</i> spp.</b> z.B.: <i>Penicillium rugulosum</i> , <i>Penicillium variabile</i> , <i>Penicillium funiculosum</i>
<b><i>Aspergillus</i> spp.</b> z.B.: <i>Aspergillus glaucus</i> , <i>Aspergillus rubrobrunneus</i> , <i>Aspergillus chevalieri</i>	<b><i>Eurotium</i> spp.</b> z.B.: <i>Eurotium herbariorum</i> , <i>Eurotium rubrum</i> , <i>Eurotium chevalieri</i>
<b><i>Aspergillus</i> spp.</b> z.B.: <i>Aspergillus nidulans</i>	<b><i>Emericella</i> spp.</b> z.B.: <i>Emericella nidulans</i>

Tabelle A 1.1: Beispiele von nomenklatorischen Änderungen

Internetlink mit weiterführenden Infos zu diesem Thema: <http://www.mycobank.org/>

## Anhang 2 – Molekularbiologische Techniken zur Identifizierung von Schimmelpilzen

Die Anwendung molekularbiologischer Techniken zur Identifizierung von Schimmelpilzen hat neue Erkenntnisse über die Phylogenie verschiedener Schimmelpilzarten gebracht. So hat sich beispielweise gezeigt, dass viele bisher als eine Art zusammengefasste morphologisch und physiologisch nahezu identische Organismen zwar meistens nah verwandt sind, aber genetisch zu unterschiedlich sind, um zu einer Art zu gehören. Zurzeit werden phylogenetisch eng beieinander stehende Arten in Artenkomplexe zusammengefasst. So konnten beispielsweise molekularbiologisch bisher 15 Arten identifiziert werden, die den morphologischen Merkmalen von „*Aspergillus versicolor*“, einem Indikatororganismus für Feuchteschäden, entsprechen. Molekularbiologisch werden in Innenräumen isolierte Stämme dieses Komplexes überwiegend als *Aspergillus creber* oder als *Aspergillus jensenii* identifiziert. Eine Identifizierung der Schimmelpilze bis zur Artebene ist bei vielen Komplexen (z.B. *Aspergillus versicolor*-Komplex) nur molekularbiologisch sicher möglich. Morphologisch lassen sich dagegen nicht alle Schimmelpilzarten innerhalb eines Komplexes auf Art-Ebene sicher unterscheiden.

Durch die Erkenntnisse aus molekularbiologischen Untersuchungen ist die Taxonomie der Schimmelpilze derzeit im Umbruch. Die molekularbiologische Identifizierung bis zur Art bringt aus heutiger Sicht in Bezug auf die in diesem Leitfaden behandelte Problematik aber zurzeit kaum einen Erkenntnisgewinn und ist nur dann erforderlich, wenn ein konkreter Verdacht auf einen pathogenen Vertreter einer Pilzart besteht und die Identifizierung auf Basis der Morphologie und Physiologie nicht eindeutig möglich ist. In

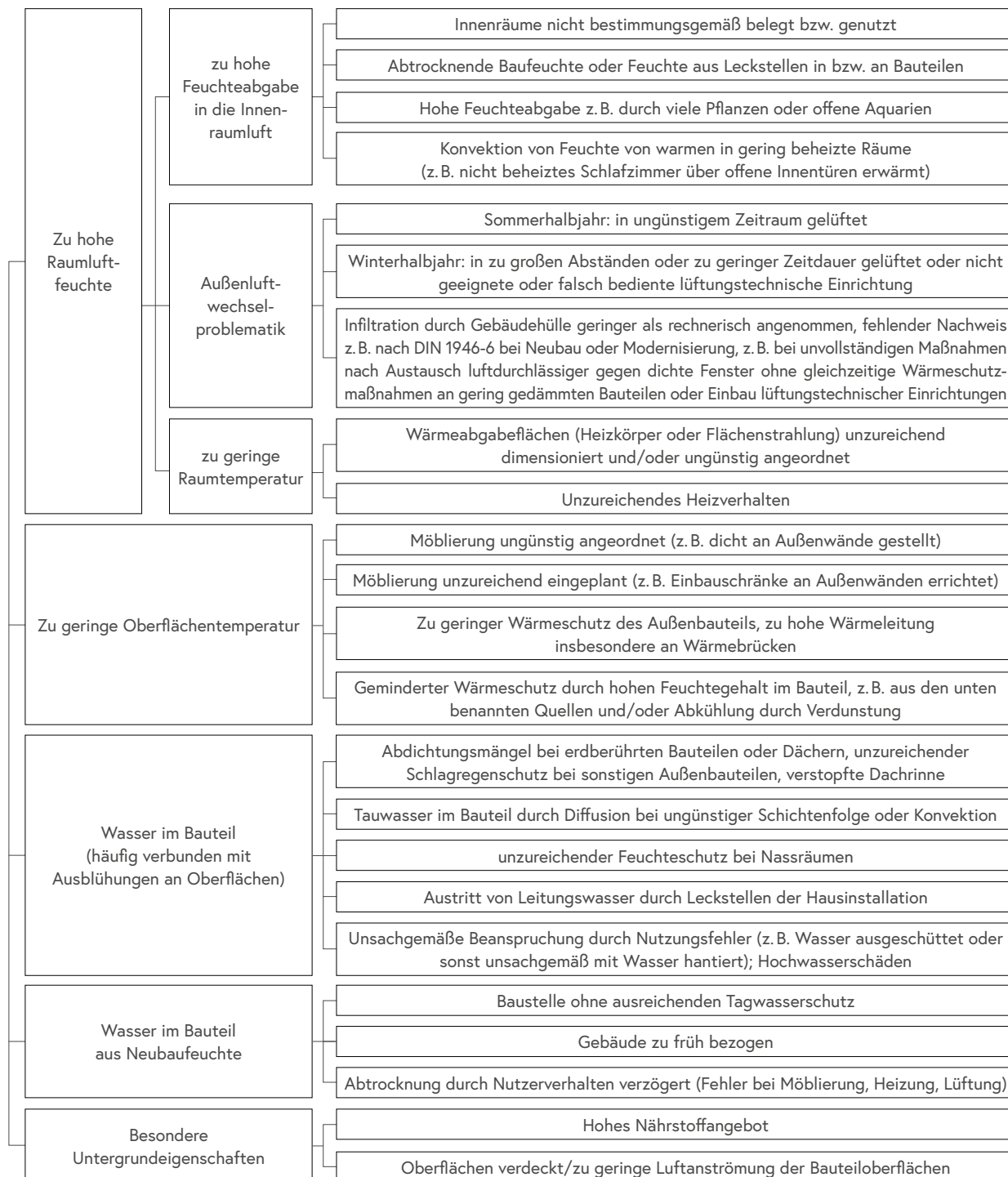
Befunden bzw. Gutachten sollten deshalb die unterschiedlichen Arten eines Komplexes zusammengefasst als z.B. „*Aspergillus versicolor*-Komplex“ einschließlich der genutzten Bestimmungskriterien oder der verwendeten Literatur angegeben werden.

Komplex oder Gruppe	Arten	Molekulare Marker für die Differenzierung
<i>Aspergillus versicolor</i> -Komplex	<i>A. versicolor</i> , <i>A. amoenus</i> , <i>A. austroafricanus</i> , <i>A. creber</i> , <i>A. cvjetkovicii</i> , <i>A. fructus</i> , <i>A. jensenii</i> , <i>A. protuberus</i> , <i>A. puulaauensis</i> , <i>A. subversicolor</i> , <i>A. tabacinus</i> , <i>A. tennesseensis</i> , <i>A. venatus</i> , <i>A. hongkongiensis</i>	CaM
<i>Aspergillus</i> Sektion Nigri	Schwarze Aspergillen, u.A. <i>A. niger</i> , <i>A. acidus</i> , <i>A. aculeatus</i> , <i>A. brasiliensis</i> und <i>A. tubingensis</i> .	CaM
<i>Aspergillus fumigatus</i> -Komplex	<i>A. fumigatus</i> , <i>A. lentulus</i> , <i>A. novofumigatus</i> , <i>A. fumigatiaffines</i>	CaM (Hinweis: Kultivierung bei 37 °C; Differenzierung <i>A. lentulus</i> )
<i>Fusarium solani</i> -Komplex	mind. 50 Arten von <i>Fusarium</i> u.A. <i>F. solani</i> , <i>F. keratoplasticum</i> , <i>F. petroliphilum</i> , <i>F. lichenicola</i>	EF-1 $\alpha$ , RP $\beta$ 1 und/oder RP $\beta$ 2
<i>Penicillium olsonii</i> und <i>P. brevicompactum</i> -Komplex		ITS und/oder $\beta$ -tubulin, alternativer Marker BenA

Tabelle A 2.1: Beispiele von Artenkomplexen basierend auf molekulare Analysen

## Anhang 3 – Übersicht über die Ermittlung der Schadensursachen bei Schimmelbefall

Ursachenbaum für Schimmelbefall auf Bauteilen (nach Oswald 2003, überarbeitet von Zöller, Aachener Institut für Bauschadensforschung AIBau 2014). Auf der linken Seite werden die Situationen aufgeführt, die vorliegen; rechts die möglichen Ursachen.



## Anhang 4 – Fachliteratur, Normen, technische Merkblätter und Richtlinien zu Feuchte und Schimmel

### A Fachliteratur (Auszug)

**Ad-hoc-Arbeitsgruppe (1996):** Richtwerte für die Innenraumluft: Basisschema. Erarbeitet von der Ad-hoc-Arbeitsgruppe der Innenraumluftthygiene-Kommission (IRK) des Umweltbundesamtes und des Ausschusses für Umwelthygiene der AGLMB. Bundesgesundheitsblatt 39 (11). 422–426

**Ad-hoc Arbeitsgruppe (2012):** Richtwerte für die Innenraumluft: erste Fortschreibung des Basisschemas. Bundesgesundheitsblatt 55. 279–290

**Arbeitskreis Qualitätssicherung – Schimmelpilze in Innenräumen (2004):** Schimmelpilze in Innenräumen – Nachweis, Bewertung, Qualitätsmanagement. Herausgeber: Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg

**AGÖF (2013):** AGÖF-Orientierungswerte für flüchtige organische Verbindungen in der Raumluft 2013. In: Umwelt, Gebäude & Gesundheit: Schadstoffe, Gerüche & schadstoffarmes Bauen; Ergebnisse des 10. Fachkongresses der Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (AGÖF) am 24. und 25.10.2013 in Nürnberg

**Brasche S, Heinz E, Hartmann T, Richter W, Bischof W (2013):** Vorkommen, Ursachen und gesundheitliche Aspekte von Feuchteschäden in Wohnungen. Ergebnisse einer repräsentativen Wohnungsstudie in Deutschland. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 2003 46: 683–693

**Chakravarty P, Kovar B (2013):** Evaluation of Five Antifungal Agents Used in Remediation Practices Against Six Common Indoor Fungal Species. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 10. D11–D16

**Douwes J, Doekes G, Heinrich J, Koch A, Bischof W, Brunekreef B (1998):** Endotoxin and  $\beta$ -1,3-glucane in house dust and the relation with home characteristics: a pilot study in 25 german houses. Indoor Air 8, 255–263

**ECA (1993):** Biological particles in Indoor Environments. European Concerted Action – Indoor Air Quality & its Impact on Man. Commission of the European Communities, Joint Research Centre. ECA-Report No 12, EUR 14988 EN

**Ghosh B, Lal H, and Arun Srivastava A (2015):** Review of Bioaerosols in Indoor Environment with Special Reference to Sampling, Analysis and Control Mechanisms. *Environment International* 85. 254–272

**Graßl M (2012):** Ermittlung des Dekontaminierungserfolg von *Aspergillus versicolor* durch antimikrobiell wirkende Substanzen. Bachelorarbeit

**Haas D, Habib J, Luxner J, Galler H, Zarfel G, Schlacher R, Friedl H, Reinthaler FF (2014):** Comparison of background levels of culturable fungal spore concentrations in indoor and outdoor air in southeastern Austria. *Atmospheric Environment* 98. 640–647

**Hinker M, Seibert M (2013):** Pilze in Innenräumen und am Arbeitsplatz. Springer Verlag

**Kanchongkittiphon et al. (2015):** Indoor Environmental Exposures and Exacerbation of Asthma: An Update to the 2000 Review by the Institute of Medicine. *Env. Health Perspectives* 123, 6–20

**Kraus-Johnsen I (2018):** Schimmelpilz-Handbuch. Praxiswissen zu Schimmelpilzschäden in Gebäuden. Bundesanzeiger Verlag

**Lorenz W, Betz S (2016):** Praxis-Handbuch Schimmelpilzschäden: Diagnose und Sanierung. 2. Auflage. Rudolf Müller Verlag

**Méheust D, Pierre Le Cann P, Reboux G, Millon L, Gangneux JP (2014):** Indoor Fungal Contamination: Health Risks and Measurement Methods in Hospitals, Homes and Workplaces. *Critical Reviews in Microbiology* 40(3). 248–260

**Messal C (2018):** Kompendium Schimmel in Innenräumen. Fraunhofer IRB Verlag

**Mücke M, Lemmen C (1999):** Schimmelpilze, Vorkommen, Gesundheitsgefahr, Schutzmaßnahmen. Ecomed-Verlag

**Müller J, Palmgren U (2011):** Investigation of effectiveness of mold detergents and chemicals on total cell numbers of mold on building materials, Bioaerosols, Fungi, Bacteria, Mycotoxins in Indoor and Outdoor Environments and Human Health. Fungal Research Group Foundation, Inc., Albany, New York, N.Y. 253–258

**Northolt MD, Frisvad JC, Samson RA (1995):** Occurrence of food-borne fungi and factors for growth. In: Samson et al. (ed.). *Introduction to food-borne fungi*, CBS, Baarn, N

**Pech A, Pöhn C (2017):** Baukonstruktionen Band 1, Bauphysik: Wärme – Feuchte – Schall – Brand. 2. Auflage, Birkhäuser Verlag

**Poteser M, Hutter H-P, Moshhammer H (2018):** Die Hygiene-Hypothese: Hinweise für einen Einfluss der urbanen Umwelt auf das Allergierisiko in Österreich. 36. Jahrestagung der Österreichischen Gesellschaft für Hygiene, Mikrobiologie und Präventivmedizin, Graz, Juni 2018: 65–66

**Reinthaler FF (2016):** Erfassung von luftgetragenen, kultivierbaren Mikroorganismen in Reinnräumen mittels aktiver und passiver Probennahme. Vortrag im Rahmen des Innenraumtages 2016 des BMNT, Wien

**Richardson N, Grün L (2005):** Schimmelpilze im Innenraum: Sanierung betroffener Wohnungen und Gebäude mit Bewertungshilfen für mikrobiell belastete Trittschall-dämmungen. Handbuch für Bioklima und Lufthygiene 15. erg. Ausg. ecomed Verlag

**Robert Koch-Institut (RKI) (2007):** Schimmelpilzbelastung in Innenräumen – Befund-erhebung, gesundheitliche Bewertung und Maßnahmen. Mitteilung der Kommission „Methoden und Qualitätssicherung in der Umweltmedizin“. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 2007 50.1308–1323 (2007)

**Schnapauff V, Richter-Engel S (1997):** Gebrauchsanweisung für Häuser. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart

**Sedlbauer K (2001):** Vorhersage von Schimmelpilzbildung auf und in Bauteilen. Dissertation Fakultät Bauingenieur- und Vermessungswesen der Universität Stuttgart

**Smith SL, Hill ST (1982):** Influence of temperature and water activity on germination and growth of *Aspergillus restrictus* and *Aspergillus versicolor*. Transactions of the British Mycological Society Vol. 79 (1982), H. 3. 558–560

**Schlacher R, Ebner H (2014):** Sommerkondensation in Wohnräumen. OIB aktuell, 01/14. 22–23

**Sterflinger K (2009):** H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Bedampfung für die Dekontamination von Schimmelpilzen in Innenräumen: Wohn- und Arbeitsbereiche. Forschungsbericht, Auftraggeber PEA-CEE Individuelle Reinraumsysteme

**Sterflinger K (2010):** Fungi: their role in deterioration of cultural heritage. Fungal Biology Reviews 24. 47–55

**Strauss J (2016):** Vergleich von Luftkeimsammelgeräten unter kontrollierten Bedingungen: Neues Bewertungsschema für Messergebnisse erforderlich? Vortrag im Rahmen des Innenraumtages des BMNT 2016, Wien. Bericht zu Forschungsprojekt „Evaluierung einer Prüfkammer und Validierung von verschiedenen Sammel- und Analysesystemen für Bioaerosole“ (FP337), finanziert durch AUVA und DGUV

**Tappler P, Hengsberger H, Ringer W, Muñoz-Czerny U, Damberger B, Twrdik F, Torghele K, Kundi M, Wanka A, Wallner P, Hutter HP (2014):** Lüftung 3.0 – Bewohnergesundheit und Raumluftqualität in neu errichteten, energieeffizienten Wohnhäusern. Österreichisches Institut für Baubiologie und Bauökologie (IBO). Gefördert im Rahmen der 1. Ausschreibung Neue Energien 2020, FFG, Projektnummer 819037

**Trautmann C, Meider J (2018):** Ableitung von Bewertungskategorien für Schimmelpilze und Bakterien in Baumaterialien. In: Schimmelpilz-Handbuch, Praxiswissen zu Schimmelpilzschäden in Gebäuden. Hrsg. Kraus-Johnsen I., Bundesanzeiger Verlag, Köln. 45–84

**UBA (2006):** Kinder-Umwelt-Survey (KUS) 2003/2006. Sensibilisierungen gegenüber Innenraumschimmelpilzen. Umweltbundesamt, Schriftenreihe Umwelt und Gesundheit 05/2011

**UBA (2009):** Untersuchungen zum Vorkommen und zur gesundheitlichen Relevanz von Bakterien in Innenräumen. Forschungsbericht 205 62 236. UBA-FB 0012291862-4804

**UBA (2015):** Bestimmung von Hintergrundkonzentrationen von Schimmelpilzen in Dämmstoffen und anderen Materialien im Innenraum im Hinblick auf Sanierungsempfehlungen. FKZ 3710 62 223

**UFOPLAN (2004):** Erhebung von Hintergrundkonzentrationen für die Bewertung von Schimmelpilzen im Innenraum. Projekt Nr. 20161218/07

**Von Mutius E (2001):** The increase in asthma can be ascribed to cleanliness. Am J Respir Crit Care Med 164: 1106-1107 (discussion 1108–1109)

**Yazdanbakhsh M, Kreamsner PG, van Ree R (2002):** Allergy, parasites, and the hygiene hypothesis. Science 296(5567). 490–494

**Zureik M, Neukirch C, Leynaert B, Liard R, Bousquet J, Neukirch F (2002):** Sensitisation to airborne moulds and severity of asthma: cross sectional study from European Community respiratory health survey. Bmj 325. 411–414

## B Gesetzestexte und Normen

Die angegebenen Gesetze und Verordnungen werden mit der Bezeichnung der Erstausgabe angeführt, die angegebenen Normen mit der zum Zeitpunkt der Drucklegung aktuellsten Ausgabe.

**ArbeitnehmerInnenschutzgesetz – ASchG: Bundesgesetz über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit StF:** BGBl. Nr. 450/1994 idF. BGBl. Nr. 457/1995

**Biozidproduktegesetz:** Bundesgesetz zur Durchführung der Biozidprodukteverordnung StF: BGBl. I Nr. 105/2013

**Verordnung biologische Arbeitsstoffe (VbA):** Verordnung der Bundesministerin für Arbeit, Gesundheit und Soziales über den Schutz der Arbeitnehmer/innen gegen Gefährdung durch biologische Arbeitsstoffe, BGBl. II Nr. 237/1998

**ÖNORM S 5701:** Sensorische Bestimmung der Intensität und Art von Gerüchen in der Innenraumluft – Anforderungen für Vor-Ort-Prüfungen. (2008-03-01)

**ÖNORM B 8110 Teil 2:** Wärmeschutz im Hochbau – Teil 2: Wasserdampfdiffusion, -konvektion und Kondensationsschutz. (2003-07-01)

**ÖNORM B 8110 Teil 2 Bbl. 4:** Wärmeschutz im Hochbau – Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz – Hinweise zur Vermeidung von Feuchtigkeitsschäden durch raumklimatische Einflüsse. (2009-09-01)

**ÖNORM B 3355:** Trockenlegung von feuchtem Mauerwerk – Bauwerksdiagnose, Planungsgrundlagen, Ausführungen und Überwachung. (2017-03-01)

**ÖNORM H 6021:** Lüftungstechnische Anlagen – Reinhaltung und Reinigung – Nationale Ergänzungen zu ÖNORM EN 15780. (2016-08-15)

**ÖNORM H 6038:** Lüftungstechnische Anlagen – Kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung von Wohnungen mit Wärmerückgewinnung – Planung, Ausführung, Inbetriebnahme, Betrieb und Wartung. (2014-02-15)

**ÖNORM EN ISO 13788:** Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren – Berechnungsverfahren. (2013-04-01)



**ÖNORM EN ISO 14644 Teil 5:** Reinräume und zugehörige Reinraumbereiche – Teil 5: Betrieb. (2004-11-01)

**ÖNORM EN 15780:** Lüftung von Gebäuden – Luftleitungen – Sauberkeit von Lüftungsanlagen. (2011-12-01)

**ÖNORM EN ISO 16000 Teil 1:** Innenraumluftverunreinigungen – Teil 1: Allgemeine Aspekte der Probenahmestrategie. (2006-06-01)

**ÖNORM EN ISO 16000 Teil 5:** Innenraumluftverunreinigungen – Teil 5: Probenahmestrategie für flüchtige organische Verbindungen (VOC). (2007-06-01)

**ÖNORM ISO 16000 Teil 16:** Innenraumluftverunreinigungen – Teil 16: Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen – Probenahme durch Filtration. (2015-02-15)

**ÖNORM ISO 16000 Teil 17:** Innenraumluftverunreinigungen – Teil 17: Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen – Kultivierungsverfahren. (2015-06-01)

**ÖNORM ISO 16000 Teil 18:** Innenraumluftverunreinigungen – Teil 18: Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen – Probenahme durch Impaktion. (2015-06-01)

**ÖNORM EN ISO 16000 Teil 19:** Innenraumluftverunreinigungen – Teil 19: Probenahmestrategie für Schimmelpilze. (2015-02-15)

**ÖNORM ISO 16000 Teil 20:** Innenraumluftverunreinigungen – Teil 20: Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen – Bestimmung der Gesamtsporenanzahl. (2016-06-15)

**ÖNORM EN ISO 16000 Teil 32:** Untersuchung von Gebäuden auf Schadstoffe. (2014-10-01)

**ÖNORM EN 16798-3:** Energetische Bewertung von Gebäuden – Lüftung von Gebäuden – Teil 3: Lüftung von Nichtwohngebäuden – Leistungsanforderungen an Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsysteme (Module M5-1, M5-4). (2017-12-15)

**ÖVE/ÖNORM EN ISO/IEC 17024:** Konformitätsbewertung – Allgemeine Anforderungen an Stellen, die Personen zertifizieren. (2012-10-15)

**DIN ISO 16000-6:** Innenraumluftverunreinigungen – Teil 6: Bestimmung von VOC in der Innenraumluft und in Prüfkammern, Probenahme auf Tenax TA®, thermische Desorption und Gaschromatographie mit MS oder MS-FID (ISO 16000-6:2011). (2012-11)

**DIN ISO 16000-21:** Innenraumluftverunreinigungen – Teil 21: Nachweis und Zählung von Schimmelpilzen – Probenahme von Materialien (ISO 16000-14:2013). (2014-05)

**VDI 4254 Blatt 1:** Bioaerosole und biologische Agenzien – Messen von Stoffwechselprodukten von Mikroorganismen – Messen von MVOC in der Außenluft. (2018-06)

**VDI 6022 Blatt 1:** Raumlufttechnik, Raumluftqualität – Hygieneanforderungen an raumlufttechnische Anlagen und Geräte (VDI-Lüftungsregeln). (2018-01)

## **C Technische Merkblätter und Richtlinien**

Die Leitfäden und Positionspapiere des AK-Innenraumluft am BMNT sind im Internet verfügbar unter: <https://www.bmnt.gv.at/umwelt/luft-laerm-verkehr/luft/innenraumluft/positionspapiere.html>

**AWMF (2016):** Schimmelpilz-Leitlinie: „Medizinisch-klinische Diagnostik bei Schimmelpilzexposition in Innenräumen“. AWMF Register Nr. 161/001

**BMNT (2014):** Leitfaden Gerüche in Innenräumen – Sensorische Bestimmung und Bewertung. Erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am BMNT

**BMNT (2017):** Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft. Erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT) unter Mitarbeit der Kommission für Klima und Luftqualität der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. Loseblatt-Sammlung, aktuelle Ausgabe 2017

**BMNT (2018):** Positionspapier zur Sanierung von Schimmelbefall nach Wasserschäden in Krankenanstalten. Erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am BMNT

**BMNT (2019):** Positionspapier zu Schimmel in Innenräumen. Veröffentlicht 2006, aktualisiert 2019. Erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am BMNT

**BMNT (2019):** Positionspapier zu technischer Bauteiltrocknung. Veröffentlicht am 01.01.2015, aktualisiert 2019. Erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am BMNT

**BMNT (2019):** Leitfaden zur technischen Bauteiltrocknung. Erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am BMNT gemeinsam mit der AUVA und dem Bundesverband für Schimmel-sanierung und technische Bauteiltrocknung

**DGUV 201-028 (2006):** DGUV-Information – Handlungsanleitung Gesundheitsgefährdungen durch biologische Arbeitsstoffe bei der Gebäudesanierung

**DHBV-Merkblatt 02-15/S (2015):** Schimmelpilzbefall an Holz- und Holzwerkstoffen in Dachstühlen. Deutscher Holz- und Bautenschutzverband e.V. DHBV

**LGA (2005):** Leitfaden des Landesgesundheitsamtes Baden-Württemberg, Schimmelpilze in Innenräumen – Nachweis, Bewertung, Qualitätsmanagement. Stuttgart

**ÖISS:** Schulbaurichtlinien – Österreichisches Institut für Schul- und Sportstättenbau. Teile zu unterschiedlichen Publikationsjahren, <https://www.oeiss.org>

**UBA (2002):** Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen. Erstellt durch die Kommission Innenraumlufthygiene des Umweltbundesamtes. UBA, Berlin

**UBA (2005):** Leitfaden zur Ursachensuche und Sanierung bei Schimmelpilzwachstum in Innenräumen. Erstellt durch die Kommission Innenraumlufthygiene des Umweltbundesamtes. UBA, Dessau

**UBA (2017a):** Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden. Erstellt durch die Kommission Innenraumlufthygiene des Umweltbundesamtes. UBA, Dessau

**UBA (2017b):** Anforderungen an Lüftungskonzeptionen in Gebäuden. Teil 1: Bildungseinrichtungen. Erstellt durch die Kommission Innenraumlufthygiene des Umweltbundesamtes. UBA, Dessau

**VDB (2010):** Informationsblatt zur Beurteilung und Sanierung von Fäkalschäden im Hochbau. Hrsg. Berufsverband Deutscher Baubiologen VDB e.V.

**VdS 3151 (2014):** Richtlinien zur Schimmelpilzsanierung nach Leitungswasserschäden. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. GDV

**WHO (2009):** WHO-Leitlinien zur Innenraumluftqualität: Feuchtigkeit und Schimmel. WHO-Regionalbüro für Europa

**WHO (2009):** Guidelines for Indoor Air Quality: Dampness and Mould

**WTA 1-2-05/D:** Der Echte Hausschwamm

**WTA 2-13-15/D:** Wärmedämm-Verbundsysteme – Wartung, Instandsetzung, Verbesserung

**WTA 4-6-14/D:** Nachträgliches Abdichten erdberührter Bauteile

**WTA 4-7-15/D:** Nachträgliche mechanische Horizontalsperren

**WTA 4-10-15/D:** Injektionsverfahren mit zertifizierten Injektionsstoffen gegen kapillaren Feuchtetransport

**WTA 4-11-16/D:** Messung des Wassergehalts bzw. der Feuchte von mineralischen Baustoffen

**WTA 4-12-16/D:** Ziele und Kontrolle von Schimmelpilzschadensanierungen in Innenräumen

**WTA 6-1-01/D:** Leitfaden für hygrothermische Simulationsberechnungen

**WTA 6-3-05/D:** Rechnerische Prognose des Schimmelpilzwachstumsrisikos

**WTA 6-4-16/D:** Innendämmung nach WTA I: Planungsleitfaden

**WTA 6-5-14/D:** Innendämmung nach WTA II: Nachweis von Innendämmsystemen mittels numerischer Berechnungsverfahren

**WTA 6-8-16/D:** Feuchtetechnische Bewertung von Holzbauteilen – Vereinfachte Nachweise und Simulation

**WTA 6-9-15/D:** Luftdichtheit im Bestand, Teil 1: Grundlagen der Planung

**WTA 6-10-15/D:** Luftdichtheit im Bestand, Teil 2: Detailplanung und Ausführung

**WTA 6-11-15/D:** Luftdichtheit im Bestand, Teil 3: Messung der Luftdichtheit

**WTA 6-15-13/D:** Technische Trocknung durchfeuchteter Bauteile, Teil 1: Grundlagen

**WTA 6-16-18/D:** Technische Trocknung durchfeuchteter Bauteile, Teil 2: Planung, Ausführung und Kontrolle

**WTA 8-5-18/D:** Fachwerksinstandsetzung nach WTA V: Innendämmungen

## Anhang 5 – Mineralagar nach Gauze für die Anzucht von Aktinomyzeten

### Mineral-Agar (Gauze, 1983)

Lösliche Stärke	20,0 g
KNO <sub>3</sub>	1,0 g
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	0,5 g
MgSO <sub>4</sub> * 7 H <sub>2</sub> O	0,5 g
NaCl	0,5 g
FeSO <sub>4</sub> * 7 H <sub>2</sub> O	0,01 g
Agar	20,0 g
Aqua dest.	1.000 ml

Tabelle A 5.1: Zusammensetzung Mineralagar nach Gauze

Die Einzelkomponenten werden in 1.000 ml Aqua dest. suspendiert. Zu dieser Suspension wird 0,1 g Natamycin (gelöst in 10 ml Ethanol 96 %, reinst) zugegeben. Falls nötig wird der pH-Wert mit 1N HCl oder 1N NaOH eingestellt, sodass er nach dem Autoklavieren bei  $(121 \pm 3) ^\circ\text{C}$  für  $(15 \pm 1)$  min  $7,2 \pm 0,1$  entspricht. Die fertig gegossenen Petrischalen können austrocknungsgeschützt bei  $(5 \pm 3) ^\circ\text{C}$  für längstens 4 Wochen aufbewahrt werden.

## Anhang 6 – Handlungsempfehlung zur Beurteilung von Feuchte- und Schimmelschäden in Fußböden

### A Vorbemerkung

Diese Empfehlung richtet sich an Sachverständige, die bei der Beurteilung und Sanierungsentscheidung von Feuchteschäden in Fußböden vor der Entscheidung stehen, ob ein Fußboden aus hygienischer Sicht ausgebaut werden muss oder nicht. Sie gibt ferner Verbraucherorganisationen und zuständigen Behörden vor Ort wichtige Informationen für die Beratungstätigkeit und enthält nützliche Hinweise für Gebäudenutzer und Gebäudeeigentümer, um gutachterliche Empfehlungen nachvollziehbar zu machen. Die Handlungsempfehlung ersetzt nicht die jeweilig situative gutachterliche Entscheidung und damit verbundene Verantwortung im Einzelfall.

Die Empfehlung gilt für Innenräume der Nutzungsklasse I und II (siehe Kapitel 6.1). Für nicht dauerhaft genutzte Nebenräume außerhalb von Wohnungen, Büros Schulen, z.B. Kellerräume und Abstellräume ohne direkten Zugang zur Wohnung, sowie Garagen oder Treppenhäuser (Räume der Nutzungsklasse III des Schimmelleitfaden) gilt ein verringertes Anforderungsniveau für Sanierung und Instandsetzung, da hier generell von einer geringeren Exposition ausgegangen werden kann. Bei Schimmelbefall in Fußbodenkonstruktionen in Räumen der Nutzungsklasse III kann je nach Art der Raumnutzung entschieden werden, ob auch bei eindeutigem Befall die befallenen Materialien belassen werden können oder andere Alternativen wie geeignete Abdichtungsmaßnahmen möglich sind. Die Empfehlung gilt wie der gesamte Schimmelleitfaden nicht für gewerbliche Nassräume, Großküchen, Schwimmbäder oder ähnliches. In solchen Räumen sind die Fußbodenmaterialien oft oberhalb der abdichtenden Ebene konstruktiv bedingt und unabhängig von einem Wasserschaden dauerhaft durchfeuchtet. Nicht ausgenommen sind Räume, in denen sich besonders empfindliche Personengruppen aufhalten wie z.B. Krankenanstalten und sonstige medizinische Einrichtungen (Nutzungsklasse I). In solchen Bereichen müssen jedoch gegebenenfalls zusätzlich höhere Anforderungen an die Sanierung und den Umgebungsschutz gestellt werden (siehe auch Positionspapier des Arbeitskreises Innenraumluft des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus zur Sanierung von Schimmelbefall nach Wasserschäden in Krankenanstalten).

Für die Bewertung von Feuchteschäden in Fußböden spielen nicht nur hygienisch-mikrobiologische, sondern auch bauliche Aspekte eine Rolle. So verlieren manche Dämmmaterialien bei Durchfeuchtung und anschließender Trocknung ihre spezifischen Eigenschaften (z.B. Wärmedämmung, Schalldämmung) und müssen daher unabhängig vom mikrobiellen Wachstum bei Feuchteschäden ersetzt werden. Auch die Tragfähigkeit einzelner Fußbodenkonstruktionen kann bei massiver Durchfeuchtung leiden.

Fußbodenkonstruktionen sind besonders häufig von Feuchteschäden betroffen. Gleichzeitig bedeutet ein Rückbau von Materialien in der Fußbodenkonstruktion oft einen baulich weitgehenden Eingriff, der finanziell aufwendig ist und Unternehmer wie Raumnutzer vor größere logistische Probleme stellt, besonders wenn die übrigen Räume der Wohnung zeitgleich weiterhin genutzt werden. Die Entscheidung zum Rückbau hat also weitreichende Konsequenzen. Es sollen dabei sowohl der Schutz der Raumnutzer berücksichtigt, als auch aus innenraumhygienischer Sicht übertriebene Bewertungen und unnötige Rückbaumaßnahmen vermieden werden. Diese Empfehlung soll dazu beitragen, dass eine einheitliche innenraumhygienische Beurteilung von Feuchteschäden und Schimmelwachstum in Fußbodenkonstruktionen hinsichtlich Erhalt, Rückbau oder alternativer Maßnahmen in der Praxis durchgeführt wird.

In der Praxis angewandte alternative Maßnahmen zum Rückbau bei Schimmelwachstum sind bspw. das Fluten der Bodenkonstruktion mit Bioziden. Diese Methode (in der Praxis oft fälschlicherweise „Desinfektion“ genannt) ist keine nachhaltige Sanierungsmaßnahme. Es gibt keine Nachweise, dass damit eine dauerhafte Inaktivierung von Schimmelpilzen und Bakterien erreicht werden kann (siehe Kapitel 6.6). Die andere häufig gewählte Alternative zur Entfernung von Estrichen, wenn nur der Randbereich mikrobiell befallen ist – was insbesondere bei Schäden aufgrund von Neubaurestfeuchte sehr häufig der Fall ist – oder wenn sich der Befall in der Bodenkonstruktion als nicht hoch herausstellt, ist die sog. Randfugensanierung mit Entfernen des Randstreifens und Abdichten der Fuge. Sehr selten werden Schäden mit Diffusionsbremsen (Kunststofffolien) oder Diffusionssperren (Alufolie) abgeschottet. Im Einzelfall kann auch eine vollflächige Abdichtung der Hohlräume im Fußbodenbereich mit Hochzügen zu massiven Wänden als geeignete Sanierungsmaßnahme in Frage kommen.

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

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

Außerdem sollte der Gebäudeeigentümer und/oder Nutzungsberechtigte über die mit einer Abdichtung verbundenen Konsequenzen und Risiken aufgeklärt werden.

## **B Einleitung in das Bewertungsschema**

Das Bewertungsschema setzt sich aus zwei Stufen zusammen. In der Bewertungsstufe 1 wurden Erfahrungen aus der Praxis berücksichtigt, die es ermöglichen, in vielen Fällen eine schnelle Beurteilung ohne aufwendige Untersuchungen herbeizuführen. So zeigte sich, dass in bestimmten Fällen eine Entscheidung, ob feucht gewordenes Material ausgebaut werden muss, ohne mikrobiologische Analysen getroffen werden kann. Diese Fälle sind in der Bewertungsstufe 1 anhand von vier Szenarien zusammengefasst (siehe Kapitel B.1). In allen anderen Fällen muss eine mikrobiologische Materialanalyse erfolgen, deren Ergebnisse zusammen mit weiteren Aspekten in einer zweiten Bewertungsstufe (Bewertungsstufe 2) zur Beurteilung herangezogen werden (siehe Kapitel B.2).

Zur Beurteilung der mikrobiologischen Ergebnisse ist eine fachgerechte Probenahme (siehe Kapitel C) und eine standardisierte Aufarbeitung der Proben (siehe Kapitel D) erforderlich. Die beiden Bewertungsstufen 1 und 2 bilden eine Einheit. Die Bewertungsstufe 2 darf nicht ohne vorherige Prüfung nach Bewertungsstufe 1 verwendet werden. Zunächst wird durch Beantwortung der Fragen in der Bewertungsstufe 1 der Feuchteschaden eindeutigen, gut erfassbaren Szenarien zugeordnet. Damit erfolgt eine schnelle Entscheidung, ob weitere Maßnahmen wie z.B. technische Trocknung oder Laboranalytik sinnvoll und notwendig sind. Nur wenn keines dieser Szenarien zutrifft, erfolgt in der Bewertungsstufe 2 eine Beurteilung aufgrund mikrobiologischer Untersuchungsergebnisse und weiterer Aspekte. Die Beurteilung erfordert sehr viel Sachverstand und sollte nur von qualifizierten Sachverständigen durchgeführt werden, da sonst grobe Fehleinschätzungen in die eine oder andere Richtung möglich sind. Ziel ist es, mit diesem Schema eine einheitliche Beurteilung typischer Schadensfälle zu erreichen. Es wird aber in der Praxis Einzelfälle geben, die nicht mit diesem Schema abgedeckt werden können. Unbedingte Voraussetzung ist daher auf allen Stufen die Erfahrung hinsichtlich Schimmelsanierung von entsprechend geschulten Fachleuten. Bei den in der Empfehlung beschriebenen Vorgehensweisen werden juristische Aspekte wie werk- und versicherungsvertragliche Verpflichtungen nicht berücksichtigt. Die einzelnen Bewertungsschritte sind in einem Fließschema im Ausblick (D.4) nochmals kurz zusammengefasst.

### **B.1 Bewertungsstufe 1**

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



(siehe Kapitel B.1.1 – B.1.4) beschrieben, bei denen schnell entschieden werden kann, ob ein Rückbau des Fußbodens nach einem Feuchteschaden notwendig ist oder nicht. Für diese Beurteilung muss der Aufbau der Fußbodenkonstruktion bekannt sein. In allen anderen Schadensfällen, in denen z.B. die Art und Dauer der Durchfeuchtung nicht den genannten Szenarien entsprechen (z.B. Trocknung beendet nach einem Monat und leicht abbaubare Materialien) oder Unsicherheiten hinsichtlich Vorschäden, Dauer des Schadens oder Effektivität der Trocknung bestehen, werden mikrobiologische Untersuchungen und eine weitere gutachterliche Beurteilung entsprechend der Bewertungsstufe 2 (siehe Kapitel B.2) empfohlen. Wenn der genaue Eintritt des Schadens nicht bekannt ist, sollte vom ungünstigsten Fall ausgegangen und ggf. weiter nach Bewertungsstufe 2 beurteilt werden.

#### **B.1.1 Szenario: Rückbau nicht erforderlich durch schnelle Trocknung und schwer besiedelbare Materialien**

Ein Rückbau von feuchtebelasteten Baustoffen in Fußbodenkonstruktionen ist in der Regel nicht notwendig, wenn ein signifikantes mikrobielles Wachstum auf dem Baustoff nicht zu erwarten ist. Hiervon ist auszugehen, wenn es sich um ein aktuelles, einmaliges, kurzzeitiges Ereignis ohne Vorschaden mit nicht fäkalhaltigem Wasser handelt und die betreffenden Baustoffe aufgrund ihrer mineralischen oder dichten Struktur von Mikroorganismen schwer zu besiedeln sind (bspw. Polystyrolbeton) und eine ausreichende Trocknung innerhalb von ca. einem Monat nach Schadenseintritt sichergestellt werden kann. In diesen Fällen ist eine mikrobiologische Untersuchung nicht erforderlich, kann jedoch aus juristischen Gründen sinnvoll sein.

#### **B.1.2 Szenario: Rückbau aufgrund mikrobiellen Wachstums empfohlen**

Ein Rückbau der Fußbodenkonstruktion ist dann zu empfehlen, wenn sich eine Trocknung über einen längeren Zeitraum von über drei Monaten nach Schadenseintritt hinziehen würde bzw. hingezogen hat oder der Feuchteschaden über längere Zeiträume immer wieder aufgetreten ist (mehrmalige Feuchteereignisse) und jeweils Baustoffe vorliegen, die leicht von Mikroorganismen besiedelt werden können und zu einem massiven Wachstum führen können. In diesem Szenario ist ein mikrobieller Befall des Fußbodenaufbaus sehr wahrscheinlich. Auch hier sind mikrobiologische Untersuchungen prinzipiell nicht erforderlich. Im individuellen Bedarfsfall kann aber für eine letztgültige Entscheidung oder aus juristischen Gründen eine mikrobiologische Untersuchung durchgeführt und entsprechend Bewertungsstufe 2 vorgegangen werden.

#### **B.1.3 Szenario: Rückbau aus technischen Gründen empfohlen**

Der Rückbau eines Fußbodenaufbaus ist dann zu empfehlen, wenn eine Trocknung aus technischen Gründen nicht möglich oder aus ökonomischen Erwägungen nicht vertretbar ist. Dies trifft insbesondere auf Materialien zu, die durch die Feuchteeinwirkung und/oder beim Trocknen ihre spezifischen funktionsrelevanten Eigenschaften verlieren. Dies ist z.B. der Fall bei Zellulosefasern oder (gealterten) künstlichen Mineralfaser in der Dämmschicht

von schwimmenden Estrichen (Materialintegrität nach Sichtprobe beurteilen) sowie bei Materialien, die in dünnen Schichten nur langsam und damit kostenaufwendig und in dicken Schichten meist gar nicht getrocknet werden können wie Sand, Lehm oder Perlite. Auch Holzbalkendecken mit Einschüben von Lehm/Stroh gehören in dieses Szenario. Bei diesen Materialien ist also nicht der mikrobielle Befall ausschlaggebend für die Entscheidung zum Rückbau, sondern es sprechen technische Gründe gegen eine sinnvolle Trocknung und Weiternutzung. Daher ist eine mikrobiologische Untersuchung für dieses Szenario nicht notwendig.

Bei nassem Verbundestrich ist die technische Trocknung ebenfalls meist nicht wirtschaftlich und es wird der Rückbau empfohlen. Ist ein Verbundestrich nicht nass, sondern unterhalb der Materialsättigungsfeuchte durchfeuchtet (Messung mit der Sonde ergibt relative Feuchtwerte unter 100 %), kann man unter bestimmten Bedingungen eine technische Trocknung durchführen, indem man die Bodenbeläge entfernt und den freigelegten Estrich mit technisch getrockneter Raumluft spült. Die technische Trocknung sollte sicherstellen, dass die Trocknung kurzzeitig erreicht wird (max. 4 Wochen). Außerdem darf es während und nach der Trocknung zu keiner Geruchsbelästigung kommen und es ist zu prüfen, ob Wände im Anschlussbereich zum Fußboden feucht und dann ggf. mit Schimmel befallen sind. Bei durchfeuchtetem Verbundestrich mit im Mörtelbett verlegten Fliesen ist der Rückbau der Fliesen ohne Entfernen des Estrichs technisch nicht sinnvoll, da der Estrich hierbei beschädigt wird und ausgebessert werden muss. Estriche auf Trennlage werden nach Stufe 2 (mit mikrobiologischer Untersuchung) beurteilt.

#### **B.1.4 Szenario: Rückbau aufgrund von Geruchsbildung oder starkem Fäkalieintrag empfohlen**

Der Rückbau eines Fußbodenaufbaus ist dann zu empfehlen, wenn sich eine auffällige Geruchsbildung einstellt und auch nach der Sanierung mit einer bleibenden Geruchsbildung zu rechnen ist. Gerüche können durch Untersuchungen nach ÖNORM S 5701 mit Hilfe geprüfter Geruchsprüfer objektiviert werden. Der Geruch kann durch Zersetzungsprozesse in feuchten Materialien oder durch den Eintrag von verunreinigtem Wasser (Abwasser oder fäkalhaltiges Hochwasser) verursacht werden. Der Sachverständige muss prüfen, ob er den Geruch begründbar dem Feuchteschaden zuordnen kann. Eine Untersuchung auf mikrobielle Belastungen (u.a. Fäkalbakterien bei Feuchteschäden mit fäkal belastetem Wasser) ist dabei nicht wegen der vermeintlichen Infektionsgefahr erforderlich, sondern wegen des Eintrages von Nährstoffen und Biomasse mit bestehender oder möglicher Geruchsbildung, die hier entscheidend für die Empfehlung zum Rückbau ist.

Die Untersuchung auf Fäkalkeime in Materialien kann bei der Fragestellung dienlich sein, ob der betroffene Bereich durch Schwarzwasser, das feste Fäkalien enthält, verunreinigt wurde sowie zur Abklärung des Schadensausmaßes. Beim Nachweis von Fäkalkeimen,

insbesondere *Escherichia coli*, Coliforme Keime und *Enterokokken* (Indikatorkeime) ist davon auszugehen, dass auch organische Substanz in relevanter Menge durch das Schadensereignis eingebracht wurde. Derartige organische Substanz kann eine Quelle für eine (zukünftige) Geruchsbelästigung darstellen. Die kulturbedingte starke Abneigung gegen Fäkalien und Fäkalgerüche sollte in die Bewertung eines Fäkalschadens eingehen. So kann allein das Wissen um ein stark fäkalienbelastetes Bauteil, selbst wenn keine Gefahr bzw. Geruchsbildung von ihm ausgeht, zu starkem Unbehagen führen und eine weitere Nutzung psychologisch erschweren oder unmöglich machen. Beim Umgang mit fäkalbelastetem Wasser oder Baumaterialien sind Maßnahmen zur Infektionsvermeidung notwendig (Schutzkleidung, ggf. Desinfektion). Geruchsbildung kann auch nach einer Behandlung mit Bioziden aber ohne Beseitigung der betroffenen Materialien auftreten. Geruchsbinder stellen keine nachhaltige Lösung dar. Weitere Empfehlungen zu Abwasserschäden finden sich im VDB Informationsblatt zur Beurteilung und Sanierung von Fäkalschäden im Hochbau.

## **B.2 Bewertungsstufe 2**

Wenn keines der vier Szenarien der Bewertungsstufe 1 (siehe Kapitel B.1) zutrifft, wird eine mikrobiologische Untersuchung (Kriterium I) empfohlen. Zusätzlich sollten weitere Aspekte (Kriterien II-VI, siehe Kapitel B.2.1) in die Überlegungen einbezogen werden, um eine situativ-integrative Entscheidung über notwendige Maßnahmen treffen zu können.

### **B.2.1 Erläuterung der Kriterien**

Zunächst werden die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen (Kriterium I) herangezogen. Zusätzlich zu berücksichtigende Kriterien sind die Durchlässigkeit des Fußbodens (Kriterium II), die Feuchte in der Fußbodenkonstruktion (III), die Art der Materialien in der Fußbodenkonstruktion (IV), Nährstoffeintrag (V) und das Alter des Schadens (VI). Im Folgenden werden die Kriterien näher erläutert.

#### **Kriterium I – Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchungen**

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

Die Mikroskopie ist notwendig, um einen Befall von einer Verunreinigung zu unterscheiden (siehe auch Kapitel 1.1). Werden in der Mikroskopie nur mäßig viele Sporen ohne Myzel oder Sporenträger festgestellt, handelt es sich wahrscheinlich nicht um einen Befall sondern um eine Verunreinigung des Materials aus einem angrenzenden Schimmelbefall oder aus der Luft. Neuste Untersuchungen von Trautmann und Meider (2018) zeigen, dass es bei der einfachen Mikroskopie von Polystyrolproben zu falsch negativen Ergebnissen kommen kann. Aus diesem Grund sollten grundsätzlich negative Proben (Befund „kein Befall“) mittels Suspensionsmethode entweder mikroskopisch (Gesamtzellzahl) oder

kultivierbar (KBE) untersucht werden. Wird mit der Mikroskopie dagegen viel oder sehr viel Myzel mit Sporenträgern nachgewiesen, hat ein Wachstum im Material stattgefunden und es liegt ein Schimmelbefall vor (siehe auch Kapitel D, Tabellen A 6.2 und A 6.3).

Bisher liegen für die Bewertung des Vorkommens kultivierbarer Schimmelpilze in Materialien (KBE/g) nur für die Dämmstoffe Polystyrol(beton) und Mineralfaser ausreichend Daten vor, um anhand der festgestellten Konzentrationsbereiche eindeutig auf einen Befall schließen zu können (siehe Kapitel D.2). Neuere Untersuchungen zeigen, dass diese Konzentrationsbereiche auch für andere Materialien wie Polyurethanschaum oder Putz angewendet werden können. Das Vorkommen von Schimmelpilzarten oder -gattungen, die typisch für Feuchteschäden sind (Feuchteindikatoren, siehe Kapitel 1.2.2, Tabelle 3), ist neben der Konzentration ein wichtiger Hinweis auf einen Befall des Materials.

Ist der Fußbodenaufbau sehr stark durchnässt, haben Bakterien einen Wachstumsvorteil gegenüber Schimmelpilzen. Ergänzende Messungen zu Bakterien/Aktinomyzeten oder ATP im Material können hier zusätzliche Informationen liefern. Diese Methoden sind aber noch keine anerkannten Regeln der Technik (siehe Kapitel 5.1.2). Für Bakterien können noch keine allgemein gültigen Konzentrationen entsprechend der nachfolgenden Bewertung angegeben werden (siehe Kapitel D). Erfahrungsgemäß liegt deren Konzentration um ca. eine Log-Stufe (etwa das 10-fache) über der Konzentration der Schimmelpilze.

**Kein Nachweis für einen Befall** mit Mikroorganismen liegt bei einer Materialprobe, vor allem Polystyrol(beton) und Mineralfaser vor (siehe auch Tabelle A 6.3), wenn:

- mikroskopisch nur vereinzelt Bakterien oder Sporen und nur vereinzelt oder keine Sporenträger oder Schimmelpilzmyzel erkennbar sind und
- bei der Kultivierung eine Schimmelpilzkonzentration unterhalb von  $10^4$  KBE/g nachweisbar ist

**Ein Nachweis für einen geringen Befall** mit Mikroorganismen liegt bei einer Materialprobe (vor allem Polystyrol(beton), Mineralfaser) vor, wenn:

- mikroskopisch ein geringes Wachstum von Bakterien oder Schimmelpilzen mit mäßig viel Myzel oder Sporenträgern erkennbar ist und (falls diese Untersuchung durchgeführt wurde)
- bei der Kultivierung eine Schimmelpilzkonzentration mit nicht mehr als  $10^6$  KBE/g nachweisbar ist

**Ein Nachweis für einen eindeutigen Befall** mit Mikroorganismen liegt bei einer Materialprobe (vor allem Polystyrol(beton), Mineralfaser) vor, wenn:

- mikroskopisch ein eindeutiges Wachstum mit Bakterien oder Schimmelpilzen mit viel oder sehr viel Myzel, Sporenträgern und dazugehörigen Sporen erkennbar ist und/oder (falls diese Untersuchung durchgeführt wurde)
- bei der Kultivierung eine Schimmelpilzkonzentration über  $10^6$  KBE/g nachweisbar ist

**Ein Nachweis für eine Verunreinigung mit Mikroorganismen** liegt bei einer Materialprobe (vor allem Polystyrol(beton), Mineralfaser) vor, wenn:

- mikroskopisch nur vereinzelt oder keine Sporenträger oder Schimmelpilzmyzel erkennbar sind und
- bei der Kultivierung eine Schimmelpilzkonzentration zwischen  $10^4$  und  $10^6$  KBE/g nachweisbar ist

Wird durch die Mikroskopie ein eindeutiger Befall festgestellt, ist der Nachweis kultivierbarer Schimmelpilze nicht unbedingt notwendig. Wird durch die Mikroskopie ein geringes Wachstum festgestellt, kann eine Kultivierung zusätzliche Informationen liefern, da bei einigen Materialien ein Wachstum mikroskopisch nicht leicht zu erkennen ist. Dies gilt auch für abgetrocknete alte Schäden, bei denen das Myzel und die Sporenträger im Material häufig nur mit einem erhöhten mikroskopischen Aufwand erkannt werden können, weil die Myzelien reduziert wurden. Ergibt die Mikroskopie keinen Nachweis für einen Befall ist daher dennoch die Bestimmung der kultivierbaren Schimmelpilze sinnvoll, um falsch negative Ergebnisse auszuschließen.

Die Konzentration kultivierbarer Schimmelpilze kann durch Stresseinflüsse wie Biozidanwendung oder technische Trocknung reduziert sein. Dies sollte bei der Beurteilung mikrobiologischer Untersuchungen berücksichtigt werden. Die Beurteilungskriterien können nicht für Baustoffe verwendet werden, die von Natur aus Mikroorganismen in höheren Konzentrationen enthalten (z.B. Lehm).

#### **Kriterium II – Durchlässigkeit der Fußbodenkonstruktion und daraus resultierendes Expositionsrisiko**

Findet ein Schimmelwachstum in der Trittschall- und Wärmedämmung im Fußbodenaufbau statt, beeinflusst die Dichtigkeit des Bodenaufbaus und der Wandanschlüsse die Exposition der Raumnutzer über die Raumluft. Außerdem haben auch andere offene Verbindungen mit dem Fußbodenaufbau (Risse, Leichtbaukonstruktionen, Steckdosen, Heizverteiler) einen Einfluss auf die Exposition der Raumnutzer. Bei Vorliegen einer Leichtbauwand ist grundsätzlich maximal eine mittlere Durchlässigkeit der Fußbodenkonstruktion anzunehmen, außer die Wangen des Dämmstoffes sind entsprechend luftdicht abgedichtet.

- Die **Durchlässigkeit** wird als **hoch** eingestuft bei Holzfußböden (z.B. Dielenböden, genagelte Parkettböden) bei denen durch das Fugenbild ggf. biogene Partikel wie Schimmelpilzsporen aus der Bodenkonstruktion in die Raumluft gelangen können. Teppichböden auf solchen Böden lassen in der Regel bei einem diffusionsoffenen Trägermaterial Gerüche und andere biogene Substanzen sowie je nach Engmaschigkeit auch Partikel in die Raumluft übergehen.
- Eine **mittlere Durchlässigkeit** wird angenommen bei undurchlässigen Bodenbelägen mit dichten Fugen, wie elastischen Oberböden, Fliesen oder

verklebtem Parkett, die aber keine fachgerecht dichten Randanschlüsse angebracht haben. An den Randanschlüssen kann es daher zu Einträgen aus der Fußbodenkonstruktion in die Raumluft kommen.

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

### **Kriterium III – Feuchte im Fußbodenaufbau**

Oftmals werden zur Abschätzung der Feuchte im Fußbodenaufbau einfache Widerstandsmessungen durchgeführt, die in der Hand von erfahrenen Fachleuten durchaus zu aussagekräftigen Ergebnissen führen können. Hier ist vor allem die Möglichkeit von falsch positiven Ergebnissen zu beachten. Messungen in der Estrichfuge alleine können in der Praxis zur Beurteilung der Feuchte in Raummitte nicht ausreichen, siehe dazu die Ausführungen im Leitfaden zur technischen Bauteiltrocknung des BMNT und Kapitel C.4.

Quantitative Messwerte, die eine Abschätzung erlauben, ob in der Fußbodenkonstruktion erhöhte Feuchte vorliegt, die ein mikrobielles Wachstum ermöglicht, erhält man mittels hygothermischer Sondenmessung, beschrieben bspw. in WTA 4-12-16/D: Ziele und Kontrolle von Schimmelpilzschadensanierungen in Innenräumen. Diese Messungen werden oft auch als „Ausgleichsfeuchtemessungen“ bezeichnet, wobei jedoch nicht die Materialausgleichsfeuchte bezogen auf die Masse gemeint ist. Ergänzend kann mit gravimetrischer Messung (sog. Darr-Wäge-Methode) überprüft werden, ob die Materialfeuchte des Estrichs im Bereich der Materialausgleichsfeuchte liegt (bspw. nach ÖNORM B 3355). Gravimetrische Feuchteanalysen der Dämmmaterialien sind aber technisch nicht immer möglich, da bei bestimmten Dämmmaterialien auch bei hoher relativer Feuchte nur geringe Wassermengen im Material vorhanden sind und daher sehr große Mengen an Material gewogen werden müssten.

Erhöhte Feuchte ist zwar eine notwendige Voraussetzung, dass ein mikrobielles Wachstum stattfinden kann (siehe Kapitel 2), es kann aber vorkommen, dass die Bewertung des Fußbodenaufbaus stattfindet, wenn – z.B. nach einer Trocknung – bereits keine erhöhte Feuchte mehr vorliegt. In diesem Fall kann kein weiteres mikrobielles Wachstum stattfinden. Trotzdem können aus einer vorhergegangenen Wachstumsphase hohe Konzentrationen an Bestandteilen von Schimmelpilzen oder Bakterien vorhanden sein. Sind Zeichen ehemaliger Feuchte vorhanden (Wasserflecken, Rostflecken, Salze), ist dies bei der Beurteilung zu berücksichtigen.

### **Nässe**

- Nässe, d.h. flüssiges Wasser ist visuell zu erkennen (ggf. kann man aus den Materialien, z.B. der Trittschalldämmung durch „Drücken“ Wassertröpfchen auspressen) und im Gegensatz zu Feuchte aufgrund gasförmigen Wassers auch zu fühlen.

### **Stark erhöhte Feuchte**

- hygrothermische Sondenmessungen bei Temperaturen von 19–21 °C ergeben Feuchtwerte von 80 % oder höher (entspricht Wasseraktivität  $a_w \geq 0,8$ ).
- Mikrobielles Wachstum ist möglich.

### **Erhöhte Feuchte**

- Hygrothermische Sondenmessungen bei Temperaturen von 19–21 °C ergeben Feuchtwerte zwischen 70 % und 80 % (entspricht Wasseraktivität  $a_w = 0,7-0,8$ ).
- Mikrobielles Wachstum ist wenig wahrscheinlich.

### **Keine erhöhte Feuchte**

- Hygrothermische Sondenmessungen bei Temperaturen von 19–21 °C ergeben Feuchtwerte unter 70 % (entspricht Wasseraktivität  $a_w < 0,7$ ).
- Mikrobielles Wachstum tritt in der Regel nicht auf.

Die relative Feuchte steigt aber mit Absenken der Temperatur an, so dass sich im Falle einer Auskühlung der Materialien hohe Feuchtwerte einstellen können. Sinkt z.B. die Bauteiltemperatur ab und weist das Material damit eine höhere relative Feuchte auf, ist ein mikrobieller Befall auch bei niedrigeren gemessenen Feuchtwerten möglich.

### **Kriterium IV – Material im Fußbodenaufbau**

Zur Beurteilung ist die Kenntnis der Konstruktion des Fußbodenaufbaus notwendig, selbst wenn dies – bei unbekanntem Aufbau – den Bauteil zerstörende Maßnahmen erforderlich macht. In der Regel findet sich das eingetragene Wasser zwischen Oberkante der Rohbetondecke bzw. Bodenplatte und der Trittschall- und Wärmedämmung. Die Trittschall- und Wärmedämmung ist damit das Material, welches bei Feuchteeintrag am ehesten besiedelt wird. Je nach Nährstoffgehalt dieser Materialien findet schnell oder weniger schnell ein mikrobieller Befall statt. Bei manchen Materialien – z.B. bei Holzwerkstoffplatten – macht sich mikrobielles Wachstum relativ häufig durch Geruchsbelastungen bemerkbar, eine solche kann durch Untersuchungen nach ÖNORM S 5701 objektiviert werden. Liegt ein typischer Geruch vor, sind Proben für die mikrobiologische Analyse nicht erforderlich, um das Sanierungserfordernis festzustellen. Bei einigen Materialien – z.B. bei Polystyrol – tritt auch bei starkem mikrobiellen Wachstum kein oder nur ein für Mikroorganismen untypischer Geruch auf.

Die nachfolgend aufgeführten Materialien sind Beispiele, um die Abstufung zu verdeutlichen und schließen andere Materialien nicht aus. Auch kann es innerhalb einer Baustoffart mehr oder weniger anfällige Mischungen und Produktvarianten geben. So sind z.B. ungespresste, nicht behandelte Weichholzfaserplatten sehr leicht besiedelbar, während gepresste und bituminierte Weichholzfaserplatten deutlich schlechter besiedelt werden.

#### **Leicht zu besiedelnde Materialien**

- Dazu zählen Baustoffe wie Kokosdämmplatten oder Sisalkonstruktionen. Diese Materialien nehmen viel Feuchte auf und enthalten zusätzlich Nährstoffe. Durch diese Eigenschaften besteht bei Feuchteschäden die Gefahr eines schnellen Schimmelwachstums.
- In einigen älteren Fußbodenkonstruktionen befinden sich zwischen Rohbetondecke bzw. Bodenplatte und Estrich Trennlagen aus Pappe, Papier oder getränktem Ölpapier sowohl in Estrichaufbauten mit als auch ohne Dämmung. Diese zellulosehaltigen Trennlagen sind bei Feuchteschäden sehr anfällig für mikrobielles Wachstum, enthalten aber aufgrund der geringen Schichtdicke bei Schimmelbefall nur relativ wenig mikrobielle Biomasse. Kabelkanäle, die mit organischem Dämmmaterial gefüllt sind, zählen ebenfalls zu den leicht besiedelbaren Materialien.
- Auch an den Fußboden angrenzende Trockenbauelemente wie Gipskarton, Gipsfaserplatte, Weichholzfaserplatten, Weichfasermatten können Feuchte gut aufnehmen und ein Schimmelwachstum kann innerhalb kürzester Zeit stattfinden.

#### **Weniger gut zu besiedelnde Materialien**

- Dazu zählen Dämmstoffe wie künstliche Mineralfasern, Polyurethan, XPS (Extrudierter Polystyrol-Hartschaum), EPS (Expandierter Polystyrol-Hartschaum) oder Polystyrolbeton. Die Praxis zeigt, dass diese Materialien viel schlechter mit Schimmelpilzen bewachsen werden können, als die Materialien aus der Gruppe „leicht zu besiedelndes Material“. Mit einem relevanten Schimmelwachstum in solch einer Trittschall- und Wärmedämmung ist erst nach einigen Monaten zu rechnen.
- Holzwerkstoffe wie Span- oder OSB-Platten sind im Vergleich zu Gipskarton oder ähnlichen Trockenbauelementen weniger gut zu besiedeln. Je nach Art des Holzwerkstoffes, der Menge des Wassers und der Einwirkzeit kann ein Befall mit Mikroorganismen trotzdem verhältnismäßig schnell erfolgen.

#### **Schwer zu besiedelnde Materialien**

- Diese Materialien zeichnen sich durch einen hohen Anteil an anorganischen Bestandteilen aus. In der Praxis hat sich gezeigt, dass Baustoffe wie Gussasphalt, Zementestrich, Anhydrit- oder Calciumsulfat-Estrich schlecht besiedelt werden, bzw. dass die Mikroorganismen einen sehr langen Zeitraum für einen Befall benötigen.



### **Kriterium V – Nährstoffeintrag**

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

#### **Hoher Nährstoffeintrag durch Regen- oder Grauwasser**

Diese Art von Einträgen zeigt eine hohe mikrobielle Verschmutzung und zusätzlich kann durch die eingetragenen Nährstoffe ein mikrobielles Wachstum begünstigt werden.

#### **Geringer Nährstoffeintrag durch Trinkwasser- oder Grundwasserschäden**

Solche Schäden gehen in der Regel mit höheren Wassermengen einher. Ursachen für diese Wasserschäden können u.a. undichte wasserführende Leitungen oder Abdichtungsmängel sein. Das Wasser ist aber mikrobiologisch nicht oder nicht stark kontaminiert.

Auch bei **bauphysikalischen Ursachen** ist das Wasser in der Regel nicht mikrobiologisch kontaminiert. Bei Kondensation im Baumaterial ist der Eintrag von Feuchte meist eher zeitweise und in der Regel niedriger als bei den oben genannten Eintragspfaden.

### **Kriterium VI – Schadensalter**

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

#### **Älter als 3 Monate oder mehrmaliges Ereignis**

Die Wahrscheinlichkeit, dass sich unabhängig vom Baumaterial (dieser Faktor wird bereits im Kriterium IV berücksichtigt) Schimmelpilzwachstum gebildet hat, wird höher eingestuft als bei kürzeren oder einmaligen Ereignissen.

#### **Einmaliges Schadensereignis und max. 3 Monate alt**

Unabhängig vom Baumaterial (dieser Faktor wird bereits im Kriterium IV berücksichtigt) ist die Wahrscheinlichkeit für Schimmelwachstum bei schnell entdeckten und schnell getrockneten Schäden geringer.

### **B.3 Beurteilung anhand der Kriterien**

In der Bewertungsstufe 2 werden zunächst die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung (I) herangezogen (siehe Kapitel D.3).

Wird ein **eindeutiger Befall** bei einem Fußboden festgestellt wird, außer bei einer geringen Durchlässigkeit der Fußbodenkonstruktion, ein Rückbau empfohlen. Eine Exposition der Raumnutzer ist allerdings auch bei einer geringen Durchlässigkeit der Fußbodenkonstruktion (siehe Kapitel B.2.1, Kriterium II) nicht ausgeschlossen und es kann sich bei einer Öffnung des Fußbodens oder einer Änderung des Fußbodenbelags eine Exposition ergeben – bei der Entscheidung ist dies zu bedenken. In Räumen der Nutzungsklasse I wird bei eindeutigem Befall in jedem Fall ein Rückbau empfohlen, es können auch juristische Gründe für einen solchen sprechen (diese werden im Rahmen des Schimmelleitfadens nicht behandelt). Erfolgt kein Rückbau, muss durch andere Maßnahmen (z.B. Aufklärung) sichergestellt werden, dass es nicht später (z.B. durch einen Handwerker bei Reparatur- oder Erweiterungsbaumaßnahmen) zu einer Exposition kommt.

Bei **keinem oder geringem mikrobiellen Befall** müssen weitere Kriterien (II-VI) berücksichtigt werden, um eine Entscheidung über Erhalt, Rückbau oder alternative Maßnahmen (z.B. vollflächige Abdichtung, Randfugenabdichtung) treffen zu können. Bei dieser Beurteilung wird eingeschätzt, wie viele Kriterien dafür sprechen, dass aufgrund der Gegebenheiten später mit einer Exposition der Raumnutzer gerechnet werden muss.

In einem Ampelsystem kann dargestellt werden, bei welchen Eigenschaften der Kriterien das Risiko für ein späteres Schimmelwachstum und ggf. eine Exposition der Raumnutzer nicht gegeben (Kategorie: grün), erhöht (Kategorie: gelb) oder stark erhöht (Kategorie: rot) ist (siehe Tabelle A 6.1). Wenn mindestens drei der Kriterien II-VI in der Kategorie grün liegen, ist ein Rückbau in der Regel nicht erforderlich. Bei erhöhter Feuchte muss aber in jedem Fall eine unverzügliche Trocknung erfolgen. Bei Vorliegen von erhöhter oder stark erhöhter Feuchte (Kriterium III) kann je nach Vorliegen anderer ungünstiger Kriterien ein Schimmelwachstum stattfinden. Je mehr Kriterien in Kategorie rot beurteilt werden, desto eher spricht dies daher für einen Rückbau der Fußbodenkonstruktion.

Kriterien	Beurteilung (Kategorie)		
	grün	gelb	rot
II Durchlässigkeit der Fußbodenkonstruktion	gering	mittel	hoch
III Feuchte im Fußbodenaufbau	gering	mittel	hoch
IV Material im Fußbodenaufbau	schwer zu besiedeln	weniger gut zu besiedeln	leicht zu besiedeln
V Nährstoffeintrag	gering	mittel	hoch
VI Schadensalter	Einmaliges Ereignis und < 3 Monate		Mehrmaliges Ereignis oder > 3 Monate

Tabelle A 6.1: Beurteilung der Kriterien

Kriterien, die in die Kategorie gelb eingestuft werden, sprechen insbesondere bei Vorliegen weiterer ungünstiger Faktoren für einen Rückbau. So kann sich eine bereits erhöhte Feuchte im Bauteil bei absinkender Temperatur nochmals erhöhen (siehe Kriterium VI) und weniger gut zu besiedelnde Materialien können bei länger anhaltender Feuchte zu mikrobiellem Wachstum führen (siehe Kriterium III und IV).

## **C Probenahme für mikrobiologische Proben**

### **C.1 Grundsätzliches**

Die Untersuchung mikrobieller Schäden mittels Materialproben kann nicht auf Basis eines starren Schemas erfolgen. Sowohl die Aufgabenstellungen als auch die Schäden selbst können extrem unterschiedlich sein. In den folgenden Empfehlungen werden Hilfestellungen für eine fachgerechte Probenahme zur mikrobiologischen Analyse gegeben und Mindestqualitätsstandards formuliert. Die Empfehlungen stellen aber keine allgemeingültige Bedienungsanleitung dar, sondern müssen je nach Gegebenheiten angepasst werden. Für viele Fragestellungen, wie z.B. die Ursachensuche, sind weitere Untersuchungen erforderlich. Aufgrund der Komplexität der Aufgabenstellung bei der Untersuchung mikrobieller Schäden ist unbedingt die Erfahrung entsprechend qualifizierter und in der Praxis erprobter Fachleute einzubeziehen. Mindestens müssen die in Kapitel B.2.1 genannten Kriterien erfasst und dokumentiert werden.

Für fachlich fundierte Aussagen zum Zustand des Fußbodenaufbaus müssen in der Regel mehrere Proben entnommen werden. Wird nur eine Probe entnommen, besteht die Gefahr, dass das Ergebnis nicht repräsentativ ist, sondern den Zustand nur einer sehr kleinen, vom Ausmaß her möglicherweise nicht relevanten Stelle wiedergibt und die daraus abgeleiteten Sanierungsempfehlungen daher nicht angemessen sind. Bei der Probenahme ist sorgsam darauf zu achten, dass die Entnahme mit gereinigtem, desinfiziertem Werkzeug erfolgt und kein verstaubtes oder verschmutztes Material entnommen wird. Bei einer der Probenahme folgenden Analyse mittels Kultivierung von Mikroorganismen kann eine Verunreinigung mit lose an den Oberflächen anhaftenden Sporen ein Wachstum von Schimmelpilzen vortäuschen. Zusätzlich muss beachtet werden, dass über offene Randfugen Schimmelpilze von einem Schimmelschaden an der Wand oder über Hausstaub in die Bodenkonstruktion eingetragen werden können und dort in oberen Schichten am Rand ein Schimmelpilzwachstum in der gesamten Fußbodenkonstruktion vortäuschen können. Proben zur Beurteilung der Fußbodenkonstruktion in der Fläche müssen daher in deutlichem Abstand von den Wandflächen entnommen werden. Bei der Probenahme sind Maßnahmen zum Umgebungsschutz und zum Arbeitsschutz erforderlich (siehe auch Kapitel 6.3.1).

## **C.2 Strategie bei der Untersuchung mikrobieller Schäden**

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

- Liegt ein relevanter mikrobieller Befall im Material vor?
- Wie groß ist das Schadensausmaß?

Um das Ausmaß eines Schadens abzuschätzen, ist eine fachgerechte Probenahme hinsichtlich Probenahmestellen, beprobtem Material und Anzahl der Proben eine grundlegende Voraussetzung. Dabei muss sowohl die Ausdehnung des Schadens in der Fläche als auch in der Tiefe berücksichtigt werden. Außerdem müssen die Schadensart mit Ursache (siehe Kapitel C.3) und das Schadensalter (siehe Kapitel B.2.1 Kriterium VI) sowie das betroffene Material (siehe Kapitel B.2.1 Kriterium IV) berücksichtigt werden. Bei aktuellen Feuchteschäden wird das Ausmaß des Schadens über Feuchtemessungen (siehe Kapitel C.4) festgestellt. Ist der Schaden bereits länger abgetrocknet, kann das Ausmaß höchstens noch aufgrund der Ursache, des Schadensalters und anhand baulicher Kriterien abgeschätzt werden. Wenn bei mehreren, aus dem vermuteten Zentrum des Schadens entnommenen Proben unterschiedliche Ergebnisse für die Konzentration an Schimmelpilzen erhalten werden, muss geprüft werden, ob der Schadensbereich richtig eingeschätzt wurde oder ob es Ursachen für ein ungleichmäßiges Wachstum im Schadensbereich gibt und z.B. unterschiedliche Feuchtegehalte im Material vorliegen. Für die endgültige Beurteilung muss diese Unsicherheit berücksichtigt werden. Gegebenenfalls müssen weitere Proben analysiert werden. Hinweise zur Probenahmestrategie finden sich in der ÖNORM EN ISO 16000-19.

## **C.3 Schadensursachen**

Die Ursachen können im Hinblick auf die Ausdehnung des Schadens in drei Gruppen eingeteilt werden: Baufeuchte, Havarien (Leckagen, Überschwemmung, Löschwasser etc.) und hygrothermische Schäden (siehe auch Kapitel 3).

Zu geringe Trocknungszeiten während der Bauphase oder unzureichende Lüftung können zu einer hohen Baufeuchte führen. Bei Feuchteschäden durch Baufeuchte handelt es sich in der Regel um ausgedehnte Bereiche. Eine Diffusion dieser Feuchte aus dem Bauteil kann z.B. durch dampfdichte Oberflächenbeläge oder fehlende Raumlüftung behindert werden. Mit zunehmender Dauer der Feuchte im Bauteil erhöht sich das Risiko, dass ausgedehntes, eventuell auch verdecktes mikrobielles Wachstum auftritt. Das Ausmaß des Wachstums kann nicht sicher vorhergesagt werden und hängt vor allem von der Restfeuchte, den verbauten Materialien, der anfänglichen Belastung der Materialien mit Mikroorganismen und der Zeit ab. Erfahrungsgemäß ist in den ersten Monaten nach Errichtung eines Gebäudes nach den anerkannten Regeln der Technik kein relevantes mikrobielles Wachstum durch Baufeuchte zu erwarten. Eine Ausnahme stellen Leichtbaukonstruktionen dar, die schon nach einigen Tagen Luftfeuchte im kritischen Bereich (über 80% rel. Luftfeuchte) Schimmelbefall zeigen – dies häufig an Stellen, die nicht einsichtig sind und oft nur zufällig entdeckt werden. Größere Mengen an Staub

oder Schmutz auf oder unter Dämmlagen können bei Feuchteanfall ebenfalls relativ schnell zu einem flächigen oder punktuellen mikrobiellen Wachstum führen.

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

Bei hygrothermischen Schäden aufgrund von erhöhter Raumluftfeuchte oder zu kühler raumseitiger Oberflächen handelt es sich meist um lokal begrenzte Schäden ohne mikrobielles Wachstum in tieferen Schichten. In tieferen Schichten bzw. in der Konstruktion treten hygrothermische Schäden mit Bauteildurchfeuchtung z.B. bei unsachgemäßer Innendämmung oder undichter Dampfsperre auf.

#### **C.4 Feuchtemessungen**

Feuchtemessungen werden zum einen durchgeführt, um das Ausmaß eines Schadens festzustellen. Zum anderen wird die Feuchte im Material bestimmt, um zu entscheiden, ob ein Wachstum von Mikroorganismen möglich ist. Zur ersten orientierenden Messung und einer Übersicht über die Verteilung der Feuchte im Objekt ist der Einsatz von leitfähigkeitsbasierten oder kapazitiven Messgeräten hilfreich, die zerstörungsfrei und ohne besonderen Zeitaufwand durchführbar sind. Mit diesen Methoden kann abgeschätzt werden, in welchen Bereichen eine erhöhte Feuchte vorliegt. Hierbei erhält man aussagekräftige qualitative Vergleichswerte zwischen trockenem und feuchtem Bereich. Allerdings erhält man wegen der nicht unerheblichen Materialeinflüsse auf den Messwert nicht immer verwertbare quantitative Werte für die Materialfeuchte. Daher ist die Einschätzung, ob mikrobielles Wachstum stattfinden kann, mit dieser Messmethode außer bei sehr feuchten Materialien nicht sicher möglich.

Hinsichtlich mikrobiologischer Fragestellungen bezieht man sich auf die Luftfeuchte in der Gasphase unmittelbar an den äußeren und inneren Grenzflächen Material/Luft. Diese „Grenzflächenfeuchte“, in der Praxis häufig auch nicht ganz korrekt als „Ausgleichsfeuchte“ bezeichnet, wird in % angegeben und entspricht dem hundertfachen  $a_w$ -Wert. Dieser „Ausgleichswert“ der Gasphase darf nicht mit dem Ausgleichwert der Materialfeuchte (Gehalt an flüssigem und gasförmigem Wasser im Material bezogen auf dessen Masse oder Volumen; Darr-Methode) verwechselt werden, denn die Materialausgleichsfeuchte ist stark materialabhängig und korreliert nicht zwingend mit der Feuchte an der Materialgrenzfläche. Die Bestimmung der Materialausgleichsfeuchte durch gravimetrische Messung (Darr-Methode) oder die Calciumcarbidmethode sind daher hinsichtlich mikrobiologischer Fragestellungen in der Praxis nicht immer geeignet, da für eine Beurteilung die baustoffspezifischen Feuchtekenwerte (Sorptionsisotherme/spezifische Wassergehalte) berücksichtigt werden müssen.

Schimmelpilze können bei Raumtemperatur (ca. 20 °C) je nach Substratangebot und Schimmelpilzart ab einer permanenten Feuchte von 70–80 % relativer Materialfeuchte wachsen. Um in Fußböden oder Wänden messtechnisch festzustellen, ob dieser kritische Wert erreicht oder überschritten wurde, müssen Sondenmessungen mit Messelektroden zur Erfassung der Luftfeuchte in der Konstruktion bzw. in der Dämmschicht (hygrometrische Messverfahren) vorgenommen werden (beschrieben bspw. in WTA 4-12-16/D: Ziele und Kontrolle von Schimmelpilzschadensanierungen in Innenräumen). Für die Messungen müssen Bohrungen in den Fußboden eingebracht werden, die dem Durchmesser der Sonde zur Messung der Luftfeuchte entsprechen, d.h. diese Messungen sind nicht zerstörungsfrei. Mittels geeigneter Abdichtung ist sicherzustellen, dass zwischen Bohrloch und Umgebung kein Luftaustausch stattfindet. Um einen Schaden mit diesen Messungen aussagekräftig erfassen zu können, sind mehrere Messungen an verschiedenen Stellen erforderlich. Messungen an Bohrlöchern, die zur Trocknung verwendet wurden sind nicht sinnvoll, da es Wochen dauern kann, bis reale Feuchtwerte erfasst werden können. Bei frisch gebohrten Löcher ist sorgfältig darauf zu achten, dass die durch das Bohren eingebrachte Wärme zum Zeitpunkt der Messwerterfassung komplett abgeklungen ist.

Bei der Interpretation der Messwerte ist darauf zu achten, dass die relative Feuchte von der vorliegenden Temperatur abhängig ist. Aus diesem Grund muss bei Temperaturen, die deutlich über 20 °C liegen, mittels des aus den Messwerten abgeleiteten absoluten Feuchtwertes die für 20 °C geltende relative Feuchte ermittelt und als Maßstab benutzt werden. Außerdem ist darauf zu achten, dass diese Einschätzung bei Temperaturen unter 10 °C sehr ungenau ist und die Messungen ggf. bei höheren Temperaturen wiederholt werden müssen. Zum Erkennen von deutlich feuchten Bereichen der Dämmschicht können auch einfache halbquantitative Widerstandsmessungen mittels langer Einstechelektroden an den Randfugen durchgeführt werden. Um die Feuchte direkt an Oberflächen (z.B. Wänden) zu erfassen, sind Messgeräte mit externen Fühlern geeignet. Feuchtemessungen und deren Bewertung erfordern jedenfalls viel Sachverstand und sollten nur durch entsprechend geschulte Fachleute mit bauphysikalischen Kenntnissen durchgeführt werden, da es sonst leicht zu Fehlinterpretationen kommen kann.

### **C.5 Anzahl der Proben**

Wenn eine Probenahme für notwendig erachtet wird, ist es wichtig, eine ausreichende Anzahl an Proben zu nehmen, um ein möglichst repräsentatives Ergebnis zu erhalten. Dabei muss meist ein Kompromiss zwischen wirtschaftlichen Aspekten und Repräsentativität gefunden werden. Für normale Wohnräume (bis ca. 20 m<sup>2</sup>) werden mindestens zwei Proben aus dem Schadensbereich möglichst weit voneinander entfernt entnommen. Falls technisch eine Teilsanierung sinnvoll ist, dann sollten Proben vom Rand (mit ausreichendem Abstand zum Randstreifen), Mitte und halber Strecke zwischen Rand und Mitte genommen werden, um den Sanierungsbereich einzugrenzen. Sind größere

Räume (> 20 m<sup>2</sup>) oder mehrere Räume betroffen, muss durch die Anzahl der Proben sichergestellt werden, dass die Ergebnisse repräsentativ sind.

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

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

### **C.6 Durchführung der Probenahme**

Die Probenahme sowie der Transport und die Lagerung der Proben erfolgt gemäß DIN ISO 16000-21 Kapitel 7.2 (Materialtiefenbeprobung) unter Berücksichtigung der Probenahmestrategie entsprechend ÖNORM EN ISO 16000-19.

In den folgenden Abschnitten werden zusätzliche Hinweise aus der Praxis zusammengefasst. Die Proben sollten aus dem Teil der Fußbodenkonstruktion entnommen werden, in dem erhöhte Feuchte feststellbar ist oder bekanntermaßen vorlag. Es ist hierbei darauf zu achten, dass diejenigen Stellen beprobt werden, wo die höchste relative Feuchte vermutet wird, z.B. die Unterseite von Dämmlagen in Fußböden. Außerdem ist darauf zu achten, dass bei Aufbauten das Material entnommen wird, welches mikrobiell besiedelt werden kann, d.h. die Dämmmaterialien und nicht die Estriche oder der Beton. Um den Eingriff auf den Fußbodenaufbau bei der Probenahme so gering wie möglich zu halten, bietet sich ggf. eine Zusammenlegung der Probenahme mit der Installation für die Trocknung an. Die Größe der Probe ist von der angestrebten Analytik und dem Material abhängig. Für die Kultivierung und insbesondere für die Mikroskopie ist eine möglichst zusammenhängende Materialprobe mit einem Durchmesser von mindestens 5 cm erforderlich.

Werden die Proben mittels elektrischem Gerät entnommen, z.B. Bohrmaschine mit Kernbohrer, dann ist wegen der möglichen Staubbefreiung besonders auf den Umgebungsschutz zu achten (Geräte mit Absaugung einsetzen). Das Probenmaterial darf durch das Bohren nicht stark erwärmt werden. Direkt an der Kontaktfläche zwischen Bohrer und Material können hohe Temperaturen auftreten, die zu einem Absterben der Mikroorganismen führen. Bei Bohrkernen sollte deshalb ein Kern von mindestens

3 cm, wenn möglich von 5 cm Durchmesser genommen werden; ggf. muss durch langsamere Bohrgeschwindigkeiten eine zu starke Materialerhitzung vermieden werden.

Bei der Probenahme von Polystyrol aus der Trittschall- und Wärmedämmung ist darauf zu achten, dass das Polystyrol nicht durch den sich über der Dämmung befindlichen Estrich verunreinigt wird. Dazu ist z. B. mit einem Kernbohrer mit Absaugung die Estrichschicht bis zur Trennfolie zu durchbohren und zu entfernen. Das entstandene Bohrloch ist staubfrei zu saugen. Danach wird die Trennfolie mit einem Paketmesser durchtrennt und entfernt. Anschließend wird mit einem geeigneten desinfizierten Werkzeug ein Bohrkern (Durchmesser 3–5 cm) aus der Trittschall- und Wärmedämmung entnommen. Die Oberseite des Materialkerns wird deutlich erkennbar markiert und der gesamte Bohrkern wird als Probe ins Labor geschickt. In der Regel ist bei eingedrungener Feuchte die Bohrkernunterseite am stärksten von Mikroorganismen besiedelt. Im Labor wird daher meist der unterste 1 cm des Bohrkerns für die Kultivierungsanalysen verwendet. Für die Mikroskopie werden dann Proben direkt von der Oberfläche der Bohrkernunterseite verwendet. Es kann aber auch zu einem Befall der Bohrkernoberseite (Oberseite Folie) kommen, die dann in die Untersuchung einbezogen werden muss.

Bei der Bewertung der Analysenergebnisse von Materialproben ist genau anzugeben, an welcher Stelle die Materialprobe entnommen wurde, welche Stärke der Bohrkern hatte und welcher Teil des Bohrkerns untersucht wurde. Bei Mineralwolle sollte versucht werden, ein zusammenhängendes Materialstück von mindestens 5 cm<sup>3</sup> zu erhalten. Auch hier sollte die Oberseite z.B. mit einem Aufkleber markiert werden. Bei dünnen Schichten Mineralwolle wird das gesamte Materialstück analysiert, bei dickeren Lagen nur der unterste erste Zentimeter, da dort die Feuchte primär auftritt. Wird ein Befall an anderer Stelle vermutet, sollten die Proben von diesen Stellen genommen werden und beim Ergebnis die genaue Lage der für die Untersuchung verwendeten Teilproben angegeben werden.

## **D Mikrobiologische Analyse**

Schimmelpilze und Bakterien werden in Materialproben sowohl durch Kultivierung (siehe Kapitel D.1) als auch durch Mikroskopie (siehe Kapitel D.2) untersucht. Nur durch die mikroskopische Untersuchung kann zwischen einer Verunreinigung und einem Befall unterschieden werden (siehe auch Kapitel 1.1).

In Ringversuchen zur Bestimmung der Konzentration kultivierbarer Schimmelpilze in Materialien hat sich gezeigt, dass reproduzierbare Ergebnisse nur erzielt werden, wenn die vorgegebene Methodenvorschrift (siehe Kapitel D.1) genau eingehalten wird. Weitere Untersuchungen wie Gesamtzellzahl-Bestimmung oder ATP-Messungen können zusätzliche Informationen liefern, sind aber nicht standardisiert und in der Praxis



noch nicht ausreichend validiert. Bisher liegen nur für kultivierbare Schimmelpilze in Polystyrolproben und eingeschränkt auch für Mineralfasern ausreichend Daten vor, um Konzentrationsbereiche für die Bewertungskategorien (siehe Kapitel D.3) angeben zu können. Ein Problem bei der Bewertung ist das Fehlen von allgemein anerkannten Hintergrundkonzentrationen als Grundlage für die Beurteilung von mikrobiellem Wachstum in Baustoffen. Um die Konzentration von Schimmelpilzen und Bakterien in Materialproben zu bewerten, liegt allerdings eine Reihe von Veröffentlichungen vor, die auf statistischen Auswertungen einzelner Laboratorien beruhen (bspw. Meider und Trautmann 2017, siehe auch Kapitel 5.2.2).

Das Umweltbundesamt hat in einem Forschungsvorhaben orientierende Untersuchungen zu Hintergrundwerten in Baumaterialien durchgeführt (UBA 2015). In dem Vorhaben wurden auch 20 Materialproben aus Fußbodenaufbauten untersucht. Für Polystyrolproben aus dem Rohbau/Neubau lag der Median für die Konzentration an kultivierbaren Schimmelpilzen bei 150 KBE/g Material, das 75. Perzentil bei ca.  $1 \times 10^3$  KBE/g Material und das 95. Perzentil bei ca.  $4 \times 10^4$  KBE/g Material. Dies zeigt, dass es im Neubau trotz Baufeuchte in der Regel nicht zu einem relevanten Schimmelwachstum kommt. Da keine Proben aus Fußböden in Altbauten untersucht wurden, kann zu Polystyrolproben aus Fußböden im Altbau keine Aussage gemacht werden.

Für Bakterien auf CASO-Agar wurden in Polystyrolproben aus dem Rohbau/Neubau höhere Hintergrundkonzentrationen nachgewiesen. Der Median lag bei ca.  $1,7 \times 10^4$  KBE/g Material, das 75. Perzentil bei  $6 \times 10^4$  KBE/g Material und das 95. Perzentil bei  $2 \times 10^5$  KBE/g Material. Aufgrund der geringen Anzahl untersuchter Proben können diese Hintergrundkonzentrationen nur als erste Orientierung dienen.

#### **D.1 Bestimmung kultivierbarer Schimmelpilze und Bakterien**

Die Aufarbeitung der Materialproben erfolgt entsprechend dem Suspensionsverfahren nach DIN ISO 16000-21. Die Kultivierung der Schimmelpilze erfolgt gemäß ÖNORM EN ISO 16000-17 parallel auf Malzextraktagar und DG-18-Agar. Um reproduzierbare Ergebnisse für die angegebenen Beurteilungskategorien zu erzielen, müssen diese Methodenvorschriften genau befolgt werden.

Nur in Ausnahmefällen ist eine Untersuchung von Materialien auf Bakterien sinnvoll (siehe Kapitel 5.1.2.4). Für die Erfassung der Bakterien in Materialproben existiert noch kein standardisiertes Verfahren. Die Kultivierung der Bakterien sollte auf CASO- bzw. TSA-Agar mit Natamycin erfolgen. Für Actinomyzeten wird auf Gauze mit Natamycin meist eine höhere Konzentration und Diversität erfasst, daher sollte zusätzlich dieser Agar für die Kultivierung von Actinomyzeten verwendet werden (siehe Anhang 5). Bakterien werden routinemäßig nicht differenziert. Es empfiehlt sich wie bei den Schimmelpilzen eine mehrfache Kontrolle während der Inkubationszeit, da viele Bakterien sehr schnell, andere – insbesondere Actinomyzeten – dagegen sehr langsam wachsen. Die Proben

werden entsprechend DIN ISO 16000-21 Kapitel 7.5 (Suspension von Material- und Wischproben) aufgearbeitet. Von den Proben wird dabei im Labor derjenige Bereich untersucht, der dem Feuchteschaden am nächsten gelegen war, d.h. wo ein mikrobielles Wachstum am wahrscheinlichsten aufgetreten ist (siehe auch Kapitel C.6).

Dabei folgende Punkte zusätzlich beachten:

- Die Puffermenge richtet sich nach dem verwendeten Material und der Materialmenge. Während nicht schwimmfähige Proben wie z.B. Putz- und Mineralfaserproben vollständig mit Puffer bedeckt werden, ist die Pufferzugabe bei Polystyrolproben so zu wählen, dass beim Schütteln ein gutes Waschergebnis gewährleistet ist. Als Anhaltspunkt gilt 50–100 ml Puffer zu einem Gramm Polystyrol in einem 250-ml-Kolben (Schikanekolben).
- Oft liegen nur kleinere Probenmengen vor. Bei Materialproben < 1 g, wie sie z.B. bei Bohrkernen vom Fußbodenaufbau für Polystyrol zu erwarten sind, sollte auch die Puffermenge angepasst werden (z.B. 20 ml).
- Je nach Material sollte der pH-Wert der Ausgangssuspension überprüft werden. Dies ist insbesondere bei Putzproben wichtig. Liegt der pH-Wert im sauren oder alkalischen Bereich, muss die Probe neutralisiert werden.

## **D.2 Mikroskopische Untersuchung von Materialproben**

In den folgenden Kapiteln werden Hinweise für eine sinnvolle mikroskopische Auswertung der Materialproben gegeben, da in der DIN ISO 16000-21 hierzu nur allgemeine Aussagen gemacht werden. Die Ausführungen beziehen sich auf Klebefilmpräparate (Folienkontaktproben) und Materialdünnschnitte. Analysenverfahren zum Nachweis der Gesamtzellzahl (Schimmelpilze und Bakterien) aus Materialsuspensionen durch Fluoreszenzfärbung werden nicht berücksichtigt, da sie bisher nur von einzelnen Laboratorien eingesetzt und noch nicht standardisiert sind.

### **D.2.1 Aufarbeitung der Proben zur mikroskopischen Analyse**

Von Materialproben können Klebefilmpräparate (Folienkontaktproben), Dünnschnitte oder Zupfpräparate angelegt werden. Das Anlegen von Klebefilmpräparaten ist mit einem geringen Aufwand verbunden und viele Materialproben können mit dieser Methode ausreichend gut beurteilt werden. In Einzelfällen kann die Verwendung von Dünnschnitten notwendig sein. Insbesondere bei sehr feuchten Proben kann die Übertragung von Mikroorganismen vom Material auf den Folienkontakt erschwert sein. Weiterhin kann ein Befall im Lückengefüge von Materialien häufig in Dünnschnitten besser als mit Folienkontaktproben erfasst werden. Die Proben werden in Milchsäurebaumwollblau (siehe DIN ISO 16000-21 Kapitel 6.6) eingebettet, um vor allem Mikroorganismen blau einzufärben und so den Kontrast im mikroskopischen Bild zu steigern. Der Farbstoff sollte mindestens 10 Minuten einwirken, bevor eine mikroskopische Analyse vorgenommen wird. Bei kalkhaltigen Materialien (z.B. Putz) kommt es aufgrund einer Reaktion der Milchsäure mit Carbonaten zu einer Entwicklung von Gasbläschen. Daher sollte das

Deckglas bei solchen Proben erst nach Beendigung dieser Reaktion aufgelegt werden. Zur Anfertigung von Dünnschnitten werden mit einer Rasierklinge möglichst dünne flächige Materialschnitte angefertigt. Die Schnittdicke muss so gewählt werden, dass die Probe lichttransparent bleibt. Je nach Fragestellung können die Schnitte in unterschiedlichen Materialtiefen durchgeführt werden. Die Materialschnitte werden auf einen Objektträger mit Milchsäurebaumwollblau überführt und mit einem Deckgläschen bedeckt.

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

### D.2.2 Mikroskopische Analyse

Die Erfassung von Mikroorganismen im mikroskopischen Bild setzt eine ausreichende Auflösung bzw. Gesamtvergrößerung voraus. Während ausgedehnte Pilzmyzelien und Aggregate von Mikroorganismen bereits bei der Auflösung mit dem 20-Fach-Objektiv erkennbar sind, ist die Erfassung von einzelnen Pilzsporen oder Bakterien nur mit deutlich höherer Auflösung möglich. Einzelbakterien haben z.T. eine Größe von weniger als einem  $\mu\text{m}$  und können daher nur mit der maximalen lichtmikroskopischen Auflösung (1.000 bis 1.250-fache Vergrößerung) sicher erfasst werden. Je größer die mikroskopische Auflösung ist, desto kleiner ist allerdings das mikroskopische Sichtfeld. Für eine lückenlose Auswertung von einem Quadratzentimeter Materialfläche müssten mit einem 100fach-Objektiv ca. 3.000 mikroskopische Gesichtsfelder ausgewertet werden, während mit einem 20fach-Objektiv lediglich 130 mikroskopische Gesichtsfelder ausgewertet werden müssten.

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

### D.2.3 Qualitative Auswertung der mikroskopischen Analyse

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

Verunreinigte Materialien können ggf. erhöhte Sporenkonzentrationen aufweisen, enthalten aber keine oder nur geringe Myzelmengen bzw. Bakterienaggregate. Typische Verunreinigungen durch Außenlufteinfluss können in der Regel aufgrund der heterogenen Sporenzusammensetzung sowie dem hohen Anteil an Sporen von Basidiomyceten, Cladosporiumarten sowie Ascomyceten erkannt werden, während Sporen der Gattungen *Aspergillus* und *Penicillium* in geringeren Konzentrationen auftreten. Sporenverunreinigungen durch Feuchteschäden zeichnen sich dagegen durch einen hohen Anteil von Sporen aus, die von Indikatorarten für Feuchteschäden stammen. Sehr häufig haben in diesen Proben wenige Sporentypen der Gattungen *Aspergillus*, *Penicillium* oder *Scopulariopsis* einen besonders hohen Anteil. Durch eine anhaltende Verstaubung können Materialien zunehmend mit Sporen sowie kurzen Myzelbruchstücken verunreinigt werden. Stark verstaubte Materialien können viele diverse außenlufttypische Pilzsporen sowie vereinzelt bis mäßig viele kurze melanine Myzelbruchstücke enthalten. An fabrikneuen mineralischen Materialien bzw. Kunststoffen können in der Regel mit der mikroskopischen Untersuchung aufgrund der hohen Nachweisgrenze der Methode keine Myzelien oder Sporen festgestellt werden. An organischen Materialien aus Holz- bzw. Zellulosefasern sowie Kork und vergleichbaren Materialien werden oft vereinzelt bis mäßig viele Myzelien und Sporen festgestellt. Diese sind oft bereits mechanisch gestört und resultieren aus Belastungen, die bereits an den Rohstoffen vor der Materialfertigung gewachsen sind.

### D.2.4 Quantitative Auswertung der mikroskopischen Analyse

Zusätzlich zur qualitativen Analyse erfolgt eine grobe Einschätzung über die Konzentration der Mikroorganismen am bzw. im Material. Diese Konzentrationseinschätzung kann nur grob durchgeführt werden, da z.B. bei einer Untersuchung mittels Klebefilmpräparat methodenbedingt nur ein Teil der auf der Materialoberfläche vorliegenden Myzelien und Sporen auf den Folienkontakt übertragen wird. Weiterhin liegen die Mikroorganismen selten homogen, sondern häufig clusterartig am Material vor, sodass für statistisch abgesicherte Auswertung (niedrige Standardabweichung) ein unökonomisch hoher Aufwand betrieben werden müsste. Die verschiedenen Schimmelpilzbestandteile (Sporen, Sporenträger, Myzelien) werden ausgewertet und wie folgt bewertet:

- Bei vereinzelt Sporen, Sporenträger- und Myzelbruchstücken in der Material- oder Kontaktprobe wird diese mit „kein Befall“ oder „Hintergrundbelastung“ bewertet. Nicht befallene Materialien enthalten normalerweise keine Myzelien. Einzelne Myzelbruchstücke können aber durch Sedimentation auch an unbelasteten Materialien auftreten.
- Bei mäßig vielen Sporen, zusammenhängenden Myzelien und Sporenträgern in der Material- oder Kontaktprobe wird die Bewertung der Probe mit „geringer Befall“ angegeben. Mäßig viele Myzelbeobachtungen lassen bereits auf eine beginnende mikrobielle Entwicklung schließen. Mäßig viele Sporen werden dagegen auch bei einer starken Verstaubung oder bei einer Verunreinigung durch einen angrenzenden Feuchteschaden beobachtet.
- Bei vielen oder sehr vielen Sporen, zusammenhängenden Myzelien und Sporenträgern in der Material- oder Kontaktprobe wird die Probe als „eindeutiger Befall“ bewertet. Viele oder sehr viele Sporen sprechen auch dann für einen Befall, wenn nur vereinzelt Myzel festgestellt wird, da insbesondere feine Myzelien bei älteren Schimmelschäden zerfallen und schlecht nachweisbar sind.

Für Bakterien können entsprechende Kategorien mit einer Zehnerpotenz höheren Konzentrationen verwendet werden (siehe Tabelle A 6.2).

Bewertung	Pilze Myzel/cm <sup>2</sup>	Pilze Sporen/cm <sup>2</sup>	Bakterien/cm <sup>2</sup>
vereinzelt	≤ 50	≤ 150	≤ 1.500
mäßig viel	> 50–300	> 150–3.000	> 1.500–30.000
viel	> 300–6.000	> 3.000–60.000	> 30.000–600.000
sehr viel	> 6.000	> 60.000	> 600.000

Tabelle A 6.2: Mikroskopische Bewertung von Polystyrol-Materialproben für kleine, gut flugfähige Schimmelsporen (z.B. *Penicillium*, *Aspergillus*), Myzelien und Bakterien

Die Tabelle A 6.2 bezieht sich auf eine Auswertung von 100 Gesichtsfelder (entspricht ca. 100 mm<sup>2</sup>) mit dem 20er Objektiv (200x) zur Erfassung, wie heterogen die Probe belastet ist und einer Detailauswertung mit dem 100er Objektiv von 200 bis 300 Gesichtsfeldern (entspricht ca. 7–10 mm<sup>2</sup>). Beim Auftreten von Pilzen mit großen oder schlecht flugfähigen Sporen (z.B. *Stachybotrys*, *Alternaria* oder *Epicoccum*) ist für die Kategorie „mäßig viel“ und höher nur ein Fünftel der in der Tabelle angegebenen Sporenkonzentrationen anzusetzen.

### D.3 Beurteilung der Ergebnisse

Die erhaltenen Konzentrationen an Schimmelpilzen werden zusammen mit den Ergebnissen der mikroskopischen Untersuchung unter Berücksichtigung von Feuchteindikatoren den Beurteilungskategorien zugeordnet (siehe auch Kapitel B.2.1, Kriterium I für weitere Hinweise zur Beurteilung und Tabelle A 6.3).

Kein Befall oder Verunreinigung (Hintergrundbelastung)	Geringer Befall	Eindeutiger Befall	Verunreinigung
Mikroskopie: vereinzelt/kein Mycel oder Sporenträger	Mikroskopie: mäßig viel Mycel oder Sporenträger	Mikroskopie: viel/sehr viel Mycel oder Sporenträger	Mikroskopie: vereinzelt/kein Mycel oder Sporenträger
und Kultivierung: < 10 <sup>4</sup> KBE/g	und Kultivierung: ≤ 10 <sup>6</sup> KBE/g	und/oder Kultivierung: > 10 <sup>6</sup> KBE/g	und Kultivierung: 10 <sup>4</sup> – 10 <sup>6</sup> KBE/g

Tabelle A 6.3: Beurteilung der Konzentration kultivierbarer Schimmelpilze (KBE/g Material) und Ergebnisse der Mikroskopie von Polystyrol- und Mineralwolle-Materialproben, anwendbar auch für andere Materialien wie z.B. Polyurethanschaum, Polystyrolbeton und Putzproben (verändert aus UBA 2017a)

Materialien mit Verschmutzungen können bei der Kultivierung hohe Konzentrationen an Schimmelpilzen ergeben und so einen Befall vortäuschen. Bei Schimmelpilzkonzentrationen von 10<sup>4</sup>–10<sup>6</sup> KBE/g ist das häufige Vorkommen von Schimmelpilzarten oder -gattungen, die oft bei Feuchteschäden nachgewiesen werden (sog. Feuchteindikatoren; siehe Kapitel 1.2.2, Tabelle 3), ein Hinweis darauf, dass es sich um einen Befall und nicht um eine Verunreinigung handelt.

Die Ergebnisse neuerer Untersuchungen von Materialien (Trautmann und Meider 2018, siehe Kapitel 5.2.2) können als eine zusätzliche Bewertungshilfe für die Frage bereitgestellt werden, ob es sich um eine Kontamination oder um eine Besiedlung handelt. Bei Orten mit besonders empfindlicher Nutzung kann es im individuellen Fall notwendig sein, strengere Maßstäbe anzulegen, beispielsweise bei der Beurteilung fakultativ pathogener Mikroorganismen in bestimmten medizinisch genutzten Räumen.

Bei Schimmelpilzen mit niedriger Sporenbildung (z.B. *Stachybotrys*, *Chaetomium*) können bereits Konzentrationen von 10<sup>4</sup> KBE/g als eindeutiger Nachweis eines Befalls gewertet werden, wenn Verschleppungen von Sporen z.B. von Estrichrandfugen zur Probenahmestelle auszuschließen sind.

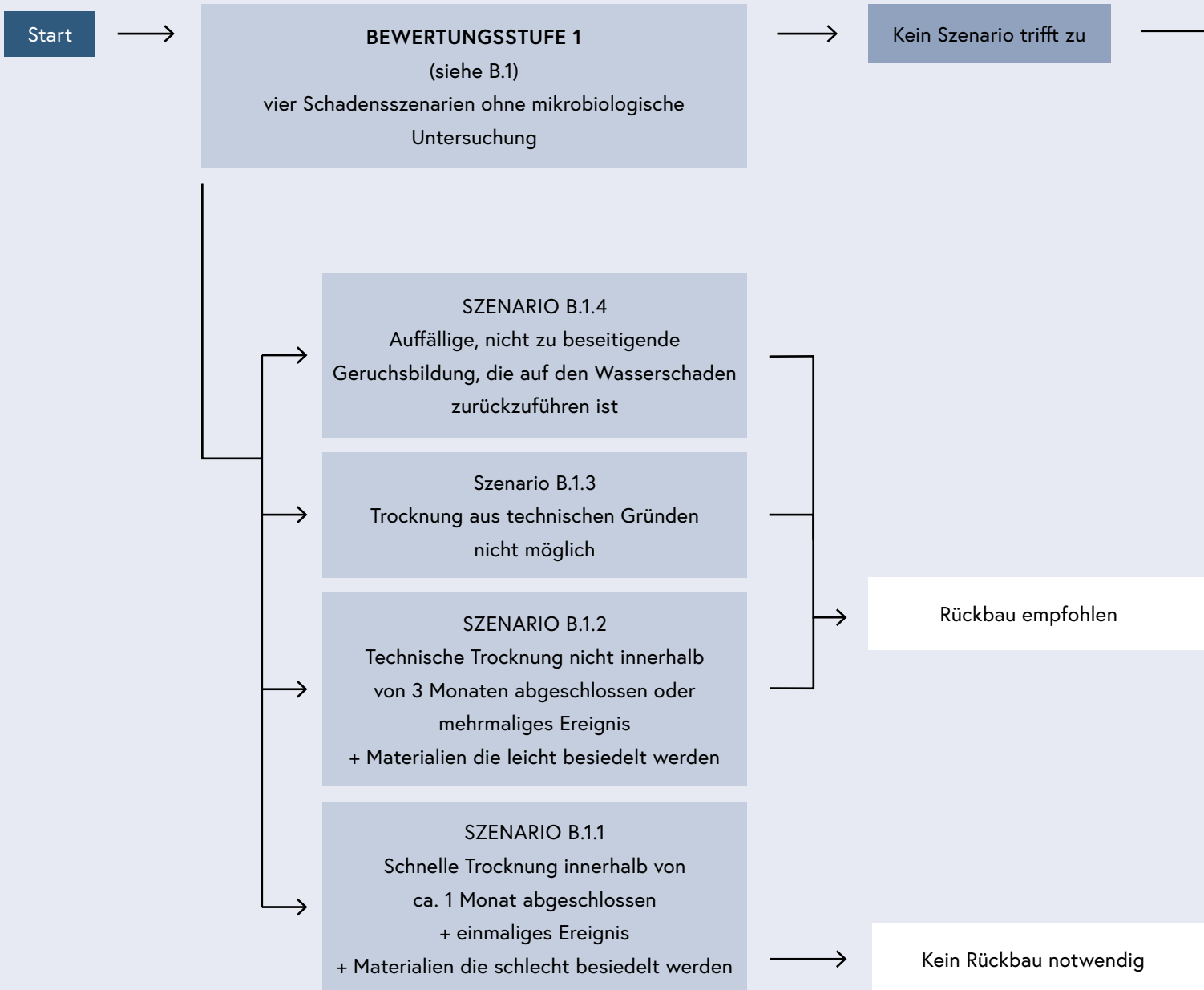
Quantitative Auswertungen bei Materialanalysen sind mit einer hohen Unsicherheit behaftet (siehe auch Kapitel D). In Ringversuchen wurde für die Gesamtkonzentration kultivierbarer Schimmelpilze eine Standardabweichung von 30 % bis 50 % festgestellt. Die Zahlenangaben sind daher als Größenordnungen und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

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

Für kultivierbare Bakterien können noch keine allgemein gültigen Konzentrationsbereiche für die Beurteilungskategorien angegeben werden. Erfahrungswerte einzelner Laboratorien zeigen, dass die Konzentrationen in den drei Beurteilungskategorien um ca. eine Zehnerpotenz höher liegen als die Konzentrationen von Schimmelpilzen, d.h. dass ein Befall je nach Material ab einer Konzentration von  $10^6$  bis  $10^7$  KBE Bakterien/g Material anzunehmen ist (siehe auch Trautmann und Meider 2018, Kapitel 5.2.2).

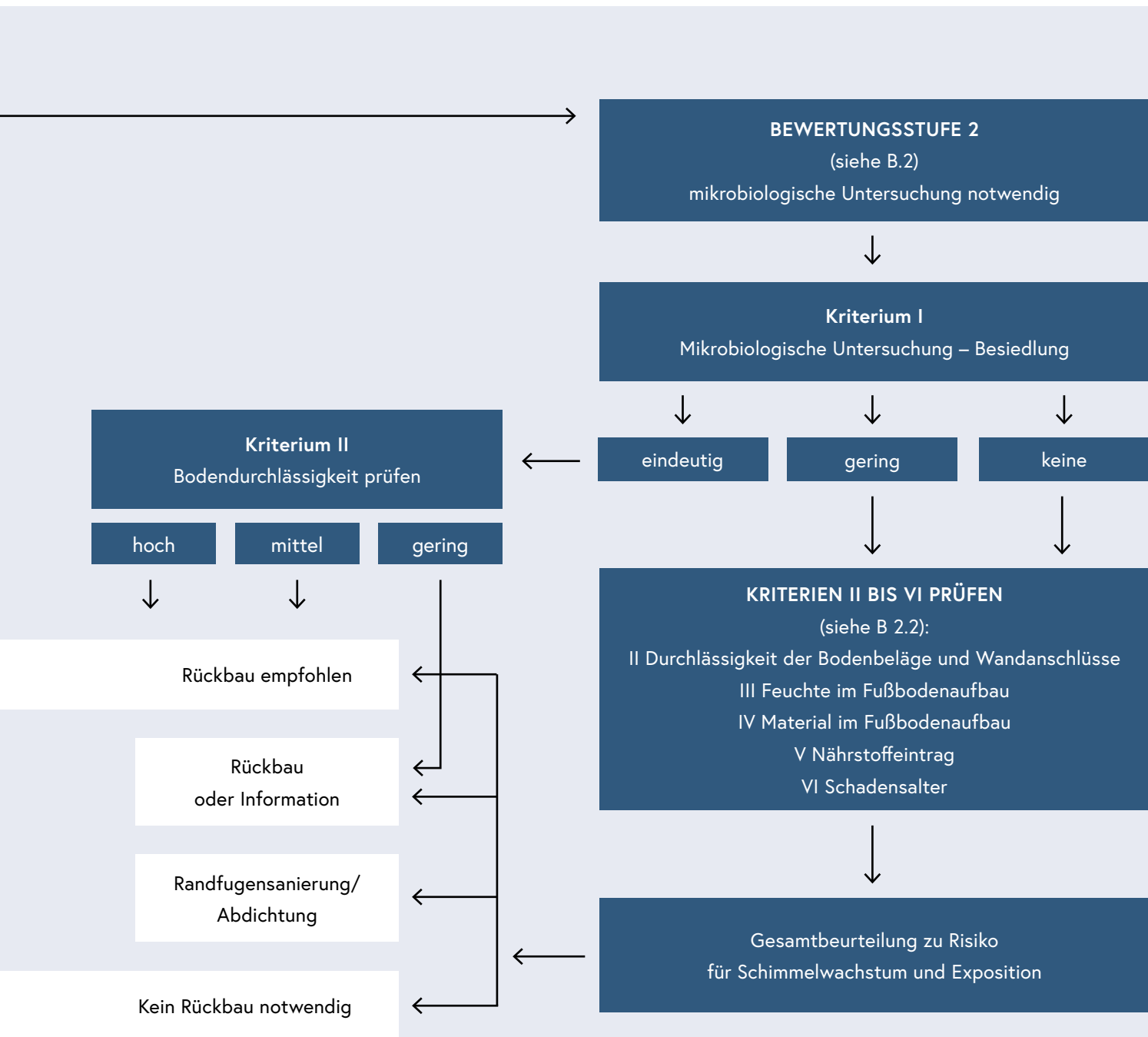
#### D.4 Ausblick

Ziel der vorgestellten Schemata ist eine auf gemeinsamen Kriterien aufgebaute Beurteilung von Feuchte- und Schimmelschäden in Fußböden. Eine schematische Empfehlung, ab welchem Zahlenwert für die Konzentration an KBE pro Gramm ein Material im Fußbodenbereich zwingend saniert oder ausgebaut werden muss, kann jedoch nicht gegeben werden, da solche Entscheidungen immer von der jeweiligen Nutzung der untersuchten Gebäudeeinheit, der Gesamtsituation vor Ort und gegebenenfalls von



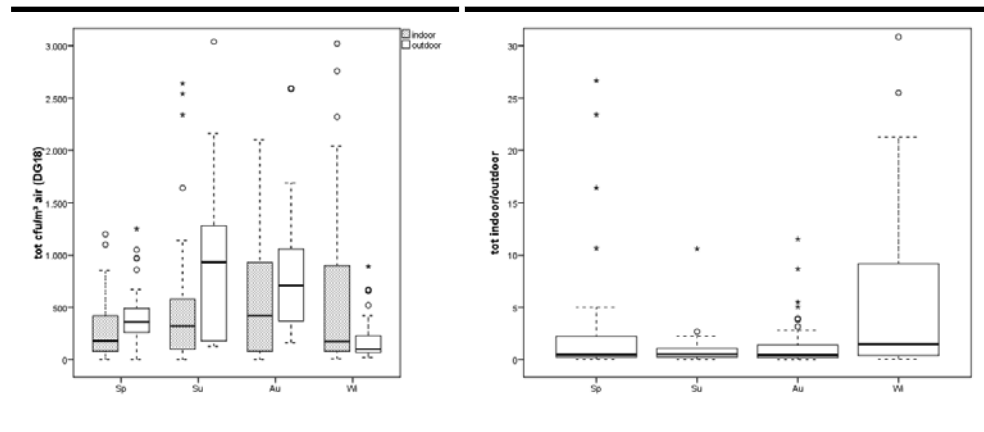


rechtlichen Vorgaben abhängig sind. Aufgrund der Komplexität der zu berücksichtigenden Faktoren gibt es sicher Fälle, die nicht durch eine schematische Vorgehensweise beurteilt werden können. Daher muss die Beurteilung durch sachkundige Personen erfolgen. Offene Fragen müssen durch weitere Forschung und Erfahrungen aus der Praxis geklärt werden und die Beurteilungsschemata ggf. beim Vorliegen neuer Erkenntnisse erweitert werden.



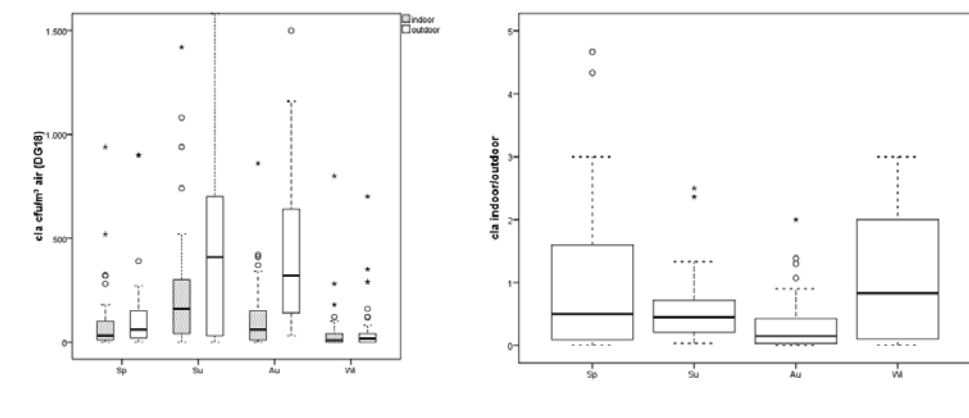
## Anhang 7 – Orientierungskonzentrationen kultivierbarer Schimmelpilze

Die Grafiken zeigen typische Konzentrationen und Verhältnisse innen/außen von Schimmelpilzsporenkonzentrationen in Österreich (Sp = Frühling, Su = Sommer, Au = Herbst, Wi = Winter). Die Boxplots zeigen den Medianwert (dicke schwarze Linie), das 25. und 75. Perzentil (Begrenzung Boxen), das 5. und 95. Perzentil sowie Ausreißer (o), nach Haas et al. (2014)



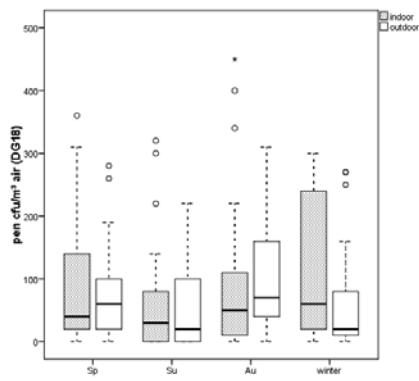
Jahreszeitliche Verteilung der Gesamtpilzsporenkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup> Luft) in der Innenraum- (In) und der Außenluft (Out) auf DG18

Verhältnis (I/O) der Gesamtpilzsporenkonzentrationen zwischen Innenraum- (In) und Außenluft (Out) zu den 4 Jahreszeiten

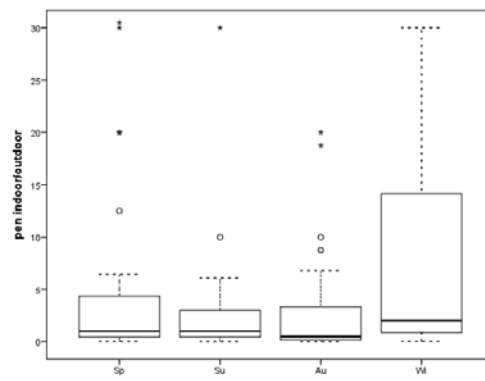


Jahreszeitliche Verteilung der kultivierbaren Pilzsporenkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup> Luft) von *Cladosporium* sp. in der Innenraum- (In) und der Außenluft (Out) auf DG18

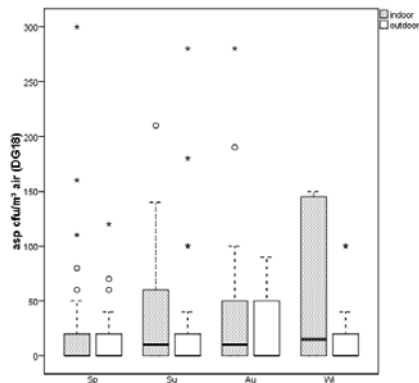
Verhältnis (I/O) der Gesamtpilzsporenkonzentrationen von *Cladosporium* sp. zwischen Innenraum- (In) und Außenluft (Out) zu den 4 Jahreszeiten



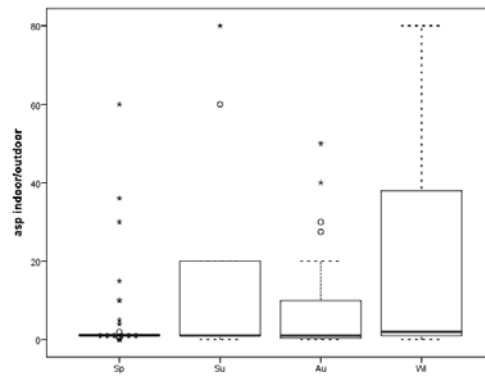
Jahreszeitliche Verteilung der kultivierbaren Pilzsporenkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup> Luft) von *Penicillium* sp. in der Innenraum- (In) und der Außenluft (Out) auf DG18



Verhältnis (I/O) der Gesamtpilzsporenkonzentrationen von *Penicillium* sp. zwischen Innenraum- (In) und Außenluft (Out) zu den 4 Jahreszeiten



Jahreszeitliche Verteilung der kultivierbaren Pilzsporenkonzentrationen (KBE/m<sup>3</sup> Luft) von *Aspergillus* sp. in der Innenraum- (In) und der Außenluft (Out) auf DG18



Verhältnis (I/O) der Gesamtpilzsporenkonzentrationen von *Aspergillus* sp. zwischen Innenraum- (In) und Außenluft (Out) zu den 4 Jahreszeiten

Tabelle A 7.1: typische Konzentrationen und Verhältnisse innen/außen von Schimmelpilzsporenkonzentrationen in Österreich nach Haas et al. (2014)

## Anhang 8 – Orientierungskonzentrationen für die Gesamtsporenzahl

Die Tabelle zeigt Orientierungskonzentrationen für die Gesamtsporenzahl (Sporen, Myzel/m<sup>3</sup>) in der Innenraumluft und Außenluft im Sommer und im Winter in Deutschland (UFOPLAN 2004).

Sporen/Myzel	Median				95. Perzentil			
	IL-W	AL-W	IL-S	AL-S	IL-W	AL-W	IL-S	AL-S
Basidiosporen	889	711	3.822	8.732	3.017	11.354	17.384	26.168
Ascosporen	0	11	178	289	85	151	586	2.333
<i>Cladosporium</i>	65	22	2.000	3.311	195	160	5.560	11.590
Typ <i>Alternaria</i> / <i>Ulocladium</i>	0	0	5	5	5	5	39	69
Typ <i>Aspergillus</i> / <i>Penicillium</i> , rau	22	0	42	44	139	64	224	255
Typ <i>Aspergillus</i> / <i>Penicillium</i> , glatt	67	22	111	44	560	157	422	322
Typ <i>Aspergillus</i> <i>restrictus</i> Gruppe	0	0	0	0	67	42	67	42
Summe Typ <i>Aspergillus</i> / <i>Penicillium</i>	111	22	178	111	743	235	589	658
sonstige Sporen	22	0	44	44	178	67	244	276
Hyphenstücke	0	0	67	89	67	42	451	539
<i>Stachybotrys</i> <i>chartarum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetomium</i>	0	0	0	0	1	0	5	5
Typ <i>Helminthosporium</i>	0	0	10	24	5	0	87	136
<i>Epicoccum</i>	0	0	5	5	0	0	45	58
<i>Torula</i>	0	0	0	0	0	0	5	10

IL = Innenraumluft, AL = Außenluft, W = Winter, S = Sommer

Tabelle A 8.1: Orientierungskonzentrationen für ausgewählte Sporentypen in der Innenraumluft und Außenluft nach UFOPLAN (2004)

## Anhang 9 – Glossar

### A

**Abschlussreinigung:** Reinigung der sanierten Räume nach der Beendigung des Wiederaufbaus und ggf. der Möblierung

**Absolute Luftfeuchte:** Masse Wasser in einem Kubikmeter Luft ( $\text{g}/\text{m}^3$ )

**Aktinobakterien:** der deutsche Begriff für die Klasse *Actinobacteria*, die im Jahr 1997 vorgeschlagen wurde, um die große morphologische Diversität der bis zu diesem Zeitpunkt auch als „Aktinomyzeten“ bezeichneten Bakteriengruppe zu berücksichtigen. Heterotrophe, überwiegend aerobe Bakterien, die in ihren morphologischen, physiologischen und zytochemischen Eigenschaften stark variieren

**Aktinomyzeten:** ein mikrobiologischer Parameter für die Praxis, der die auf den Nähragarplatten leicht zu erkennenden myzelbildenden Aktinobakterien umfasst

**Allergen:** ein körperfremder organischer oder anorganischer Stoff, der im Körper eine Immunantwort auslöst

**Altbauten:** Gebäude, die bis in die 60er- und 70er-Jahre des vorigen Jahrhunderts hinein gebaut wurden sowie Gebäude mit späterer Errichtung, die aber dennoch – aus heutiger Sicht – unzureichenden Wärmestandard aufweisen

**Atopie:** Neigung, mit allergischen Reaktionen vom Soforttyp (Typ-I-Allergie) auf den Kontakt mit ansonsten harmlosen Substanzen aus der Umwelt zu reagieren

**$a_w$ -Wert (activity of water):** Die Wasseraktivität ( $a_w$ ) gibt das Maß an verfügbarem Wasser an. Der  $a_w$ -Wert ist der Quotient aus Wasserdampfdruck im Nährmedium (Oberfläche) und dem des reinen Wassers bei gleicher Temperatur. Nimmt Werte zwischen 0 (absolute Trockenheit) und 1 (kondensierende Feuchte) ein. Die Wasseraktivität darf nicht mit dem Wassergehalt (Gramm Wasser/Gramm Substrat) verwechselt werden

### B

**Baufeuchte:** durch den Bauprozess, vor allem durch die zwangsläufig nasse Verarbeitung von Baustoffen wie Beton, Putz, Mörtel, Estriche und Farbe sowie durch mangelhafte Lagerung oder Transport der Baumaterialien in ein Bauwerk eingebrachte Feuchte

**Befall, mikrobieller:** Siehe Schimmelbefall

**Bioaerosole:** luftgetragene Partikel biologischer Herkunft

**Biozid:** ein Stoff oder Stoffgemisch, das dazu bestimmt ist, auf andere Art als durch bloße physikalische oder mechanische Einwirkung Schadorganismen zu zerstören, abzuschrecken, unschädlich zu machen, ihre Wirkung zu verhindern oder sie in anderer Weise zu bekämpfen

**Bakterien:** Einzellige, prokaryotische Mikroorganismen, die sich ungeschlechtlich durch Zellteilung vermehren und deren DNA nicht in einem Zellkern, sondern frei im Cytoplasma vorliegt

## D

**DG18-Agar:** Dichloran-Glycerol 18 %-Agar zur Anzucht xerophiler Schimmelpilze

**Desinfektion:** eine Maßnahme, bei der die Zahl der Infektionserreger – z.B. auf einer Fläche oder einem Gegenstand – so weit reduziert wird, dass eine Infektion davon nicht mehr ausgehen kann

## E

**Endotoxin:** Bestandteil der Zellwand von gramnegativen Bakterien

**Exposition:** das Ausgesetztsein gegenüber z.B. einem Krankheitserreger, krankmachenden Partikeln oder Substanzen

## F

**Fadenpilz:** Pilz, der in Form von fadenförmigen Zellsträngen, den so genannten Hyphen, wächst (ÖNORM ISO 16000-17); Anmerkung: Die Gesamtheit der Hyphen bezeichnet man als Myzel. Der Begriff „Fadenpilz“ grenzt die hyphenbildenden Pilze gegen die Hefen ab

**Feinreinigung:** spezielle, über das übliche Ausmaß hinausgehende Reinigung der Räume vor dem Wiederaufbau bzw. der sanierten Räume nach der Beendigung des Wiederaufbaus und ggf. der Möblierung

**Filtration (beim Nachweis von Mikroorganismen):** die Abscheidung von Mikroorganismen bzw. Schimmelpilzen aus einem definierten Luftvolumen mit Hilfe von Filtern (ÖNORM ISO 16000-16)

**Feuchteindikatoren:** Schimmelpilze, die zum Wachstum eine relativ hohe Feuchte benötigen und deshalb häufig bei Feuchteschäden in Innenräumen vorkommen

## G

**Gesamtbakterien (in der Luft):** alle bei Anzucht auf CASO-Agar wachsenden Bakterien in einer Luftprobe

**Gleichgewichtsfeuchte:** Ausgleichsfeuchte, die sich im Baustoff unter den jeweiligen Klimabedingungen der Umgebung einstellt

## H

**Hefen:** einzellige Pilze, die sich durch Sprossung vermehren (auch Sprosspilze genannt)

**Hyphen:** von Schimmelpilzen gebildete Zellfäden, deren Gesamtheit man als Myzel bezeichnet

## I

**Impaktion (beim Nachweis von Mikroorganismen):** Abscheidung von Schwebstaubpartikeln (Sporen, Zellen etc.) durch Massenträgheit auf einer festen Oberfläche (Nährmedium oder adhäsive Beschichtung)

**Isoplethen:** Verbindungslinien zwischen Orten mit gleichen Zahlenwerten bei grafischer Darstellung

## K

**Keim:** nicht wissenschaftlicher Sammelbegriff für Mikroorganismen und Viren; wird häufig als Synonym für Krankheitserreger verwendet

**Kolonie:** sichtbare Ansammlungen von Zellen, die bei der Vermehrung von Bakterien, Hefen und Schimmelpilzen auf festen Nährmedien entstehen

**Koloniebildende Einheit (KBE):** Einheit, in der die Anzahl der anzüchtbaren Mikroorganismen ausgedrückt wird (ÖNORM EN 13098); Anmerkung: Eine koloniebildende Einheit kann aus einem einzigen Mikroorganismus, einem Aggregat mehrerer Mikroorganismen oder einem bzw. mehreren Mikroorganismen entstehen, die an einem Partikel anhaften. Die Anzahl der Kolonien hängt von den Anzuchtbedingungen ab

**Kontamination:** in Zusammenhang mit Schimmel über die allgemeine Hintergrundbelastung hinausgehende Verunreinigung von Oberflächen oder Materialien durch Mikroorganismen oder biogene Partikel und Stoffe, die nicht durch Wachstum hervorgerufen wird, sondern durch direkten Kontakt mit befallenen Materialien oder über den Luftweg erfolgt

**Klimaanlage:** raumlufttechnische Anlage, die nicht nur eine Temperierung der Luft bspw. über eine Wärmerückgewinnung ermöglicht, sondern auch über zusätzliche Komponenten zur Kühlung und/oder zur Be- und Entfeuchtung der Luft verfügt

**Kultivierung:** Anzucht von zum Wachstum befähigten Mikroorganismen auf/in Nährmedien

**Kultivierbare Schimmelpilze:** Anteil an der Gesamtzahl von Schimmelpilzen (siehe Schimmelpilze), der unter den verwendeten Kultivierungsbedingungen angezüchtet werden kann; Anmerkung: Die Kultivierbarkeit hängt z.B. von der Art des verwendeten Nährmediums und der Inkubationstemperatur ab

## L

**Leitorganismus:** Organismus, dessen Nachweis wegen seines häufigen Auftretens bei bestimmten Umweltbedingungen als Nachweis eines Schadens ausreicht

**Luftwechselzahl:** der als Frischluft zugeführte Luftvolumenstrom (in m<sup>3</sup>/h) dividiert durch das Luftvolumen des Raums (in m<sup>3</sup>). Sie gibt an, welche Luftmenge, bezogen auf das Raumvolumen, pro Stunde ausgetauscht und durch Außenluft ersetzt wird (Einheit h<sup>-1</sup>); Anmerkung: Beispielsweise bedeutet eine Luftwechselrate von 2 h<sup>-1</sup>, dass im Rahmen der Belüftung pro Stunde das Doppelte des Luftvolumens des Raumes zu- und abströmt

## M

**Mikroorganismus:** Zelluläre oder nichtzelluläre mikrobiologische Einheit, die befähigt ist, sich zu vermehren oder genetisches Material zu übertragen, oder eine Einheit, die diese Eigenschaft verloren hat (ÖNORM EN 13098)

**MVOC:** von Mikroorganismen gebildete flüchtige organische Verbindungen (microbial volatile organic compounds), z.B. bestimmte Aldehyde, Alkohole, Ester und Ketone

**Morphologie:** Form, Gestalt und Struktur der Lebewesen und ihrer Bestandteile

**Mykotoxine:** Produkte der Sekundärstoffwechsels von Schimmelpilzen (siehe Schimmelpilze), die für Menschen und Tier toxisch sind

**Myzel:** Gesamtheit der Hyphen eines Pilzes (siehe Hyphen)

## N

**Nährmedium:** Formulierung von Substanzen in flüssiger, halbfester oder fester Form, die natürliche und/oder synthetische Bestandteile zur Unterstützung der Vermehrung (mit oder ohne Hemmung bestimmter Mikroorganismen), Identifizierung oder Konservierung der Lebensfähigkeit von Mikroorganismen enthält; Anmerkung zum Begriff: In Wortverbindungen wird der Begriff oft auf das Wort „Medium“ beschränkt (z.B. Anreicherungsmedium)

## P

**Pathogenität:** die Fähigkeit, eine Krankheit auszulösen

**Pathogen-assoziierte molekulare Muster (PAMP):** Strukturmotive oder Moleküle, die charakteristisch für ein breites Spektrum an Mikroorganismen sind und es dem angeborenen Immunsystem ermöglichen, das Eindringen von Bakterien, Viren, Pilzen oder Parasiten zu erkennen (PAMP = Pathogen Associated Molecular Pattern)



**Phylognese:** die stammesgeschichtliche Entwicklung der Gesamtheit aller Lebewesen sowie bestimmter Verwandtschaftsgruppen auf allen Ebenen der biologischen Systematik

**Prädisposition:** Die Empfänglichkeit einer Person für eine bestimmte Erkrankung

## Q

**Querlüftung:** Lüftung durch weit geöffnete, gegenüber liegende Fenster oder Fenster und Türen („Durchzug“)

## R

**Referenz:** Bezugssystem oder Bezugswert für einen gewissen Messwert

**Relative Luftfeuchte:** prozentualer Anteil des maximal möglichen Wasserdampfgehaltes in der Luft; Anmerkung: die Wasserdampfmenge, die die Luft aufnehmen kann, ist stark abhängig von der Temperatur. Warme Luft kann deutlich mehr Wasserdampf aufnehmen als kalte

**Restbaufeuchte:** Baufeuchte, die nach einer Ablüftphase im Bauprozess erhalten bleibt und je nach Gegebenheit in unterschiedlichem Ausmaß an die Luft abgegeben wird

**Resistenz:** Unempfindlichkeit eines Organismus gegenüber schädlichen äußeren Einwirkungen

## S

**Schimmel:** Mikroorganismen (Schimmelpilze, Hefen, Bakterien), die sich auf oder in einem Material vermehren oder vermehrt haben

**Schimmelbefall:** ein Schaden mit gegenwärtigem oder in der Vergangenheit liegendem direkten Wachstum von Mikroorganismen (Schimmelpilze, Hefen, Bakterien) an Bauteilen, auf Oberflächen oder in Materialien

**Schimmelpilze:** fädige Pilze aus unterschiedlichen taxonomischen Gruppen (Ascomyceten, Zygomyceten) und ihre anamorphen Stadien (früher Deuteromyceten oder Fungi imperfecti genannt) die ein Myzel (siehe Myzel) und Sporen (siehe Sporen) bilden

**Sporen:** zur Vermehrung und Verbreitung gebildete asexuelle Verbreitungsstrukturen (Sporangiosporen und Konidien) sowie sexuelle Verbreitungsorgane (Zygosporen, Ascosporen) von Schimmelpilzen. In der Praxis werden alle diese Verbreitungsstadien unter dem Überbegriff „Sporen“ zusammengefasst

**Schimmelpilz-Mykosen:** Infektionen durch Schimmelpilze

**Stoßlüften:** kurzzeitiges, intensives Lüften durch ein oder mehrere weit geöffnete Fenster

## T

**Taxonomie:** Zweig der Systematik, der sich mit der Einordnung der Lebewesen in systematische Kategorien befasst

**Thermografie:** ein bildgebendes Verfahren, mit dem Oberflächentemperaturen von Objekten dargestellt werden können. Die Differenzen in der Temperatur von Bauteiloberflächen werden als Farbmuster dargestellt. Dabei wird die Intensität der Infrarotstrahlung, die von einem Punkt ausgeht, als Maß für dessen Temperatur gedeutet

## W

**Wasseraktivität:** Siehe  $a_w$ -Wert

**Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert):** (auch Wärmedurchgangskoeffizient U, Wärmedämmwert, U-Wert, früher k-Wert) ist ein Maß für den Wärmestromdurchgang durch eine ein- oder mehrlagige Materialschicht, wenn auf beiden Seiten der Schicht verschiedene Temperaturen vorliegen. Er gibt die Energiemenge an, die in einer Sekunde durch eine Fläche von  $1 \text{ m}^2$  fließt, wenn sich die beidseitig anliegenden Lufttemperaturen stationär um  $1 \text{ K}$  unterscheiden. Der U-Wert ist eine spezifische Kennzahl der Materialzusammensetzung eines Bauteils











